



AALBORG UNIVERSITY
DENMARK

Aalborg Universitet

Branchevejledning for indeklimaberegninger

Vorre, Mette Havgaard ; Wagner, Mads Hulmose; Maagaard, Steffen; Noyé, Peter; Lyng, Nadja Lyng; Mortensen, Lone Hedegaard

Creative Commons License
Ikke-specificeret

Publication date:
2017

Document Version
Også kaldet Forlagets PDF

[Link to publication from Aalborg University](#)

Citation for published version (APA):

Vorre, M. H., Wagner, M. H., Maagaard, S., Noyé, P., Lyng, N. L., & Mortensen, L. H. (2017). *Branchevejledning for indeklimaberegninger*. (1. udg.) SBI forlag.

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal -

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at vbn@aub.aau.dk providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

Branchevejledning for indeklimaberegninger

STØTTET AF:

InnoBYG

Realdania

Uddannelses- & Forskningsministeriet

Titel Branchevejledning for indeklimaberegninger
Udgave 1. udgave, 2 oplag
Udgivelsesår 2017
Forfattere Mette Havgaard Vorre, Mads Hulmose Wagner, Steffen E. Maagaard, Peter Noyé, Nadja Lyng
 Lyng, Lone Mortensen
Redaktion InnoBYG
Sprog Dansk
Sidetal 52
Emneord Indeklima, temperatur, luftkvalitet, dokumentation
ISBN 978-87-563-1850-1

Udgiver Statens Byggeforskningsinstitut, Aalborg Universitet,
 A.C. Meyers Vænge 15, 2450 København SV
 E-post sbi@sbi.aau.dk
 www.sbi.dk



STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT
AALBORG UNIVERSITET KØBENHAVN

Der gøres opmærksom på, at denne publikation er omfattet af ophavsretsloven

Forord

Denne Branchevejledning for indeklimaberegninger er udarbejdet i InnoBYG regi. InnoBYG er byggebranchens innovationsnetværk for bæredygtigt byggeri støttet af Uddannelses- og forskningsministeriet.

Initiativet til Branchevejledningen kommer fra byggebranchen selv i forbindelse med en indledende workshop. Der har længe været fokus på energiberegninger, og branchen pegede på et behov for en sidestilling mellem fokus på energi og indeklima. Derfor er udvikling af en Branchevejledning for indeklimaberegninger et naturligt skridt som pendant til *Branchevejledningen for energiberegninger, 2014*.

Branchevejledningen for indeklimaberegninger er udarbejdet af en projektgruppe, som består af:

Mette Havgaard Vorre, NIRAS

Mads Hulmose Wagner, MOE A/S

Steffen E. Maagaard, MOE A/S

Peter Noyé, NIRAS

Nadja Lynge Lyng, Teknologisk Institut

Lone Mortensen, Statens Byggeforskningsinstitut, Aalborg Universitet København

I forbindelse med tilblivelsen er der blevet afholdt to workshops og to kommenteringsrunder, således at alle interesserede i branchen har haft mulighed for at bidrage til udarbejdelsen af Branchevejledningen. I denne proces har der været bidrag fra:

C.F. Møller Architects, COWI, DTU, EKJ Rådgivende Ingeniører A/S, Foreningen af Rådgivende Ingeniører, Green Building Council Denmark, HansenConcepts, Jeudan ServicePartner A/S, Microshade, Midtconsult, NCC, NIRAS, OBH-gruppen, Orbicon, Rambøll, Realdania, Saint-Gobain, Statens Byggeforskningsinstitut, Sweco, Søren Jensen Rådgivende Ingeniørfirma, Tekniq, Teknologisk Institut, Trafik-, Bygge- og Boligstyrelsen, Ingeniørhøjskolen Aarhus Universitet, Viegand Maagøe, WindowMaster, Aalborg Universitet, 3xB Rådgivende Ingeniører.

Projektgruppen takker de mange, der har bidraget til udarbejdelsen af Branchevejledningen i form af tid og/eller faglige bidrag, samt økonomisk støtte.

Udvikling af Branchevejledningen er støttet af InnoBYG og Realdania.



Uddannelses- og
Forskningsministeriet





Indhold

Forord	3
Nomenklatur	6
Indledning	7
Formål og målgruppe	7
Baggrund	7
Læsevejledning	9
Indeklima generelt	10
Indeklimaets elementer	10
Lovgivning om indeklima	12
Projektering af indeklima	13
Boliger	18
Metode, bolig	18
Kravsspecifikationer, bolig	19
Design og projektering, bolig	20
Erhverv og andet	30
Metode	31
Kravsspecifikationer	33
Design og projektering, erhverv og andet	38
Indeklimadokumentation (Best practice)	50
Litteraturhenvisninger	52
Appendiks A	53
Appendiks B	54
Appendiks C	55

Nomenklatur

Symbol	Beskrivelse	Enhed
$q_{n,s}$	Naturlig ventilation, sommer	l/s pr. m ²
$q_{n,s,tv\ddot{a}r}$	Naturlig ventilation, sommer ved tv\ddot{a}rventilation	l/s pr. m ²
$q_{n,s,ensidet}$	Naturlig ventilation, sommer ved ensidet ventilation	l/s pr. m ²
$q_{m,s}$	Mekanisk ventilation, sommer	l/s pr. m ²
q_m	Mekanisk ventilation, vinter	l/s pr. m ²
A_{eff}	Effektivt \ddot{a}bningsareal	m ²
$A_{eff,rum}$	Effektivt \ddot{a}bningsareal for det kritisk rum	m ²
$A_{eff,bolig}$	Effektivt \ddot{a}bningsareal for hele boligen	m ²
$A_{eff,indv.d\ddot{o}r}$	Effektivt \ddot{a}bningsareal mellem kritisk rum og tilst\ddot{o}dende rum	m ²
η	Varmegenvindingsgrad, mekanisk ventilation	%
T_{op}	Operativ temperatur	°C
F_c	Afsk\ddot{a}rmningsfaktor, solafsk\ddot{a}rmning	-
Met	Aktivitetsniveau mennesker (1 met = 58 W/m ²)	-
OF	\ddot{A}bningsgrad (opening factor)	-
LT	Lystransmittans	-
g	Solvarmetransmittans	-

Indledning

Bygningers primære formål er at skærme for udeklimaet og skabe rum med behageligt indeklima og gode vilkår for kreativitet og produktivitet.

Der opleves stigende efterspørgsel af komfort og godt indeklima i bygninger. Forskning viser, at et godt indeklima kan mindske antallet af sygedage og desuden øge produktiviteten og forbedre indlæringen for de mennesker, som opholder sig i bygningen. Derfor kan der være store gevinster, også samfundsøkonomisk, ved at forbedre indeklimaet i danske bygninger.

I den forbindelse er der behov for at udbrede viden om indeklimaforhold, så bygningsejere ved, hvilke krav de kan og bør stille til indeklimaet i bygninger. De fleste bygningsejere har allerede fokus på, at et godt indeklima kan øge produktiviteten eller modsat at dårligt indeklima kan føre til sygedage og til store ekstra omkostninger til opretning, hvis der fx konstateres skimmelsvamp i bygninger. I kontorbygninger er der ofte fokus på indeklima, men alligevel kan der opleves problemer med eksempelvis det termiske indeklima, hvor det enten er for koldt eller for varmt, og/eller der er problemer med træk.

Formål og målgruppe

Helt overordnet er formålet med Branchevejledningen at forbedre indeklimaet i dansk byggeri. Derudover er der fokus på at sikre ensartethed i branchen i forhold til, hvordan der regnes på indeklima.

Branchevejledningen for indeklimageregninger skal dermed sikre et fælles grundlag for branchen. Vejledningen angiver retningslinjer for;

- hvordan man beregner indeklima
- hvilke standardværdier der benyttes
- hvordan indeklimaet dokumenteres
- hvilke forhold der skal videreformidles til driften.

Branchevejledningen henvender sig både til bygherrer, som har behov for at specificere indeklimakrav, men også til de rådgivere, som skal udføre beregningerne. En branchevejledning kan benyttes, som metodebeskrivelse for både meget erfarne og mindre erfarne rådgivere, som alle får glæde af at have en branchevejledning at referere til i forhold til input til beregninger og efterfølgende dokumentation af resultater.

Baggrund

Der har tidligere været stort fokus på energiforbrug i bygninger, men der opleves nu også stigende fokus på indeklimakvalitet. Indeklima og energiforbrug hænger i dag ufravigeligt sammen, da store dele af energiforbruget i bygninger

bruges til at skabe et optimalt indeklima. Det betyder, at indeklimaets kvalitet afspejles i størrelsen af det nødvendige energiforbrug til klimatisering. Derfor er det vigtigt at få afklaret det reelle behov, så der kan opnås en optimal balance mellem indeklimaets kvalitet og energiforbruget. Der bør dog også være fokus på at sikre brugernes muligheder for regulering af indeklimaet, da det ellers kan have en negativ effekt på oplevelsen af indeklimaet.

Indeklima er meget komplekst, da det afhænger af en kombination af vejrforholdene, bygningens klimaskærm og materialer, de tekniske løsninger samt brugerne af bygningen. Det betyder, at det kræver stor faglig viden om det komplekse samspil, for at opstille de rigtige forudsætninger for en beregning. I værste fald antages forkerte forudsætninger, som kan give fejlagtige eller misvisende resultater.

Indeklima- og energiberegninger udgør derfor en vigtig del af det samlede dokumentationsgrundlag for nye og renoverede bygninger. Dokumentationen kan imidlertid variere meget fra projekt til projekt, afhængigt af de anvendte beregningsmetoder, forudsætninger og detaljeringsgrader. For at sikre klare retningslinjer for metode og forudsætninger, samt mere retvisende energiberegninger, blev der i 2014 udgivet en branchevejledning for energiberegninger. Nærværende vejledning er en pendant for indeklimaberegninger.

Beregningsprogrammer

Indeklima i bygninger projekteres på baggrund af repræsentative indeklimaberegninger. Beregningerne kan udføres, som simple håndberegninger, forenklede beregninger, som BE15 sommerkomfort, eller som dynamiske beregninger med BSIM, IES Virtual Environment, IDA ICE eller tilsvarende programmer. Dynamiske simuleringsprogrammer bruges normalt, som dokumentation for at bygherrekrav til indeklima overholdes. Herudover kan der i nogle tilfælde benyttes CFD-programmer, hvis der fx er særlige behov for evaluering af luftstrømning i bygningen.

Indeklimaberegninger er en bred beskrivelse for dokumentation af termisk, atmosfærisk, visuelt og akustisk indeklima. I praksis dækker indeklimaberegninger ofte over dokumentation af det termiske indeklima, i form af temperaturforhold og vurdering af træk, og det atmosfæriske indeklima, i form af CO₂-koncentration og ventilationsmængder. Dagslysberegninger kan udføres i nogle af de samme programmer eller i selvstændige programmer til dagslysevaluering, mens akustisk indeklima normalt dokumenteres ved brug af selvstændige akustiske beregningsprogrammer. Hver især har programmerne til beregning af indeklima deres styrker og svagheder.

Fra programudviklernes side er der fokus på at øge udbredelse og brug af programmerne ved implementering af forsimplede brugerflader. Det øger krav til fagligheden af brugerne for at sikre korrekt tolkning af resultaterne. Ved forsimpning af et meget komplekst emne øges risikoen for at noget går galt i beregningerne, og derfor er der særligt stort behov for fælles retningslinjer.

Vejledningen tager ikke stilling til hvilken software, der skal benyttes ved dynamiske indeklimaberegninger, men henviser til typisk anvendte programmer.

Specifikation og beregning

Bygherrer får med Branchevejledningen en metode, de kan henvise til i udbudsmaterialet, så der opnås et mere ensartet grundlag for beregninger og dokumentation. Dermed får bygherrer sammenlignelig dokumentation fra forskellige rådgivere. Branchevejledningen er desuden et udgangspunkt for behovsafklaringen mellem bygherre og rådgiver, som er afgørende i forhold til valg af kravspecifikationer for indeklimaet. Branchevejledningen kan også sikre mere retvisende beregninger, men det kræver indeklimatekniske kompetencer at tolke resultaterne i forhold til bygherrens kravspecifikationer.

Vejledningen kan ligeledes bruges til at sikre opmærksomhed på de kritiske parametre for indeklimaet i projektet, og desuden sikre at driften efterfølgende kan tilpasse styring i forhold til beregningsforudsætninger.

Branchevejledningen beskriver en metode til gennemførelse af indeklimatekniske beregninger og kvalificering af standardværdier til beregning, og til dokumentation af beregningerne. Der vil dog altid være behov for kritisk tolkning af resultaterne før disse benyttes til dimensionering af tekniske anlæg. I den sammenhæng er det vigtigt, at der tilknyttes en erfaren rådgiver, som kender til både tekniske anlæg, og deres muligheder for styring, samt kombinerede effekter af ændringer i forhold til indeklima.

Læsevejledning

Branchevejledningen er opbygget med en kort introduktion til indeklimatekniske beregninger, som følges af en indføring i definitioner og begreber i forhold til projekteringspraksis for indeklima.

Branchevejledningen sigter mod, at anviser metoder til beregning og kravspecifikation af indeklima afhængigt af bygningstypen. Der skelnes derfor mellem boliger og erhverv, se fx Tabel 2 for en vejledende opdeling.

Bagerst i vejledningen findes tre appendikser om naturlig ventilation i boliger, følsomhedsanalyse og trækrisiko, som supplement til beskrivelser i vejledningen.

Sammen med branchevejledningen er der udgivet 4 bilagsrapporter, som er tilgængelige via www.sbi.dk/bvi og InnoBYGs hjemmeside.

Den ene bilagsrapport omhandler de analyser, som ligger til grund for valg og forudsætninger i forbindelse med udarbejdelsen af Branchevejledningen.

Herudover er der yderligere tre bilagsrapporter i form af to eksempler på best practice for indeklimatekniske rapporter for henholdsvis bolig og erhverv, samt en erfaringsopsamling omkring indeklimatekniske problemer observeret i såvel nybyggeri, som renoverede bygninger.

Indeklima generelt

Etablering af et godt indeklima kræver forståelse for og afvejning af indeklimaets parametre i forhold til bygningen og dens aktuelle forhold. Afvejningen af indeklimaets parametre baseres på en forståelse af brugernes behov, og deres forventninger, og i samspil med retvisende analyser for de optimale virkemidler til at opnå det ønskede indeklima.

I det følgende beskrives indeklimaets parametre overordnet, lovgivningen på området, samt proces og metode for at opnå retvisende beregninger og velafbalanceret projektering af indeklimaet i konkrete byggerier.

Historisk har indeklima haft en direkte sammenhæng med sundhedsmæssige risici for brugerne. I dag, er der foruden sundhed, også fokus på kvaliteten af bygningers indeklima. Optimering af indeklimaet i dag handler altså i højere grad om en forbedring af komfort og produktivitet. Dermed ikke sagt, at der ikke fortsat kan forefindes elementer, der har større eller mindre sundhedsmæssig risiko, som eksempelvis PCB, VOC'er og radon, men disse behandles ikke i denne vejledning.

Det oplevede indeklima beskrives ved den samlede påvirkning fra forskellige parametre, der har betydning for det enkelte individs komfort. Følsomheden over for de forskellige indeklimaparametre er individuel, og vil desuden være påvirket af den situation, personen befinder sig i. Det optimale indeklima skaber komfort for flest mulige personer, men vil aldrig kunne gøre alle fuldt ud tilfredse. Den enkelte vil i mange tilfælde kunne øge sin termiske komfort ved at justere på sin beklædning eller aktivitetsniveau, fx ved at skifte fra siddende til stående stilling.

Indeklimaets elementer

Indeklimaet i en bygning dækker som regel følgende fire elementer:

- Termisk indeklima
- Atmosfærisk indeklima
- Visuelt indeklima
- Akustisk indeklima

Denne branchevejledning beskæftiger sig hovedsageligt med termisk og atmosfærisk indeklima. Visuelt indeklima medtages delvist og kun i grænsefladen omkring styring af termisk indeklima. Akustisk indeklima er ikke omfattet af vejledningen i denne 1. udgave.

Termisk indeklima, temperatur og lufthastighed

Termisk indeklima dækker de forhold, der har indflydelse på, om en person føler sig kold eller varm. Det kan både være for kroppen som helhed eller for dele

af kroppen. Termisk indeklima har stor indflydelse på personers komfort og har også indflydelse på produktiviteten.

Parametrene lufttemperatur, strålingstemperatur og lufthastigheder/træk har som regel størst betydning. Den samlede påvirkning fra lufttemperatur og strålingstemperaturer udtrykkes ved operativ temperatur, og det er denne, der refereres til i relation til termisk indeklima i normer og standarder.

Branchevejledningen opstiller forslag til kravspecifikationer for den operative temperatur, samt trækrisiko.

Atmosfærisk indeklima, luftkvalitet

Det atmosfæriske indeklima handler om luftens kvalitet i indeklimaet. Luftens kvalitet afhænger bl.a. af indholdet af ilt, fugt, lugtstoffer og af forureninger fra både mennesker, inventar og byggematerialer. Luftkvalitet er vigtigt for at opnå et behageligt og produktivt indeklima.

Luftskifte og dermed fortynding og bortventilering af de atmosfæriske belastninger, er vigtigt for at sikre det atmosfæriske indeklima. I bygninger, hvor forureningen primært skyldes personer, er CO₂-koncentrationen en god indikator (proxy) for de bioeffluenter, der forurener luften fra personer. Uden tilstrækkelig luftskifte og bortventilering af forureninger oplever brugerne gener, indledningsvist opleves det som døsigthed og udfordringer med at holde koncentration. I mere alvorlige tilfælde opleves gener i form af irriterede slimhinder og i værste fald mere sundhedsmæssige problemstillinger.

Denne branchevejledning omhandler atmosfærisk indeklima i forhold til bioeffluenter, og dermed forurening fra personer samt til dels fortynding og bortventilering af forureningskomponenter fra byggematerialer og inventar. Det anbefales desuden, at nye eller renoverede bygninger gennemventileres inden ibrugtagning for at fjerne en del af forureningen fra byggematerialer og inventar.

Visuelt indeklima, dagslys og udsyn

Det visuelle indeklima omhandler bl.a. belysningsniveauet, lyskvaliteten, dagslysmængden, udsyn, blænding og elektrisk belysning.

Dagslysadgang og udsyn har indflydelse på individets døgnrytme og psykiske tilstand. Undersøgelser viser, at netop muligheden for at opnå gode dagslysforhold og adgang til frit udsyn er blandt de mest værdsatte elementer i et godt indeklima.

Denne første udgave af Branchevejledningen for indeklimaberegninger afdækker ikke dagslys og udsyn fuldt ud. Der er dog en direkte sammenhæng mellem regulering af det termiske indeklima og solindfald, og derfor behandler vejledningen relationen til eventuel afskærmning af facadens vinduer. Sædvanligvis betyder det store fokus på dagslys og udsyn i nye byggerier, at vinduesarealer og dermed termisk belastning fra solstråling bliver større, end hvad der er termisk optimalt. I praksis opstår der således ofte behov for fast eller mobil solafskærmning.

Erfaringer har vist, at der ikke altid har været det nødvendige fokus på kvaliteten og anvendelsen af denne solafskærmning. Således er der set flere eksempler på bygninger, hvor det i praksis er antaget, at mobil udvendig solafskærmning er for i hele brugstiden, eller at der er valgt solafskærmningssystemer uden hensyntagen til muligheden for dagslysadgang eller udsyn.

Derfor forholder denne 1. udgave af Branchevejledningen sig til dagslys og udsyn i forhold til anvendelsen af solafskærmning, således at der stadig sikres rimelige dagslys- og udsynsforhold i bygningen. Vejledningen beskriver ikke metoder for præcis beregning af solafskærmning i form af skygger og lignende, men lægger vægt på, at solafskærmning har stor betydning for overholdelse af det termiske indeklima.

Det kan i den forbindelse anbefales, at styringen af solafskærmningen sker automatisk og opdelt i mindre felter, så afskærmningen kun aktiveres for de vinduer, hvorpå der er solindfald.

Der skal altid være mulighed for manuel overstyring og mulighed for at afskærme for blænding.

Akustisk indeklima, lyd

Det akustiske indeklima omfatter, hvordan lyd bevæger sig i bygningen og i de enkelte rum både i forhold til lydspredning og lydabsorption i rum og materialer. Det akustiske indeklima kan påvirke koncentration, søvn og stressniveau.

Denne udgave af Branchevejledningen behandler ikke det akustiske indeklima.

De akustiske krav for boliger er reguleret i Dansk standard DS 490, Lydklassifikation af boliger, som også indeholder definition af begreber med hensyn til luftlydisolation, trinlydniveau og lydtrykniveau. Akustiske krav for andre bygningstyper kan findes i SBI-anvisning 258, Anvisning om Bygningsreglement 2015 – BR15.

Lovgivning om indeklima

Byggeloven og det gældende Bygningsreglement skal sikre en minimumskvalitet i byggeriet, der giver sikre og sunde bygninger. Bygningsreglementet stiller krav til indeklimaet i forbindelse med nybyggeri og til dels renovering og/eller vedligehold af eksisterende byggeri. Bygningsreglementet omfatter en række detailkrav til parametre og løsninger, som kan opfattes som konkrete udmøntninger af funktionskravene til indeklimaet.

Funktionskravene skal som udgangspunkt altid overholdes, og der kan i sjældne tilfælde opstå konkrete situationer, hvor de opstillede detailkrav kan være u hensigtsmæssige eller umulige at overholde. I den forbindelse må der søges afklaring med den lokale byggemyndighed.

Byggelovgivningen henviser nogle steder til konkrete normer og standarder for projektering, og i disse tilfælde skal de følges, men der kan ofte vælges mellem forskellige indeklimaniveauer. Dermed er det nødvendigt, at bygherren selv tager stilling til, hvilket niveau der ønskes for indeklimaet.

Til det formål findes der en række vejledninger, som beskriver god praksis for, hvordan man i byggeriet løser opgaver inden for et givent område. Herunder kan nævnes BYG-ERFA, SBI-anvisninger og InnoBYG branchevejledninger, som først og fremmest henvender sig til byggeriets professionelle parter, men de bliver også brugt i undervisningssammenhæng og af private.

Endelig findes der arbejdsmiljølovgivningen samt en række bekendtgørelser og vejledninger fra Arbejdstilsynet. Disse er baseret på arbejdstilsynets forventninger til og erfaringer med indeklima. I praksis kan det opleves, at specifikke parametre eller værdier i arbejdstilsynets dokumenter ikke er i overensstemmelse med Bygningsreglementets krav, eller hvad der måtte findes i normer og standarder. I den forbindelse er det centralt at understrege, at hvis et indeklima er omfattet af Bygningsreglementet – eksempelvis en bolig, et kontor eller et klasselokale – går Bygningsreglementets krav forud for eventuelle krav og vejledninger fra Arbejdstilsynet.

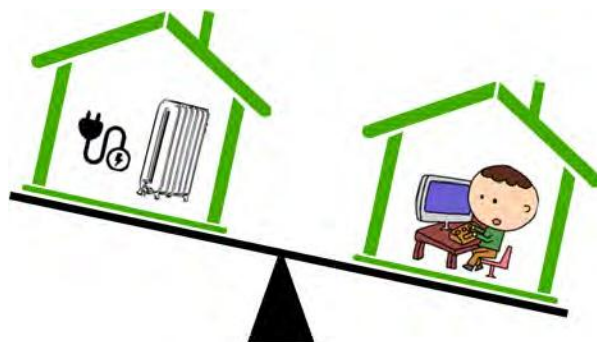
Arbejdstilsynets krav og vejledninger omfatter til gengæld eksisterende bygninger, hvor Bygningsreglementets krav kun kommer i spil ved visse ændringer.

Projektering af indeklima

Bygningers primære formål er at skærme for udeklimaet og skabe rum med behageligt indeklima og gode vilkår for kreativitet og produktivitet.

Indeklima og energiforbrug hænger ufravigeligt sammen, og store dele af energiforbruget i bygninger benyttes til at skabe et optimalt indeklima. Det betyder også, at kravene til indeklimaets kvalitet i nogle situationer vil afspejles i størrelsen af anlæg og i energiforbruget til klimatisering.

Ved en samlet optimering af indeklima og energiforbrug går kravene til indeklimaet dog forud for minimeringen af energiforbruget.



Figur 1. Formålet med bygninger er at skabe behagelige forhold for dem der opholder sig i dem, derfor vægtes krav til indeklima og komfort som udgangspunkt højere end energiforbruget

Projektering af indeklima i sammenspil med energioptimering har udviklet sig til en selvstændig disciplin og fylder i dag mere i den samlede projektering af et byggeri end tidligere.

Bygningsreglement sikrer en minimumskvalitet af byggeriet i Danmark, så bygningerne er sikre og sunde at opholde sig i. Det er af yderste vigtighed at de bygningsfysiske forhold sikres, så fugt, skimmel og forurening håndteres. Først når dette er på plads, giver det mening at stille krav til et komfortabelt indeklima. Denne Branchevejledning bygger på en forudsætning om, at de bygninger, der stilles indeklimakrav til og regnes på, er sikre og ikke-sygdomsfremkaldende at opholde sig i.

Prioriteringsrækkefølgen i denne Branchevejledning for indeklimatekninger er derfor både ved nybyggeri og renovering af bygninger: sikkerhed, indeklima, energi.

Det skal først og fremmest sikres, at bygninger er sikkerheds- og sundhedsmæssige forsvarlige, dernæst skal der opretholdes tilfredsstillende komfort, og subsidiært skal energiforbruget minimeres.

I forbindelse med den gode projektering af indeklima foretages tidligt en kortlægning af bygherres værdier, den forventede brug og de ønskede kvaliteter i indeklimaet. Erfaringsmæssigt opnås den mest ideelle bearbejdning af indeklimaet ved en tidlig inddragelse af alle interessenter, bygherre, brugere, drift samt rådgivere og udførende parter.

I dette samarbejde belyses og analyseres bygningens design, arkitektur samt klimaskærms- og installationstekniske løsninger. Arbejdet sker med det formål, at skabe bygninger og rum, der i videst muligt omfang understøtter optimalt indeklima og minimerer behovet for unødigt klimastyring. Denne optimering af byggeriets passive egenskaber omfatter optimal orientering af funktioner, fornuftig etablering af dagslys og udsyn, samt termisk masse mv., som alle er elementer, der alle minimerer behovet for unødigt klimatisering. Derefter håndteres det tilbageværende klimastyringsbehov ved etablering af optimale installationer, der styrer og regulerer efter behov.

I forbindelse med valg af løsninger bør der være fokus på robusthed. Løsninger, der kan håndtere de virkelige og varierende driftsforhold, men som også er energieffektive og giver anledning til et lettest muligt vedligehold.

Analyse af indeklima - Best practice

Bygningsreglementet stiller krav til dokumentation af termisk indeklima i forhold til antallet af timer med overophedning, men en projektering af indeklima indebærer også andre analyser af termisk indeklima, samt atmosfærisk indeklima.

Indeklimaanalyserne udgør en del af grundlaget for udformning og dimensionering af bygningen, dens installationer og systemer i forhold til at opretholde et behageligt indeklima.

Indeklimaberegningerne giver vigtige input om fx:

- Udformning og orientering af bygningens facader
- 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
- Styling og regulering af tekniske anlæg

I forbindelse med projektering foretages, som minimum, analyse og dokumentation af indeklimaet i kritiske rum i henhold til Bygningsreglementet. For boliger udføres analyserne af indeklimaet, som standard i Be15, mens analyserne for erhverv og andet udføres, som dynamiske simuleringer.

Afhængig af bygningen kan der være et eller flere kritiske rum. I bygninger med store variationer kan det desuden være vanskeligt at udpege det mest kritiske

rum. Her må det bero på et rimelighedsprincip, hvor mange rum, der skal regnes på som standardydelse, fx i forhold til etageareal. Standardydelsen er den der er defineret i FRI/DANSKE ARK's ydelsesbeskrivelse.

Principielt er det også muligt at udføre fulddækkende simuleringer af termisk og atmosfærisk indeklima – dvs. modellering, hvor alle rum opbygges og simuleres på basis af de 3D modeller, der alligevel opbygges. Som udgangspunkt er det dog sjældent mere værdiskabende end en retvisende modellering af kritiske og typiske rum og vurdering på baggrund af disse. Det skyldes, at kompleksiteten og omfanget af inddata, der er nødvendigt, for at foretage en fulddækkende simulering er stort. I praksis forligger et tilstrækkeligt vidensniveau om bygningen og dennes brug sjældent på det tidspunkt, hvor simuleringen er værdiskabende i projekteringsprocessen. Derudover medfører fulddækkende indeklimasimuleringer et væsentligt risikomoment for fejl og mangler i anvendte data.

Indeklimaberegninger benyttes til dimensionering og valg af klimastyringsløsning. Derfor benyttes dimensionerende forhold ved beregningerne, og der regnes for de kritiske rum. For at optimere projektet kan det give mening at supplere analyserne af kritiske rum med tilsvarende for typiske og repræsentative rum. Dermed kan den samlede klimastyringsløsning i højere grad differentieres på tværs af byggeriet, og det samlede behov for klimastyring minimeres. De typiske og repræsentative rum udpeges i forhold til at kunne dække så stor en del af bygningen som muligt. Simulering af typiske rum vil sædvanligvis være en særydelse eller tillæggydelse, da der er tale om projektoptimering.

Tabel 1 Fokuspunkter for definition af kritiske rum. Listen er ikke udtømmende, men skal ses som et oplæg.

Erhverv	Bolig
Skyggeforhold	Skyggeforhold
Glas/gulvforhold	Glas/gulvforhold
Orientering	Orientering
Projektets størrelse	Projektets størrelse
Interne belastninger	Lejlighedstyper
Belastningsprofiler	Åbningsareal for udluftning
Variation i rumtyper	Mulighed for tværvæntilation
Ventilationsprincip	

Analysen af indeklima udføres med gældende vejrdata for Danmark, for det kalenderår, der er angivet i Bygningsreglementet og med retvisende modelopbygning i det valgte beregningsværktøj. Arbejdet rapporteres og dokumenteres med øje for såvel bygherre og øvrige projektdeltagere, så resultaterne bedst muligt bæres hele vejen igennem til det færdige byggeri. På Branchevejledningens hjemmeside (www.sbi.dk/bvi) ligger forslag til indeklimarapporter i form af best practice for både boliger og erhverv.

Eksempel 1. Kontorbygning.

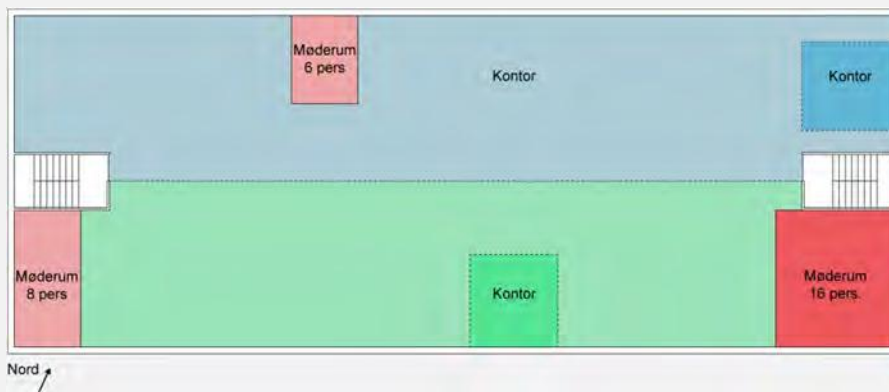
I en kontorbygning med åbent kontorlandskab og mødelokaler, skal der dimensioneres ventilation. Bygningen har facader mod nord og syd, samt gavle mod øst og vest.

For at sikre et godt indeklima i såvel kontorer og mødelokaler, simuleres der for et kritisk mødelokale og et kritisk udsnit af kontoret.

Det **kritiske** møderum ligger i et hjørne med facade mod øst og syd, og har plads til 16 personer. Rummet er kritisk fordi personbelastningen per m² her er størst, og samtidig er der stort solindfald fra morgenstunden. Ved at beregne og dimensionere indeklimaet i dette mødelokale, fås en løsning, der vil kunne skabe et godt indeklima, også hvis den benyttes i de resterende mødelokaler i bygningen.

Det **kritiske** kontorudsnit er mod syd på grund af solindfaldet. Ved at beregne og dimensionere indeklimaet for dette udsnit, fås en løsning, der vil kunne skabe et godt indeklima, også hvis den benyttes i de resterende kontorområder i bygningen.

Ved også at simulere for andre orienteringer, fx et kontorudsnit mod øst, vil det være muligt at optimere indeklimaløsningen og måske nedsætte ventilationsmængden i dele af kontoret. Dette er som udgangspunkt en optimering og altså ikke en del af standardydelsen.



På plantegningen er områderne der simuleres markeret med kraftig farve, mens områderne de repræsenterer er markeret med en lysere farve.

Definition af bolig og erhverv

I bygningsreglementet stilles forskellige krav til indeklimaet og niveauet for dokumentation for henholdsvis boliger og erhverv.

I de fleste tilfælde er man ikke i tvivl om en bygning anvendes til bolig eller erhverv. Men der er en række tilfælde, hvor der kan opstå tvivl og begge anvendelsestyper kan optræde i én og samme bygning.

I Tabel 2 vises eksempler på anvendelsestyper, der er karakteriseret som enten bolig eller erhverv. Ved opdelingen er der taget udgangspunkt i, at en bolig er kendetegnet ved, at man bl.a. kan færdes frit, justere sin påklædning, åbne og lukke vinduerne. Omvendt gælder det for erhverv, at man er helt eller delvist låst til en bestemt indretning, at der stilles krav til produktivitet og hvilke opgaver der skal løses, samtidig med at der kan være en (uskreven) 'dress code'.

Disse kriterier for opdeling i erhverv og bolig betyder eksempelvis, at fængsler og institutioner med tvangsanbringelse hører under erhverv, hvor der er skrapere krav til indeklimaet.

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

Note: I henhold til Trafik-, Bygge- og Boligstyrelsen skal sommerhuse og fritidshuse principielt betragtes som boliger, hvor dokumentation af termisk indeklima kan dokumenteres med en forenklet beregning.

Boliger

Den termiske komfort i boliger har tidligere været relateret til opvarmning i vinterperioden, hvor høje temperaturer i sommerperioden har været set som en ikke-betydende parameter boliger. Det ændrede sig med indførelsen af de frivillige lavenergiklasser i BR10 og BR15, fordi de velisolerede boliger førte til problemer med overophedning, så der nu også stilles krav til den termiske komfort. I forhold til overophedning i boliger har beboerne en høj grad af frihed til at tilpasse sig, f.eks. ved at justere beklædningen eller opholde sig i andre dele af boligen. Kravene til indeklimaet bør derfor afspejle beboernes muligheder for at agere og tilpasse sig selv og sine omgivelser.

Erfaring viser, at der kan være store forskelle i fortolkning af beregningsmetoder og fastlæggelse af forudsætninger for termisk evaluering i boliger. I de følgende afsnit uddybes metoder og forudsætninger for termisk evaluering, hvor eksisterende litteratur og vejledninger kan give anledning til uklarheder og rum for fortolkning.

Metode, bolig

Som udgangspunkt skal den termiske komfort i en bolig dokumenteres ved brug af Be15 Sommerkomfort. Programmet anvender en forsimplet beregningsmodel, sammenlignet med dynamiske indeklimasimuleringer, og er baseret på fastlagte belastninger og brugsmønstre. Anvendelsen af Be15 Sommerkomfort skal ses som en metode, der sikrer sammenlignelighed og en grundlæggende robusthed af beregninger, idet adfærd og brugsmønstre i en bolig varierer meget afhængigt af den enkelte beboer.

En bolig anses altid for at være i brug, og denne præmis ligger til grund for de standardforudsætninger, som er fastlagt for dokumentation af boligens energiramme såvel som for evalueringen af termisk komfort.

Der kan dog være forudsætninger eller begrundelser for, at man ønsker en mere detaljeret analyse af dynamikken for den termiske komfort i en given bolig, som ikke kan håndteres med Be15 Sommerkomfort, fx. dynamiske facader, køling eller evaluering af specifikke brugsmønstre. Her kan det være nødvendigt at anvende et mere avanceret dynamisk simuleringværktøj som BSim, IES-VE, IDA ICE eller lignende.

Beregningerne for termisk komfort i boliger udføres på grundlag af det danske Design Reference Year, DRY 2013 for kalenderåret 2010 og kan dokumenteres ved forenklet beregning (Be15 Sommerkomfort).

Kravsspecifikationer, bolig

I det følgende opstilles kravsspecifikationer for indeklimaet i boliger. Kravspecifikationerne er opdelt i to overordnede kategorier, hhv. Standard og Skærpet.

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)
Min. udelufttilførelse pr. person ²	5 l/s pr. person	7 l/s pr. person
<i>Trækrisiko (draught rate)³</i>	≤ 20 %	≤ 15 %

¹ Kravet gælder kun ved anvendelse af detaljerede simuleringprogrammer

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

³ Kravet gælder ikke ved udluftning gennem vinduerne i en kølesituation. Trækrisikoen er et udtryk for den teoretiske andel af brugerne, som vil opleve trækgener. Metode for eftervisning fremgår under 'Erhverv'

Anvendelse

Kategorien 'Standard' henvender sig til traditionelle boliger, som opføres i overensstemmelse med Bygningsreglementet 2015/2018 samt basisydelseerne jf. FRI/DANSKE ARK's ydelsesbeskrivelse.

'Skærpet' kan henvende sig til boliger med beboere, som har funktionsnedsættelser, og dermed ikke har de samme muligheder for at tilpasse sig selv og deres omgivelser. Det drejer sig fx om udluftning og ændring af påklædning. Boliger af denne type omfatter beskyttede boliger, ældreboliger mv. For boliger uden mulighed for manuel udluftning gennem vinduer, gælder anvendelsen, som et skærpet bygningsreglementskrav, og skal derfor lovmæssigt opfyldes.

Tabel 4. Variationer af fremgangsmåde for evaluering af termisk komfort for boliger. Opfyldelsen af bygningsreglementets krav sker ved evaluering baseret på standardiserede forudsætninger iht. SBI anvisning 213.

Kategori	Standard		Skærpet	
	Standard iht. SBI 213	Supplerende detaljerede	Standard iht. SBI 213	Supplerende detaljerede
Forenklet beregning (Be15 Sommerkomfort)	X*		X*	
Detaljeret evaluering (BSim, IES mv.)	X*	X	X*	X

*Opfyldelse af bygningsreglementets krav til termisk evaluering.

For begge indeklimakategorier gælder, at de kan dokumenteres ved både forenklet beregning og detaljeret evaluering. Eftervisning af Bygningsreglementets krav skal dog i begge tilfælde ske fyldest ved standardforudsætninger iht. SBI anvisning 213. Af afsnittet *Design og projektering, bolig*, beskrives forudsætninger for supplerende detaljeret evaluering, som kan anvendes hvis andet ikke er

kendt. Tabel 4 opsummerer sammenhæng mellem evalueringsmetode, forudsætninger og opfyldelse af bygningsreglementets krav.

Design og projektering, bolig

Følgende afsnit uddyber og præciserer eksisterende vejledninger og metoder for fastlæggelse af projekteringskriterier. Derudover kan afsnittet anvendes til fastlæggelse af standardforudsætninger ved indeklimaberegninger.

Ventilation og udluftning

Fastlæggelsen af ventilation ved udluftning gennem vinduer og døre er en afgørende inputparameter, som bestemmes efter metoderne beskrevet af SBI anvisning 213. Metoderne efterlader mulighed for fortolkning. I de følgende afsnit uddybes metoderne gennem beskrivelser og eksempler.

Ventilation med by-pass

Det kan have afgørende betydning for den termiske komfort i en bolig, om ventilationsaggregatet er udført med mulighed for sommerdrift med by-pass eller ej. Varmegenvindingen bevirker, at indblæsningstemperaturen hæves unødigt i perioder, hvor boligen har et kølebehov. Studier har vist, at rumtemperaturen i varme perioder kan være 4-5 °C højere når man sammenligner en case med og uden mulighed for by-pass (Behovstyret ventilation til enfamiliehuse, DTU).

I henhold til ECO-design direktivet, som er implementeret i dansk lov, skal alle tovejsventilationsaggregater i boliger fra den 1. januar 2016 være udstyret med by-pass.

Det er desuden en forudsætning for anvendelsen af Be15 Sommerkomfort til dokumentation af det termiske indeklima, at ventilationsaggregatet har mulighed for by-pass. Udføres en beregning baseret på en bolig med et aggregat uden mulighed for by-pass, skal luftmængden reduceres svarende til varmevekslens effekt. Alternativt skal dokumentationen ske med et mere detaljeret simuleringsværktøj, som kan tage højde for, at aggregatet ikke har mulighed for by-pass. I praksis kan ventilation uden by-pass korrigeres iht. nedenstående ligning.

$$q_{reduceret} = q_{mek} \times (1 - \eta)$$

Eksempel 2. Korrektion for manglende by-pass

Et aggregat udføres med en varmegenvindingsgrad på 85 % uden by-pass og en basisventilation på 0,35 l/s pr. m². Den beregningsmæssige luftmængde korrigeres således for at tage højde for den reelle køleeffekt:

$$q_{reduceret} = 0,35 \frac{l}{s} \cdot m^2 \times (1 - 0,85)$$

$$q_{reduceret} = 0,05 \frac{l}{s} \cdot m^2$$

Sommerventilation, dagtimerne

Ventilationen om sommeren i dagtimerne, skal fastlægges i henhold til SBI anvisning 213 afsnit 5.12.3 og består af både den mekaniske ventilation, $q_{m,s}$ og naturlig ventilation ved udluftning gennem vinduer og døre, $q_{n,s}$.

For boliger med manuelt styrede vinduer kan der normalt antages en ventilation på 0,9 l/s pr. m² opvarmet etageareal, som gennemsnit i varme perioder. Er der et større effektivt åbningsareal end 1,5 % af det opvarmede etageareal- etageareal ved tværv ventilation eller 4,0 % ved ensidet placering af åbningerne, kan der antages en proportional større ventilation.

Ventilationsmuligheden hhv. for tvær- og ensidet ventilation bestemmes ved følgende ligninger:

$$q_{n, S_{tvær}} = \left(\frac{A_{eff} [m^2] / brutto\ gulvareal [\%]}{1,5\ \%} \right) \times 0,9 \frac{l}{s} pr. m^2$$

$$q_{n, S_{ensidet}} = \left(\frac{A_{eff} [m^2] / brutto\ gulvareal [\%]}{4,0\ \%} \right) \times 0,9 \frac{l}{s} pr. m^2$$

Giver boligens udformning mulighed for opdriftsventilation, betragtes dette på samme måde som tværv ventilation.

Korrektion for vinduers og døres effektive åbningsareal, A_{eff} , afhænger af type og udformning. SBI-anvisning 202 beskriver metoder til beregning af geometriske åbningsarealer. Reduktionsfaktorerne af Tabel 5 kan anvendes som forsimplet alternativ til at benytte formlerne i anvisningen. Reduktionsfaktorerne definerer et forventet forhold mellem det effektive åbningsareal og åbningsarealet i karmen.

Tabel 5. Reduktionsfaktor for beregning af effektivt åbningsareal for typiske opluk. Faktoren definerer et forventet forhold mellem det effektive åbningsareal og åbningsarealet i karmen.

Type af opluk	Reduktionsfaktor
Sidehængt vindue/dør	0,60
Tophængt vindue	0,40
Skydedør	0,70
Ovenlys vippe, motoriseret*	0,50
Ovenlys vippe, manuel	0,70
Ovenlys tophængt	0,30

*Baseret på en kædelængde på ca. 40- 50 cm.

Tabel 5 opsummerer de mest gængse opluk, men er ikke nødvendigvis fyldestgørende for alle variationer. Det må derfor vurderes i det enkelte tilfælde om der kræves en særskilt vurdering eller beregning for fastlæggelse af det effektive åbningsareal.

Har et opluk flere funktioner, som eksempelvis dreje/kip, kan forudsætningerne for det størst mulige effektive åbningsareal anvendes i beregningen.

Reduktionsfaktorerne afspejler ligeledes en forventningsfaktor som tager højde for anvendelsen af det enkelte opluk i praksis og ikke nødvendigvis en fysisk mulig åbningsgrad.

Individuel fastlæggelse af korrektionsfaktorer for specifikke opluk bør tillægges en forventningsfaktor som afspejler en reel anvendelse af det pågældende opluk.

Ved fastlæggelse af reduktionsfaktorer skal der tages højde for eventuelle solafskærmninger, værn vedfranske altaner ol., som kan have betydning for det effektive åbningsareal.

Eksempel 3. Terrassedør ved fransk altan

En terrassedør har et åbningsareal i karmen på $0,80 \times 1,90 \text{ m} = 1,52 \text{ m}^2$. Foran terrassedøren placeres et glasværn med en højde på $0,80 \text{ m}$ fra overkant bundkarm. Det effektive åbningsareal for terrassedøren bliver $A_{\text{eff}} = 0,80 \text{ m} \times (1,90 \text{ m} - 0,80 \text{ m}) \times 0,60 = 0,53 \text{ m}^2$.

Hvis det kritiske rum kun har åbninger til en side, kan der regnes med tværventilation, hvis der i det kritiske rum er åbninger til andre rum som giver mulighed for tværventilation.

Muligheden for naturlig ventilation ved udluftning gennem vinduer og døre fastlægges ud fra den mindste andel af effektivt åbningsareal for følgende 3 situationer:

1. Andel af effektivt åbningsareal til det fri for hele boligen (bruttoareal for boligen)
2. Andel af effektivt åbningsareal til det fri for det kritiske rum (bruttoareal for det kritiske rum)
3. Andel af effektivt åbningsareal mellem det kritiske rum og tilstødende rum med åbninger til det fri. Eks. døråbninger mellem to rum (bruttoareal for det kritiske rum)

Selvom det kritiske rum har åbninger mod flere orientering og dermed mulighed for individuel tværventilation, vil det altid være boligens samlede andel af effektivt åbningsareal der defineres som øvre grænse for hvad der kan medregnes. Dette skyldes at andre opholdsrum typisk også vil være afhængig af at opnå tværventilation gennem det kritiske rum.

Af appendiks A fremgår en række eksempler på, hvornår man kan forudsætte tværventilation, og hvilket effektivt åbningsareal der danner grundlag for beregningen.

Uanset hvilke luftmængder man teoretisk set kan beregne sig frem til, vil det reelle luftskifte variere meget afhængig af slutbrugerens ageren og vejrforhold. Under normale omstændigheder anbefales det ikke at anvende luftmængder, der overstiger $6,0 \text{ l/s}$ pr. m^2 i dagtimerne. Der kan være særlige situationer hvor designkonceptet kan underbygge anvendelsen af højere luftmængder.

Den samlede ventilation består af ventilationsmuligheden gennem vinduer plus den mekaniske ventilation. Er den mekaniske ventilation behovsstyret, eksempelvis efter fugtbelastning, er det kun basis-ventilationen, som kan medregnes. For at godtgøre en forceret ventilationsmængde, kræver det at ventilationen er styret efter temperaturen og at der ligeledes er taget højde for dette i energiberegningen. Den mekaniske andel kan medregnes, som den aktuelle luftmængde rummet er dimensioneret med. Hvis der eksempelvis er projekteret en friskluftsindblæsning på 10 l/s i et soveværelse på 14 m^2 , kan der medregnes et mekanisk bidrag på ca. $0,7 \text{ l/s}$ pr. m^2 . Se bilagsrapport på hjemmesiden www.sbi.dk/bvi *Best practice indeklimarapport, bolig*.

Eksempel 4. Korrektion for behovsstyring

Der er projekteret en udelufttilførsel på 15 l/s i et soveværelse på 15 m², svarende til 1,00 l/s pr. m². De dimensionerende luftmængder for hele boligen svarer til 0,37 l/s pr. m². Da ventilationen er udført med behovsstyring efter fugt, er ventilationen indreguleret til et basisluftskifte svarende til 0,30 l/s pr. m². Det mekaniske bidrag til det kritiske rum korrigeres således efter basisluftskiftet.

$$q_{m, \text{korrigeret}} = (0,30 / 0,37) \text{ l/s pr. m}^2 \times 15 \text{ l/s} = 12 \text{ l/s} \quad (0,81 \text{ l/s pr. m}^2)$$

Be15 Sommerkomfort antager, at brugerne åbner vinduerne, når temperaturen overstiger 23 °C (SBI-anvisning 213, Rumtemperatur – generelle forudsætninger). Denne forudsætning er gældende ved eftervisning af bygningsreglementets krav uanset om der anvendes forsimplet eller detaljeret evalueringværktøjer. Udføres supplerende detaljerede evaluering bør set-punkt for udluftning ikke forudsættes lavere end 25 °C.

Sommerventilation, nat

Af SBI anvisning 213 fremgår det, at man normalt bør regne med en reduceret andel af naturlig ventilation om natten. Det kan dog have stor betydning for resultatet hvordan man definerer en "reduceret andel". I vurderingen af den mulige udluftning, bør der indgå overvejelser omkring det enkelte vindues funktioner, området og placering i forhold til terræn, tilgængeligheden for udefrakommende, samt eventuelle støjgener i trafikerede områder.

Andelen af naturlig ventilation om natten bør ikke sættes højere end 0,6 l/s pr. m² opvarmet etageareal uden en vurdering af de reelle vinduers funktioner og ikke mindst boligens fysiske omgivelser. For boliger i områder med trafikstøj bør der ikke forudsættes udluftning fra værelser og soveværelser om natten.

I beregningen tillægges bidraget fra den mekaniske ventilation.

1.1.1 Interne belastninger og brugsprofiler

Standardforudsætninger for dokumentation jf. bygningsreglementet 2015/2018

De interne belastninger fra personer og udstyr fastlægges i henhold til SBI anvisning 213, hvor det antages at boliger er i brug hele døgnet. Forudsætningerne gælder uanset hvilket simuleringværktøj der anvendes til eftervisning af bygningsreglementets krav.

Tabel 6. Interne belastninger jf. SBI anvisning 213.

Belastning	Tidsrum	Effekt
Personer	Kl. 0-24	1,5 W/m ²
Udstyr	Kl. 0-24	3,5 W/m ²

Forudsætningerne gælder ved eftervisning af bygningsreglementets krav til termisk komfort i boliger, uanset om der anvendes forenklet beregning med Be15 Sommerkomfort eller detaljeret evaluering.

Forudsætninger for supplerende detaljerede indeklimavurderinger

Følgende forudsætninger gælder ved supplerende dynamiske indeklimaberegninger. Med mindre andet er kendt, kan nedenstående forudsætninger for

brugsprofiler og interne belastninger anvendes ved indeklimavurderinger for en typisk bolig. For at tage højde for varierende brugeradfærd, vil der være overlap i belastningsprofiler for fælles ophold og værelser.

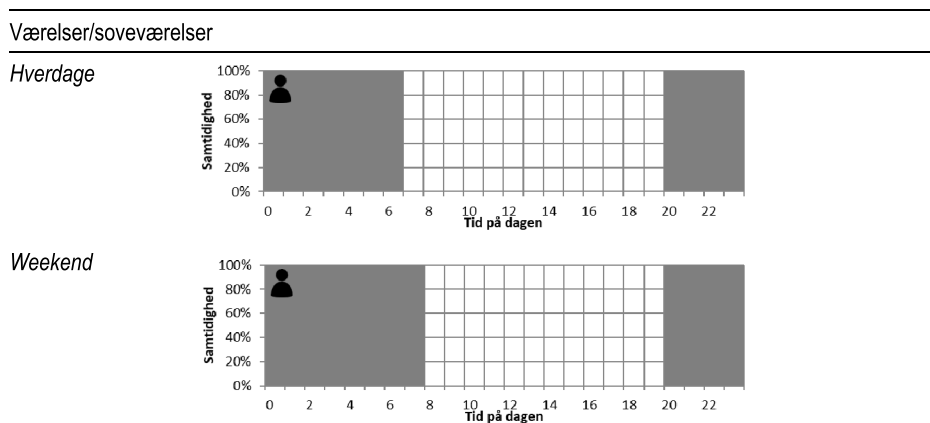
Tabel 7. Varmeafgivelse personer. Antal af personer fastlægges iht. antallet af senge i boligen såvel som i det enkelte rum.

Belastning personer	Effekt
Personer, dagtimer	100 W/pers.
Personer, nat	80 W/pers.

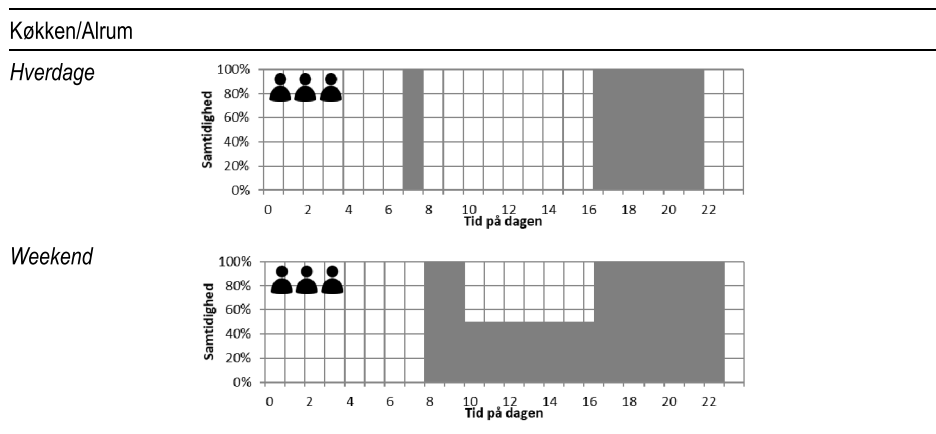
Tabel 8. Interne belastninger fra udstyr og belysning.

Interne belastninger	Effekt
Køkken/alrum (Belysning, komfur, køl/frys, PC, TV ol.)	10 W/m ² eller min. 350 W
Stue (Belysning, PC/bærbar, TV ol.)	5 W/m ² eller min. 100 W
Værelse (Belysning, PC/bærbar, TV ol.)	6 W/m ² eller min. 60 W

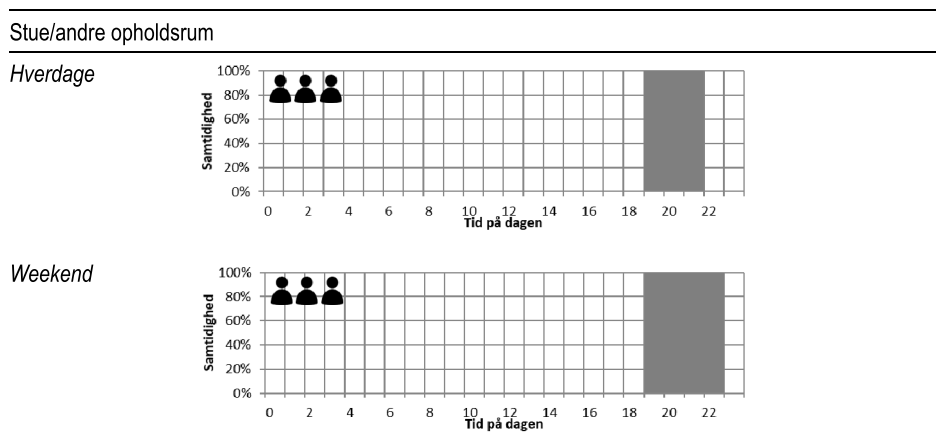
Tabel 9. Tilstedeværelse i værelser og soveværelser.



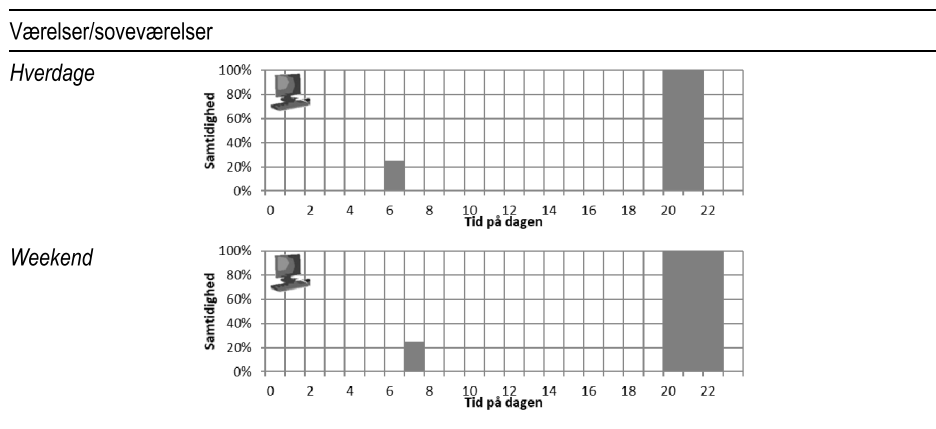
Tabel 10. Tilstedeværelse i køkken/alrum for en typisk bolig.



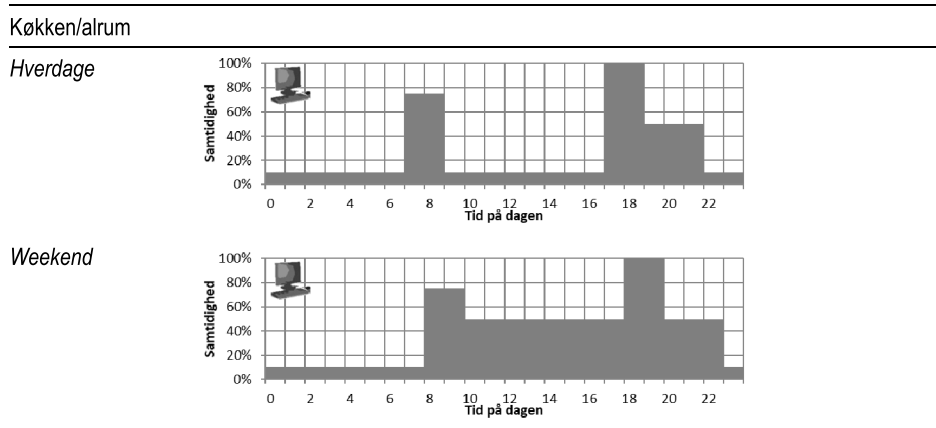
Tabel 11. Tilstedeværelse for særskilt stue og øvrige opholdsrum.



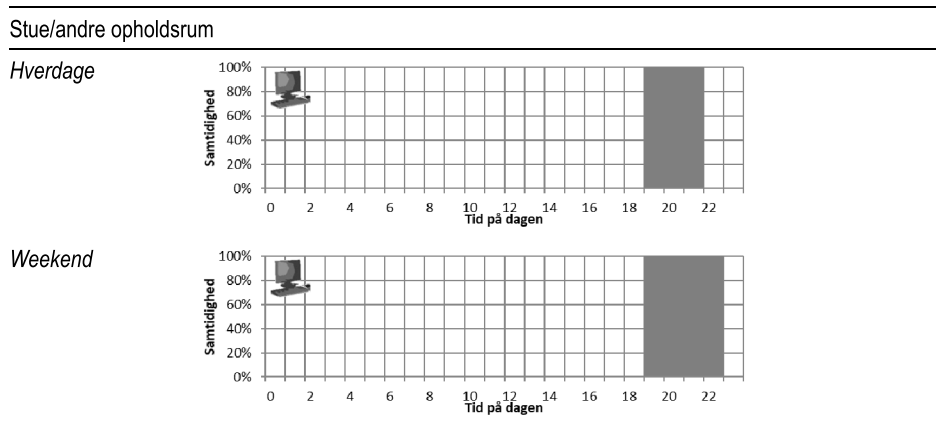
Tabel 12. Interne belastninger for værelser. Belastningen om morgenen dækker over belysning hvor belastningen om aftenen afspejler belysning, TV, PC/bærbar ol.



Tabel 13. Interne belastninger for et køkken/alrum. Belastningerne dækker over belysning, køl/frys, komfur, TV, PC/bærbare ol. Der er medregnet en konstant effektafgivelse fra køl/frys.



Tabel 14. Interne belastninger for særskilt stue og andre opholdsrum. Belastningerne dækker over belysning, TV, PC/bærbare ol.



1.1.2 Solafskærmning

For vinduer og døre som anvendes til udluftning kan der som udgangspunkt ikke forudsættes samtidig anvendelse af indvendig solafskærmning. Der kan i nogle tilfælde argumenteres for at afskærmningens effekt kan opretholdes ved samtidig udluftning gennem vinduer. Fx et tophængt vindue mod syd med indbygget persienne.

Anvendes en udvendig afskærmning foran et vindue som også medregnes i det effektive åbningsareal, bør åbningsarealet korrigeres efter dette. Det kunne eksempelvis være en udvendig skoddeløsning som vil reducere åbningsgraden og øge modstanden i åbningsarealet.

Indvendig afskærmning i form af gardiner, persienner mm., er typisk noget som slutbrugeren selv er ansvarlig for. Med mindre der er etableret indvendig afskærmning ved aflevering af byggeriet, kan denne kun medregnes i den terminske evaluering, hvis det er specificeret som en nødvendig parameter gennem en brugervejledning til beboerne. Der kan ikke stilles krav til brugerne om efteretablering af udvendig afskærmning.

Der henvises bl.a. til SBI-anvisning 264 for uddybende beskrivelser af solafskærmningstyper, funktioner og afskærmningseffekter.

For manuelt reguleret solafskærmning kan der ved forenklet beregning i Be15 sommerkomfort kun medregnes den halve effekt.

Eksempel 5. Manuel afskærmning

For en given bolig udføres en udvendig manuelt styret screen, med en afskærmningsfaktor på 0,15. Den beregningsmæssige effekt bestemmes således ved:

$$F_c = \frac{1,00+0,15}{2} = 0,58$$

Ved detaljeret simulering kan afskærmningens reelle effekt medregnes ved manuel styring. Menneskets varierende adfærd skal dog tages i betragtning, og derfor bør man ikke anvende set-punkter for aktivering som overstiger grænseværdierne angivet af Tabel 15.

Tabel 15. Anbefalede grænseværdier for manuel aktivering af solafskærmning ved detaljeret evaluering.

Belastning	Aktivering
Lysniveau på facaden	60.000 Lux
Solindfald facaden*	500 W/m ²
Temperatur, T _{op}	25 °C

* I BSim angives effekten på indvendig side af ruden.

Skygger

Ved disponering af byggeriet for det pågældende projekt, skal kun eksisterende skyggeforhold og bygninger samt byggeprojekter som er igangsat medregnes i den termiske evaluering.

Forenklet beregning

Ved forenklet beregning med Be15 sommerkomfort, anvendes metoden for fastlæggelse af skygger jf. SBI-anvisning 213. Metoden er baseret på vinkler mellem skyggende objekter og vinduets lodrette hhv. vandrette center. Metoden har derfor nogle begrænsninger som kan give anledning til, at skyggernes effekt overestimeres.

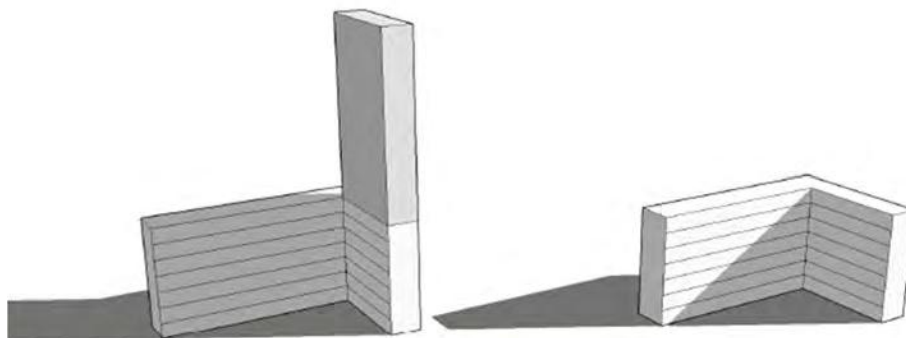
Skyggerne skal til enhver tid fastlægges i forhold til det aktuelle rum som evalueres og kan ikke antages som en middelværdi for en større facadeandel.

Udhæng og altaner bør kun medregnes, hvis de har en udstrækning, som retfærdiggør det. I Be15 håndteres indtastningen af et udhæng som en uendelig bred skygge. Effekten af et udhæng som eksempelvis har samme bredde som vinduet, vil derfor resultere i en overestimeret effekt.

Højre/venstre skygger med en begrænset højde i forhold til en given facade med vinduer bør ikke medregnes, hvis de skaber en skygge for solindfald mod

syd uden en vurdering af skyggens reelle effekt. Indtastningen af skyggen skaber en uendelig høj skygge og effekten vil blive overestimeret betragteligt, specielt hvis den skygger for en sydlig sol.

Det er vigtigt at vurdere udstrækningen af skyggens højde inden man ukritisk medregner den i Be15 sommerkomfort. Problemstillingen er illustreret for en karrebygning i 7 etager af nedenstående figur. Her ses det at det reelt set kun er halvdelen af facaden mod vest som opnår en skyggende effekt.



Figur 2. Betydningen af overestimering af skygger i Be15 Sommerkomfort. Figuren til højre viser venstreskyggens reelle effekt for en sydvendt sol, hvor figuren til venstre viser hvordan den medregnes i Be15 sommerkomfort.

Detaljeret evaluering

Ved detaljeret evaluering medregnes skygger typisk som modellerede objekter i beregningsmodellen. Alle relevante skygger bør medtages i modelleringen.

Robusthed

Robustheden af det termiske indeklima er afgørende for hvordan det vil opleves i praksis ved varierende brugeradfærd. I bygningsdesignet er det derfor vigtigt at have for øje hvilke parametre der har den største indflydelse på det termiske indeklima. Dette gøres ved at lave en følsomhedsanalyse af de vigtigste forhold.

Følsomme parametre

På baggrund af en følsomhedsanalyse af et givent rum i en bolig, er der lavet en kortlægning af rangeringen af de mest følsomme parametre ved evaluering af termisk komfort med Be15 Sommerkomfort. Ved at varieres på alle inputparametrene er det muligt at skabe et universelt billede af et typisk opholdsrum i en bolig.

Resultaterne af følgende tabel kan bruges til en generel faglig vurdering af robustheden i designkonceptet. Rangeringen giver en indikation af parameterens indflydelse på det termiske indeklima, baseret på variationerne fastlagt for den enkelte parameter. Variationerne for de enkelte parametre fremgår af Appendiks B.

Naturlig plus mekanisk ventilation i dagtimerne (Vent, dag) har størst indflydelse på den termiske evaluering. Da det samtidig er en parameter, som er behæftet med stor usikkerhed, vil det være relevant at undersøge, hvad variationer for denne vil have af betydning for den aktuelle bolig.

Tabel 16. 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.

Nr.	Rangering af parameter	Relativ indflydelse
1	Naturlig + mekanisk ventilation, dag (l/s m ²)	22 %
2	Glasandel i forhold til gulvareal (%)	14 %
3	Udhæng over vindue (°)	12 %
4	Rudens g-værdi (-)	12 %
5	Naturlig + mekanisk ventilation, nat (l/s m ²)	7 %
6	Horisontskygge (°)	7 %
7	F _c , Afskærmningsfaktor både indv. og udv. (-)	6 %
8	Siddefremspring, højre (°)	4 %
9	Siddefremspring, venstre (°)	4 %
10	U-værdi ydervæg (W/m ² K)	3 %
11	Bygningens orientering syd, øst, vest (°)	3 %
12	Vinduets placering i ydervæggen	3 %
13	Bygningens varmekapacitet (Wh/K m ²)	2 %
14	U-værdi vindue (W/m ² K)	2 %
15	Mekanisk ventilation, vinter (l/s m ²)	0 %

Oplæg for metode til robusthedsanalyse

Udluftning gennem vinduerne afhænger af den enkelte bruger og vil derfor være behæftet med en vis usikkerhed. Da udluftning hhv. dag og nat samtidig er nogle af de mest betydende parametre for den termiske evaluering, bør der udføres parametervariationer af disse for at vurdere robustheden.

Tabel 17. Robusthedsanalyse ved variation af udluftning gennem vinduer og døre hhv. dag og nat.

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

Der udføres således to særskilte beregninger, hvor omfanget af udluftning varieres iht. ovenstående tabel. Resultaterne giver bygherren såvel som rådgiveren en indikation af, hvor stor betydning det har, om der luftes ud om natten, og ikke mindst betydningen af hvor meget der luftes ud i dagtimerne.

Følsomhedsanalyser og robusthedsanalyser er ikke en standardydelse ifm. eftervisning af bygningsreglementets krav.

Erhverv og andet

Kravene til indeklimaet i erhvervsbygninger differentierer sig fra boliger, fordi brugerne typisk er mere bundne i, hvor de opholder sig, hvilke aktiviteter de udfører, og hvilken beklædning de har på. Samtidig er der en privat- og samfundsøkonomisk interesse i, at der kan opnås maksimal produktivitet.

Disse forhold betyder, at der er skrappe krav og forventninger til indeklimaet i erhvervsbygninger. Dertil foretrækker de fleste ofte en lidt lavere temperatur på arbejdspladsen end i deres bolig.

Der kan dog være store variationer i arbejdssituationen for forskellige erhvervsbygninger, og dermed også for succeskriteriet for et godt indeklima i fx advokatkontorer, daginstitutioner, hospitaler og kantiner.

Branchevejledningen arbejder derfor med tre indeklimaklasser for erhvervsbygninger: **Minimum**, **Standard** og **Ambitiøs**.

Indeklimaklasserne er inspireret af kategorierne I-II-III opstillet i EN15251 og kategorierne A-B-C fra ISO7730 og DS1752. Nogle krav stammer fra den ene standard, andre fra den anden, og ikke mindst er der justeret og præciseret, så de passer til danske forhold.

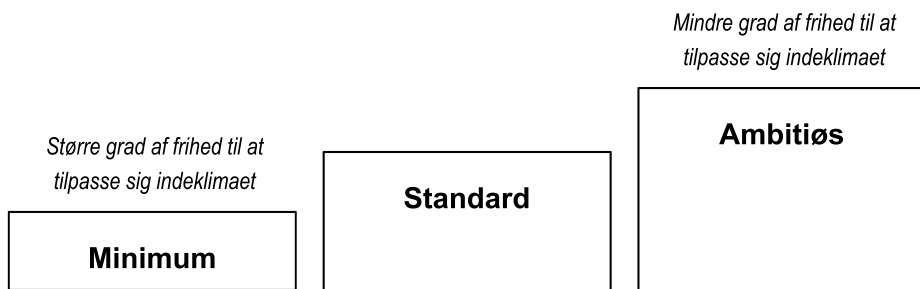
Valg af indeklimaklasse

Valg af indeklimaklasse baseres på rumtyper frem for bygningstyper, og vil oftest variere i en bygning, afhængigt af hvordan rummene benyttes.

Det anbefales, at indeklimaklassen "**Ambitiøs**" vælges i rum med stram dresscode, begrænset mulighed for at flytte sig et andet sted hen, eller hvor der opholder sig sensitive personer. Det kan fx være advokatkontorer og særlige mødelokaler eller intensivstuer og ambulatorier på hospitaler. Klassen kan også vælges, når man har fokus på det gode indeklima og ønsker noget, der er bedre end "Standard".

Kravene i indeklimaklassen "**Standard**" benyttes oftest og vil passe for de fleste kontorer, mødelokaler, skoler og sengestuer.

I rum, hvor man opholder sig i kortere perioder, hvor man er i bevægelse, og hvor der er en grad af frihed til, hvor man opholder sig, vil indeklimaklasse "**Minimum**" i mange tilfælde være tilstrækkelig. Det kan fx være i kantiner, tekøkkener og gangområder.



Figur 3 De tre indeklimaklasser henvender sig til forskellige rumtyper. Jo mere låste brugerne er i at tilpasse sig indeklimaet, jo mere ambitiøse krav skal der stilles til indeklimaet.

For alle tre indeklimaklasser er der opstillet kravspecifikationer for de termiske og atmosfæriske indeklima, samt for antal timer med aktivering af den udvendige solafskærmning.

I nogle projekter vil det give mening at kombinere kravene, så der fx stilles *Ambitiøse krav* til det atmosfæriske indeklima og *Standard krav* til det termiske indeklima. Ligesom det i visse renoveringer kan være nødvendigt at sænke visse krav, fordi der ikke kan skabes fornøden plads til kanaler og installationer.

Ved valg af indeklimaklasse skal man huske, at øgede krav til indeklimaet som regel vil påvirke både anlægsøkonomien og energiforbruget.

Metode, erhverv og andet

Evaluering af indeklima i erhvervsbygninger omfatter som hovedregel dynamiske indeklimasimuleringer, hvor indeklimaet beregnes for alle årets timer. Disse beregninger danner grundlag for fx dimensioneringen af ventilations- og kølesystemer og / eller valg af vinduesglas. Det vil derfor være de dimensionerende forhold, der benyttes i simuleringerne.

Ved evaluering af indeklimaet udvælges et antal rum, for hvilke der gennemføres simuleringer. Der udvælges rum til simulering, som er repræsentative for bygningen i forhold til dimensionering af systemer. Rummene vælges ud fra, at de enten er kritiske eller typiske rum for bygningen.

De dynamiske indeklimasimuleringer baseres på konstruktionsopbygninger og brugsprofiler for bygningen. Alle disse informationer rapporteres sammen med resultaterne af simuleringerne. I henhold til bygningsreglementet benyttes vejrdata for det danske design-reference-år DRY2013, og der simuleres for kalenderåret 2010.

Evalueringsperioder

Evaluering af specielt termisk komfort vil i høj grad være afhængig af årstiden. 21 °C vil fx være behageligt om vinteren, mens det ofte vil opleves koldt om sommeren, hvor beklædningen er mindre.

Derfor opdeles kravspecifikationerne til temperaturer i perioderne: sommer, vinter og overgang.



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

Overgangsperioden er indsat for at kunne rumme de svingende temperaturer i forår og efterår, hvor der både kan være let frost, men også dage med næsten sommerlige temperaturer.

Opdelingen er baseret på en analyse af vejrdataene i DRY2013 og er nærmere beskrevet i Bilagsrapporten *Baggrundsanalyser*, der kan hentes på hjemmesiden www.sbi.dk/bvi. Der er således tale om evalueringsperioder ved indeklimaberegninger.

Kravsspecifikationer, erhverv og andet

Indeklimakravene baseres på den brug, der ønskes dimensioneret for.

Indeklimaklasserne kan kombineres, så der fx stilles krav om atmosfærisk indeklima i klasse *Ambitiøs*, mens de øvrige dele skal leve op til kravene for indeklimaklassen *Standard*.

Tabel 18 Kravspecifikationer til indeklimaklasserne for erhverv og andet ved dimensionerende forhold.

Indeklimaklasse	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 ¹	25%	20%	15%
<i>Solafskærmningstid i procent af brugstiden</i>			
Andel af brugstid, hvor afskærmningen er aktiv ² ,	30%	20%	12%
<i>Atmosfærisk indeklima i ppm</i>			
CO ₂ -koncentration (ved udeniveau på 400 ppm)	1200 ³	1000	900

Tabel 19 Der tillades følgende toleranceoverskridelser i forhold til de opstillede krav til den operative temperatur. Toleranceoverskridelserne er de samme for alle tre indeklimaklasser.

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

¹ For rum med stillesiddende aktivitet stiller bygningsreglementet krav om en maksimal trækrisiko på 20%. Trækrisiko vurderes for udvalgte situationer og ikke som en del af indeklimasimuleringen.

² Der evalueres kun på den del af brugstiden, der ligger mellem kl. 7 og kl. 18. For afskærmninger med delvis udsyn kan benyttes vægtningsfaktorer angivet i Tabel 20.

³ I daginstitutioner og undervisningsrum i skoler og lignende stiller Bygningsreglementet krav til maksimalt 1000 ppm for dimensionerende forhold.

Temperatur

De opstillede temperaturintervaller giver mulighed for at udnytte bygningens termiske masse som buffer. Dermed kan der startes med den laveste temperatur om morgenen. Netop temperatursvingninger over dagen er dog noget, der opleves klager over, og derfor bør dette være én af de parametre, der ses nærmere på, når resultaterne af simuleringer gennemgås. Specielt i overgangsperioden, hvor der tillades et større temperaturspænd, bør det tjekkes, hvor meget temperaturen svinger/stiger i løbet af en enkelt dag.

Varmesystemet i en bygning dimensioneres til at opretholde de angivne minimumtemperaturer i hele brugstiden. Ved renovering af ældre bygninger med begrænset isolering kan det betyde, at der er opvarmningsbehov i starten af sommerperioden, og denne information skal videregives til driftspersonalet.

En overholdelse af den øvre grænse for temperaturen i alle årets timer ville betyde uforholdsmæssigt store anlæg og kanaler, som kun ville køre maksimalt i meget få timer. Dette vurderes, at være u hensigtsmæssig udnyttelse af energi og arealer i en bygning, og derfor tillades overskridelser i et antal timer om året. Overskridelse af den øvre temperaturgrænse opgøres henholdsvis for perioden april til oktober og perioden november til marts. Toleranceoverskridelserne svarer til ca. 5% af brugstiden.

Det er god praksis at regne med samme brugstid og belastning hele året, også i sommermånederne. Det er netop for at håndtere de varme perioder, at der tillades overskridelser af den øvre temperaturgrænse. Samtidig kan bygningens brug ændres, og derfor er det vigtigt, at bygningen er robust i forhold til at kunne klare sig i en sommersituation fx som skolefritidsordning.

Eksempel 6. Skole

Hvis det vælges ikke at medtage dele af sommerperioden i brugstiden, nedsættes toleranceoverskridelsen for sommer- og overgangsperioden med 8 timer henholdsvis 3 timer pr uge. Tages fx fem uger ud til sommerferie tillades:

$100 \text{ timer} - 5 \text{ uger} \cdot 8 \text{ timer/uge} = 60 \text{ timer over øvre temperaturgrænse}$

$25 \text{ timer} - 5 \text{ uger} \cdot 3 \text{ timer/uge} = 10 \text{ timer over øvre temperaturgrænse} + 1^\circ\text{C}.$

Træk

Beregning af trækrisiko kan ikke foretages med bygningssimuleringsprogrammerne. I stedet benyttes tabelopslag for trækrisiko ud fra lufthastighed og temperaturer for nedenstående situationer.

Trækrisikoen skal vurderes og overholdes for følgende tre situationer:

- Sommer:
 - højeste ønskede rumtemperatur
 - minimum indblæsningstemperatur
 - maksimal luftmængde
- Sommer:
 - middel af øvre og nedre grænse for rumtemperatur
 - minimum indblæsningstemperatur
 - minimum luftmængde (fx 20 % af maksimal luftmængde)
- Vinter:
 - middel af øvre og nedre grænse for rumtemperatur
 - maksimal indblæsningstemperatur
 - maksimal luftmængde

Lufthastigheder bestemmes ud fra kastelængder og øvrige data for det konkrete armatur og med den konkrete placering i rummet.

CO₂-koncentration

Krav til CO₂-koncentrationen skal overholdes i hele brugstiden ved dimensionerende forhold.

For brug, der ligger udenfor dimensionerende forhold, tillades overskridelser.

Eksempel 7. Skole

I et klasselokale skal det sikres, at CO₂-koncentrationen holdes under det fastsatte niveau i løbet af hele skoledagen med 28 elever og 2 lærere, som er de dimensionerende forhold. Overskridelser af de fastsatte niveauer er acceptable, hvis to klasser for eksempel samles i et lokale for at se en film eller under et forældremøde om aftenen.

For cellekontorer med et mødebord skal det aftales hvilken belastning, der skal dimensioneres efter.

De opstillede grænser for CO₂-koncentrationer er med udgangspunkt i en CO₂-koncentration i udeluften på 400 ppm.

Solafskærming

Solafskærming er en afvejning mellem termisk indeklima og energiforbrug på den ene side, og dagslys og udsyn på den anden side.



For de tre indeklimaklasser er der opstillet krav til, at solafskærmingen er i brug maksimalt 30 %, 20 % og 12 % af den del af brugstiden, der ligger mellem kl. 7 og kl. 18.

Eksempel 8. Skole

Skolen benyttes mandag til fredag fra kl. 8 til kl. 16.
Dette giver en samlet brugstid på 2088 timer, der alle ligger mellem kl. 7 og kl. 18.

For at opfylde krav til indeklimaklasse Standard, må solafskærmingen maksimalt være i brug i 20% af de 2088 timer = 418 timer.

Eksempel 9. Hospital

Hospitalet er i brug hele døgnet alle ugens syv dage.
Dette giver en samlet brugstid på 8760 timer, hvoraf de 4015 timer ligger i tidsrummet kl. 7 til kl. 18.

For at leve op til kravene i indeklimaklasse Ambitiøs må solafskærmingen være i brug i 12% af 4015 timer = 482 timer.

Antallet af timer med solafskærming i brug optælles kun for timerne mellem kl. 7 og kl. 18.

Solafskærming kommer i mange forskellige typer. På den ene side er der solafskærmminger, der giver mulighed for udsyn, også når afskærmmingen er aktiveret, mens andre blokerer udsynet helt. På den anden side er der faste afskærmminger, der ikke kan køres fra, og som dermed delvist blokerer udsynet, også når der ikke er behov for solafskærmming.

For afskærmminger, der kun medfører delvist blokeret udsyn, benyttes en vægtningsfaktor, så timerne vægtes lavere, end ved helt blokeret udsyn. Til denne vægtning benyttes udsynsklasserne beskrevet i SBI-anvisning 264 "Solafskærmminger" (Johnsen, 2016) som er baseret på DS/EN 14 501 (Dansk Standard, 2005).

Er afskærmningen i en time kun trukket halvt for, vægter timen halvt. For fx en justerbar persienne vil udsynsklassen afhænge af vinklen og vil derfor kunne variere fra time til time.

Tabel 20 Sammenhæng mellem udsynsklasse i henhold til SBI-anvisning 264 "Solafskærmninger" og DS/EN 14501 og vægtning af en afskærmningstime. Eksempler på afskærmning i de fem klasser kan ses i Tabel 29 på side 48.

	Udsynsklasse for solafskærmning	Vægtningsfaktor af en afskærmningstime
Afskærmning med blokeret udsyn	0	1,00
	1	0,95
	2	0,80
	3	0,60
Afskærmning med bedst udsyn	4	0,15

Vægtningsfaktoren ganges på antallet af timer med solafskærmning. Dermed vil der tillades flere timer med solafskærmning, hvis afskærmningen ligger i klasse 4, hvor der stadig kan ses ud, i forhold til hvis den ligger i klasse 0, hvor udsynet er helt blokeret.

Valg af solafskærmning skal altid ske ud fra en subjektiv vurdering af den konkrete afskærmning, da der er store variationer i udsynet inden for den enkelte udsynsklasse.

Eksempel 10. Mørk screen med åbningsfaktor over 5%

I en skole, der benyttes mandag til fredag fra kl. 8 til kl. 16, installeres en screen, der ligger i udsynsklasse 3. Screen'en er i brug 565 timer af brugstiden i løbet af året.

Den samlede brugstid er 2088 timer. For en screen i udsynsklasse 3 må antallet af afskærmningstimer ganges med 0,60.

Vægtet antal solafskærmningstimer: 565 timer · 0,60 = 339 timer

Procent af brugstid med solafskærmning: 339 timer / 2088 timer = 16%.

Dermed overholdes kravet for indeklimaklasse Standard.

Eksempel 11. Fastmonterede lameller

På et hospital monteres faste, vandrette lameller med en afstand, der giver udsyn i klasse 4. Lamellerne er faste og dermed i brug hele brugstiden.

Brugstiden for lokalet er hele døgnet alle ugens dage, men kun timerne mellem kl. 7 og kl. 18 indgår i vurdering af andel af tid med solafskærmningen må være i brug. Dette giver 4015 timer.

For lameller i udsynsklasse 4 må antallet af afskærmningstimer ganges med 0,15.

Vægtede solafskærmningstimer: 4015 timer · 0,15 = 602 timer

Procent af brugstid med solafskærmning: 602 / 4015 = 15%

Dermed overholdes kravet for indeklimaklasse Standard.

Såfremt der benyttes to afskærmninger uden på hinanden, er det den højeste af de to vægtninger, der benyttes i den givne time.

Eksempel 12. Kontor med solafskærmende glas og screen

I et kontor med brugstid mandag til fredag kl. 7 til kl. 17, monteres vinduer med solafskærmende glas i udsynsklasse 4 samt en screen i udsynsklasse 2. Screen'en er i brug 200 timer om året i brugstiden.

Brugstiden er 2610 timer.

Vægtet antal solafskærmningstimer for screen: $200 \text{ timer} \cdot 0,80 = 160 \text{ timer}$

Vægtet antal solafskærmningstimer for glas: $(2610 \text{ timer} - 200 \text{ timer}) \cdot 0,15 = 362 \text{ timer}$

Total antal solafskærmningstimer: $160 \text{ timer} + 362 \text{ timer} = 522 \text{ timer}$

Procent af brugstid med solafskærmning: $522 \text{ timer} / 2610 \text{ timer} = 20\%$.

Dermed overholdes kravet for indeklimaklasse Standard lige netop.

En indvendig manuel styret afskærmning, der alene benyttes mod blænding, medregnes ikke ved evaluering af antal timer med solafskærmning.

For at optimere både udsynet og effekten af solafskærmning bør facader opdeles i mindre dele med egen sensor, så der tages hensyn til skygger fra fx nabo-bygninger. Alternativt kan der benyttes et pyranometer sammen med en model for, hvornår der er direkte sol på de enkelte grupper af vinduer.

Det anbefales, som udgangspunkt altid at benytte automatisk styring af solafskærmningen, der sikrer, at afskærmningen også betjenes, når der ikke er brugere i bygningen. Det kan fx være i de tidlige morgentimer i et østvendt kontor, hvor der kan være kølebehov allerede inden, brugerne er mødt ind.

Tabel 29 på side 48 viser en oversigt over udsynsklasser for en række almindelige solafskærmninger. Disse kan benyttes, hvis udsynsklassen ikke er kendt for den konkrete solafskærmning.

Design og projektering, erhverv og andet

Indeklimaberegninger viser, hvordan indeklimaet bliver ved de givne forudsætninger. Det er derfor vigtigt at være omhyggelig med fastlæggelsen af forudsætningerne, for at få et retvisende billede af det kommende indeklima. Fastlæggelsen af forudsætningerne behandles i dette afsnit.

Hovedformålet med indeklimaberegninger er som oftest at dimensionere og optimere bygningen og dens systemer. I så fald skal de forudsætninger, der benyttes til indeklimaberegningerne, være de dimensionerende forudsætninger. Altså de forudsætninger og belastninger, hvor de opstillede indeklimakrav ønskes overholdt.

Hvis formålet med indeklimaberegningerne er at vise det mest realistiske scenarie i en given bygning, skal der anvendes forudsætninger for brug, der i højere grad afspejler en gennemsnitlig forventet belastning. Det er valgt i Branchevejledningen at fokusere på de dimensionerende forudsætninger.

Fastlæggelse af de dimensionerende forudsætninger skal være en rimelig afvejning mellem at skabe en robust bygning og undgå at overdimensionere systemerne i forhold til den typiske belastning. Det anbefales således ikke, at dimensionere en bygning til en ekstrem maksimal belastning, som kun optræder meget få gange om året, da dette reelt kan give et dårligere indeklima på andre tidspunkter, fordi luftmængder og termostater vil skulle regulere inden for en meget lille del af reguleringsbåndet.

Kendskabet til den forventede brug af en bygning er som regel afhængigt af, hvor fremskredent et projekt er, når indeklimategningerne udføres. Jo tidligere man er i projektet, jo mere usikkerhed er der som regel på forudsætningerne, og derfor er det en god ide at lægge sig lidt mere på den sikre side, når man vælger sine forudsætninger tidligt i processen. Senere i projektet, når der er klarhed om flere detaljer, kan beregningerne tilpasses.

Samtidighed og brugsprofiler

Antagelser om hvornår og hvor meget et lokale i en bygning er i brug har meget stor indflydelse på det forventede indeklima, og det skal fastlægges i samarbejde med bygherre.

I dette afsnit opstilles forslag til brugsprofiler og samtidigheder, mens det efterfølgende afsnit har fokus på, hvor stor varmeafgivelsen er fra personer og udstyr.

I Tabel 21 til Tabel 27 er opstillet forslag til belastningsprofiler og samtidigheder, der kan benyttes, hvis man ikke har mere konkret information. Tabellerne giver forslag til hhv. høj, almindelig og lav belastning. For klasselokalet dog kun almindelig og lav.



For kontorer afhænger brugsprofilen og samtidigheden dels af typen af arbejdsplads, og om der er tale om enkeltmandskontorer eller åbne kontorlandskaber.

For at anskueliggøre betydningen af bygningens brug, kan der med fordel udføres simuleringer for såvel høj, almindelig og lav samtidighed. Dette vil give bygherre et billede af bygningens robusthed overfor forskellig brug.

Flerpersonerskontorer

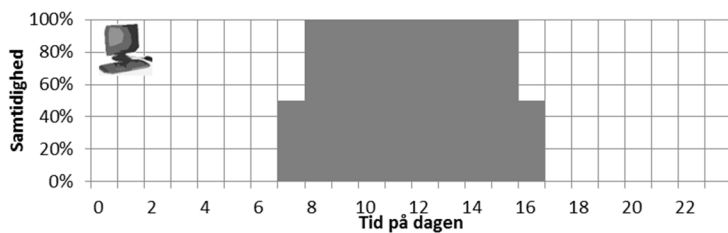
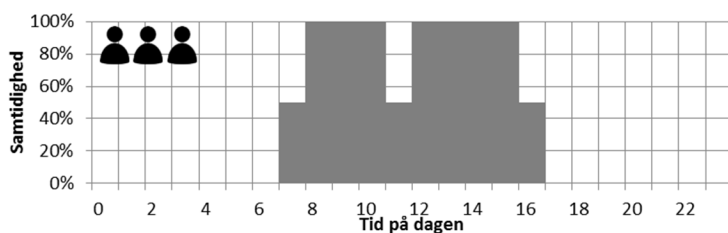
Flerpersonerskontorer vil sjældent være fuldt belastede, men skal dog dimensioneres til mere end den gennemsnitlige belastning, så der er plads til usikkerheder eller ændringer. Optimal udnyttelse af kvadratmeterne er i fokus for mange firmaer. Derfor indrettes, der flere steder flyvende arbejdspladser, hvor medarbejderne ikke har faste pladser, og der indrettes kun borde til fx 80% eller færre af medarbejderne. Hvis det er tilfældet, skal der regnes med en højere samtidighed.

Tabel 21. Forudsætninger for belastninger i et flerpersonerskontor.

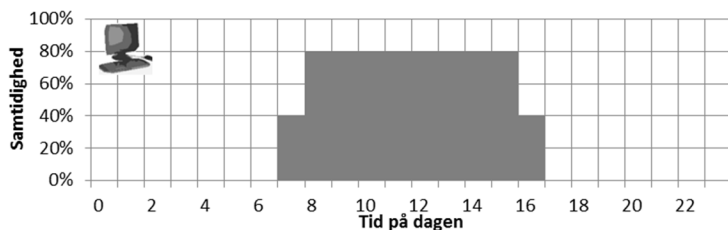
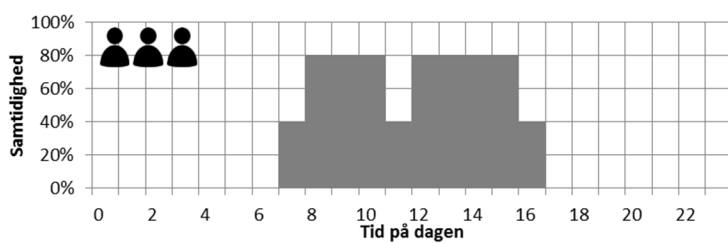
	Antal arbejdspladser fastlægges ud fra indretningsplaner, alternativt kan antages 6 – 10 m ² pr arbejdsplads i arbejdslokalet inkl. gangarealer i lokalet
	Belastning pr arbejdsplads: 1 person 1 PC 1 til 2 skærme evt. 1 arbejdslampe

Tabel 22. Samtidigheder for henholdsvis personer og udstyr. Afhængig af bygning og hvor robust bygherren ønsker bygningen skal være over for belastning, kan man vælge lav, almindelig eller høj samtidighed.

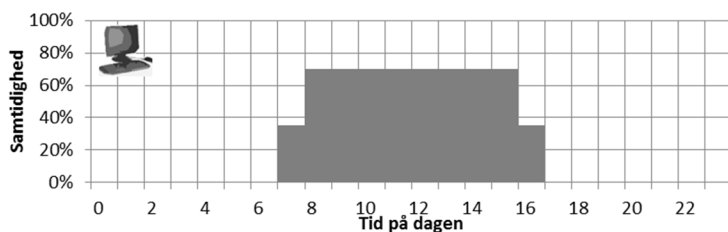
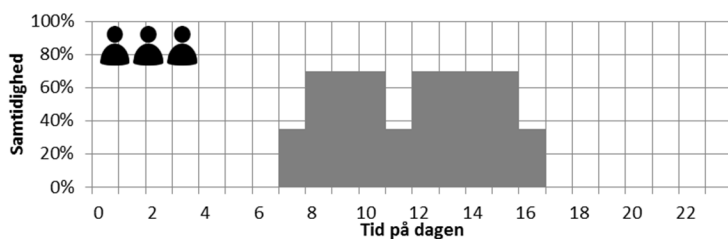
Høj samtidighed



Almindelig samtidighed



Lav samtidighed



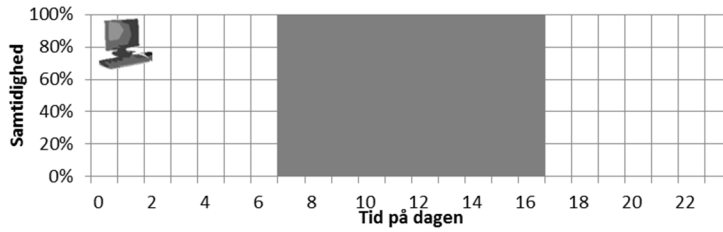
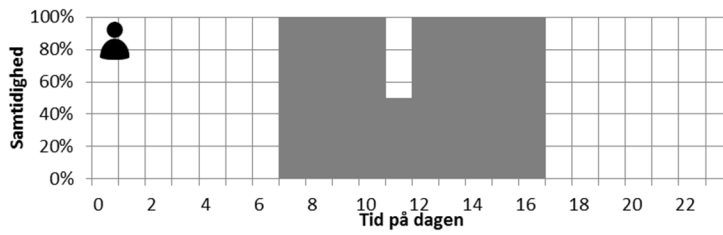
Enkeltmandskontorer

Enkeltmandskontorer vil med stor sandsynlighed blive belastet 100% i perioder og bør derfor dimensioneres til dette - i hvert tilfælde i perioder. Belastningen per arbejdsplads er den samme som for flerpersonerskontorer.

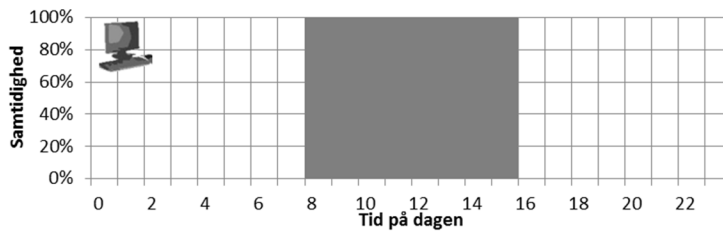
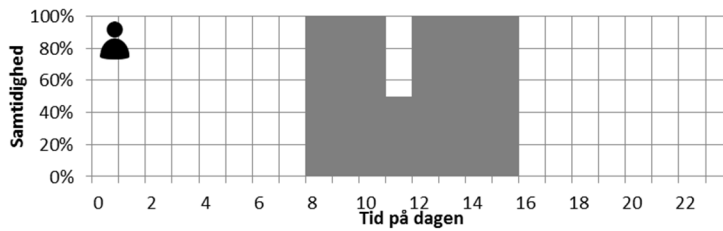
I Tabel 23 er der opstillet forslag til forskellige tidsrum med 100% belastning i tabellen.

Tabel 23. Samtidigheder for henholdsvis personer og udstyr i enkeltmandskontorer. Afhængig af bygning og hvor robust byggherren ønsker bygningen skal være over for belastning, kan man vælge lav, almindelig eller høj samtidighed.

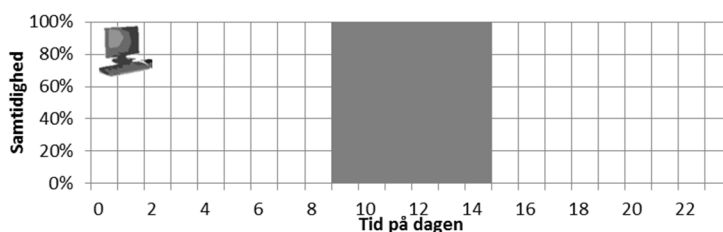
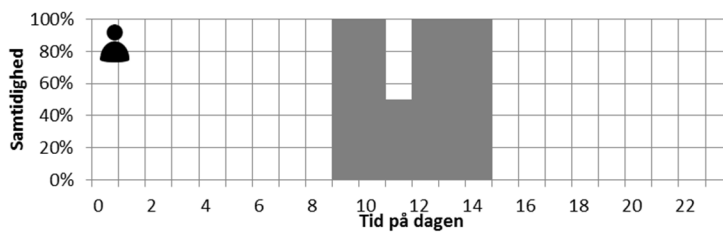
Høj samtidighed



Almindelig samtidighed





Lav samtidighed



Mødelokaler

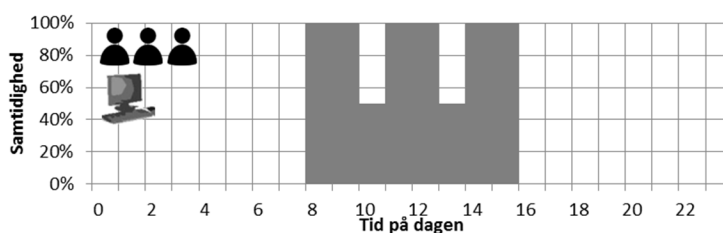
Der er tendens til flere og mindre mødelokaler. Uanset størrelsen belastes et mødelokale sjældent fuldt ud, men et mindre mødelokale vil oftere have en større belastningsprocent.

Tabel 24. Forudsætninger for belastninger i mødelokaler.

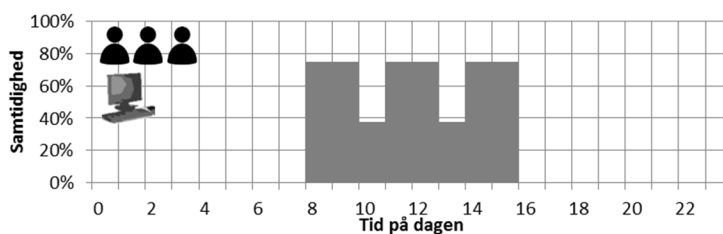
	Antal personer fastlægges ud fra antal stole på indretningsplaner, alternativt kan antages 2 – 3 m ² pr person
	Udstyrsbelastning i mødelokaler: Bærbart pc til minimum halvdelen af brugerne 1 projektor eller storskærm

Tabel 25. Samtidigheder for personer og udstyr i mødelokaler. Jo mindre lokale, jo større samtidighed bør der som udgangspunkt regnes med. For at tage højde for at brugen af mødelokaler kan svinge meget, kan der vælges fx at regne med lav samtidighed 3 dage om ugen og høj belastning 2 dage om ugen.

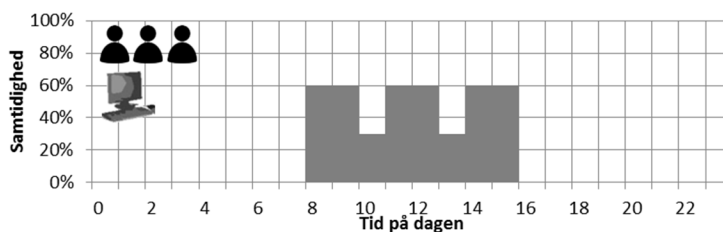
Høj samtidighed



Almindelig samtidighed



Lav samtidighed





Klasselokaler

I henhold til folkeskoleloven må der maksimalt være 28 elever i en skoleklasse fra børnehaveklasse til 9. klasse. Klasselokaler skal derfor som udgangspunkt dimensioneres efter dette plus to undervisere. I henhold til Bygningsreglementet skal der som minimum være et rumindhold på 6 m³ pr person.

Brugsmønstret for klassetrinene varierer meget. I de små klasser er eleverne udenfor i frikvarterne, mens de store elever ofte sidder inde. Derudover vil de store elever i højere grad have en computer med til timerne, mens de små bevæger sig mere i lokalet.

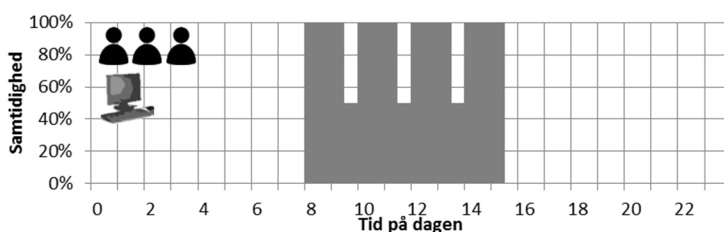
Udskolingsklasserne vil være dimensionsgivende for almindelige klasselokaler.

Tabel 26. Forudsætninger for belastninger i klasselokaler. Antal af personer er som udgangspunkt 28 elever og 2 lærere.

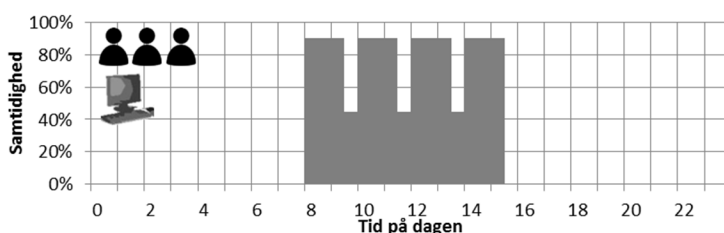
	28 elever og 2 lærere = 30 personer
	Udstyrsbelastning i klasselokaler: 1 bærbar pc eller tablet pr elev 1 stationær pc 1 smartboard med projektor

Tabel 27. Samtidigheder for personer og udstyr i klasselokaler. Der regnes som udgangspunkt med 100% samtidighed i undervisningstiden og 50% belastning i frikvarterne, da de ældste elever ofte opholder sig inde i frikvarterne.

Almindelig samtidighed



Lav samtidighed



Samtidighed over året

For alle rumtyper anvendes samme samtidigheder hele året. Dette gælder også for skoler, da rummene kan blive brugt som skolefritidsordning i sommerferierne. Dermed sikres robusthed for ændret brug af bygningen.

Toleranceoverskridelserne for temperaturgrænserne er indført netop for at rumme årets varmeste dage, som ligger i juli og august.

Hvis der udføres en beregning, hvor sommerferieugerne ikke medtages i brugstiden, skal antallet af timer med høje temperaturer nedjusteres med 8 timer henholdsvis 3 time per uge. Resultaterne af en beregning uden brugstid i sommerferien bør altid præsenteres sammen med de beregninger, hvor hele sommeren er medtaget i brugstiden, for at synliggøre betydningen.

Interne belastninger fra personer, udstyr og belysning

Personer

Personer kan som udgangspunkt antages at have et aktivitetsniveau på 1,2 met i de fleste indeklimasimuleringer. 1,2 met svarer til almindeligt kontorarbejde, og vil derfor også være dækkende for skoler.

For en gennemsnitlig dansk mand vil et aktivitetsniveau på 1,2 met resultere i en varmeafgivelse på 143 W, hvoraf 100 W kan regnes at blive afgivet som tør varmeafgivelse. For skoler regnes alle personer som voksne. For børnehaver og vuggestuer kan der regnes med en varmeafgivelse på 60 W per barn ved et aktivitetsniveau på 1,6 met. I Bilagsrapporten *Baggrundsanalyser* på www.sbi.dk/bvi findes beregninger af varmeafgivelsen fra voksne og børn.

Ved beregning af det atmosfærisk indeklima regnes der med en CO₂-produktion pr person på 17 L/h pr met svarende til 20,4 L/h per person ved 1,2 met. For børn i børnehaver og vuggestuer kan der regnes med 12,2 L/h per person.

Udstyr og belysning

Varmeafgivelsen fra udstyr skal medtages i beregningerne. I Tabel 28 er listet eksempler på varmeafgivelsen fra en række udstyrs og belysningselementer. Disse kan anvendes, hvis der ikke er kendskab til det specifikke udstyr. Den samlede effektafgivelse per arbejdsstation bør ikke regnes lavere end 80 W.

Tabel 28 Varmeafgivelse fra udstyr og belysning

Apparat	Effekt
Almen belysning, LED	4 -6 W/m ²
Almen belysning, lysstofrør	6 - 8 W/m ²
Arbejdslampe	5 - 15 W
Beregnings-pc	60 - 100 W
Bordprinter	20 W
Kopimaskine	250 W
PC-fladskærm, ny	25 W
Printer	100 W
Projektor	250 W
Smartboard	175 W (stand by 10 W)
Standard pc, bærbar/stationær	30 W
Tablet	10 W

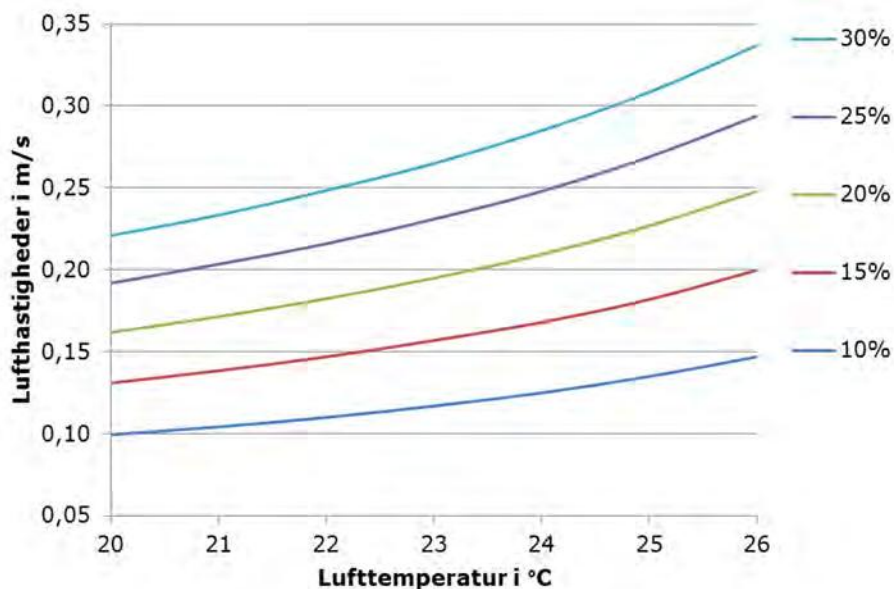
Lufthastigheder og træk

Oplevelsen af træk er afhængig af luftens hastighed, temperatur og turbulensintensitet. Sammenhængen er nærmere beskrevet i bl.a. DS1752.

For de specifikke indblæsningsarmaturer bør producenterne kunne oplyse hvilke strømningsmønstre, der er for armaturerne ved forskellige forhold. Dette vil i de fleste tilfælde være tilstrækkeligt til at kunne bestemme lufthastigheder og lufttemperaturen i opholdszonen og dermed trækrisikoen.

I Figur 4 herunder er trækrisikoen optegnet ved en turbulensintensitet på 40%.

I appendiks C er indsat tabeller til brug for bestemmelse af træk.



Figur 4 Sammenhæng mellem lufttemperatur og lufthastigheder ved trækrisiko på hhv. 10 %, 15 %, 20 %, 25 % og 30 %. Sammenhængene gælder ved en turbulensintensitet på 40 %.

Solafskærmning

Hvis de reelle udsynsklasser ikke er kendte for den konkrete solafskærmning, kan Tabel 29 benyttes til at vurdere udsynsklassen.

Tabel 29 Egenskaber for de almindeligste regulerbare solafskærmninger. Tabellen er baseret på SBI-anvisning 264 tabel 19, med enkelte justeringer⁴ og med tilføjelsen af solafskærmende glas.

Placering	Afskærmningstype	Variant	Udsynsklasse	Vægtning
Udvendig	Persienne, vandrette lameller, grå	Lukket	0	1,00
	Persienne, vandrette lameller, grå	45°	3	0,60
	Persienne, vandrette lameller, grå	0°	4	0,15
	Lamelskodde, flytbar	Faste	1	0,95
	Lamelskodde, flytbar	Drejelige	2	0,80
	Screen, hvid	Åbningsfaktor = 10 %	1	0,95
	Screen, lys	Åbningsfaktor = 5 %	0	1,00
	Screen, mørk	Åbningsfaktor = 3 %	0	1,00
	Screen, grå	Of = 10 %	3	0,60
	Screen, grå-sort	Åbningsfaktor = 10 %	3	0,60
	Screen, grå-sort	Åbningsfaktor = 3 %	0	1,00
	Markise, mørk	Åbningsfaktor = 3 %	3	0,60
	Markise, lys	Åbningsfaktor = 3 %	3	0,60
	Markisolette, mørk	Åbningsfaktor = 3 %	2	0,80
	Markisolette, lys	Åbningsfaktor = 3 %	2	0,80
	Integreret	Integreret persienne, hvid	Lukket	0
Integreret persienne, hvid		45°	2	0,80
Integreret persienne, hvid		0°	3	0,60
Indvendig	Persienne, vandrette lameller, hvid	Lukket	0	1,00
	Persienne, vandrette lameller, hvid	45°	3	0,60
	Persienne, vandrette lameller, hvid	0°	4	0,15
	Screen, hvid	Åbningsfaktor = 3 %	0	1,00
	Screen, mørk	Åbningsfaktor = 3 %	1	0,95
	Gardiner, lyse	(Åbningsfaktor = 0 %)	1	0,95
	Gardiner, mellem	(Åbningsfaktor = 0 %)	1	0,95
	Gardiner, mørke	(Åbningsfaktor = 0 %)	0	1,00
	Glas	Solafskærmende glas	LT < 0,7 ⁵ og LT/g > 1,8	4
Kraftigt solafskærmende glas		LT < 0,4 og LT/g > 1,8	3	0,60

⁴ Efter samråd med forfatteren til SBI-anvisning 264.

⁵ Ved funktionsglas i forhold til lyd, sikkerhed og brand kan benyttes LT for producentens tilsvarende standardrude.

Robusthed

I erhvervsbygninger er opretholdelsen af det termiske indeklima typisk baseret på tekniske løsninger, hvor udvendig afskærmning, mekanisk ventilation, belysning og køling mv. reguleres automatisk efter forudbestemte set-punkter. Afvigelser og usikkerheder er derfor i højere grad baseret på valg af tekniske løsninger og styringskoncept for klimatisering af det enkelte rum. Brugernes indflydelse på usikkerheden vil derfor være begrænset sammenlignet med en bolig.

Følsomme parametre

På baggrund af en følsomhedsanalyse af et generisk kontorudsnit, er der udført en kortlægning af de mest følsomme parametre ved evaluering af termisk komfort med BSim.

Resultaterne af nedenstående tabel kan bruges til en generel faglig vurdering af robustheden i designkonceptet. Rangeringen giver en indikation af parameterens indflydelse på det termiske indeklima, baseret på variationerne fastlagt for den enkelte parameter. Variationerne for de enkelte parametre fremgår af Appendiks B.

Tabel 30. Rangering af parametre i forhold til deres indflydelse på variationer i evalueringen af det termiske indeklima beregnet med BSim for et kontorudsnit. Variationerne for parametrene ses af Appendiks B.

No.	Rangering af parameter	Relativ indflydelse
1	Installeret køleeffekt (W/m ²)	32%
2	Vinduesandel i facade (%)	12%
3	Interne belastninger (W/m ²)	11%
4	Min. luftmængde (l/s m ²)	11%
5	Rudens g-værdi (-)	7%
6	Aktivering solafskærmning (klux)	6%
7	Afskærmningsfaktor (-)	5%
8	Natventilation (l/s m ²)	3%
9	Rumdybde (m)	3%
10	Udhæng over vindue (°)	3%
11	U-værdi facade (W/m ² K)	3%
12	Installeret effekt belysning (W/m ²)	2%
13	Termisk masse (Wh/m ²)	2%

Oplæg for metode til robusthedsanalyse

De interne belastninger fra personer og udstyr er typisk den sværeste parameter at kvalificere 100 %. Det vil derfor være oplagt at vurdere på konsekvensen af at man eksempelvis øger person og udstyrsbelastningen med 30 %, svarende til at man øger antallet af rækker med borde fra facaden fra 2 til 3.

Set-punktet for aktivering af solafskærmningen er en af de mest betydende parametre, og samtidig en af de få, hvor bruger ofte har mulighed for at overstyre. Betydningen af at øge set-punktet for aktivering med 50 % bør derfor vurderes.

Tabel 31. Robusthedsanalyse ved variation af interne belastninger samt ændring i set-punkt for aktivering af solafskærmning.

Parameter	Ændring
Interne belastninger (W/m ²)	+ 30 %
Aktivering solafskærmning (lux)	+ 50 %

Der udføres således to særskilte beregninger, hhv. de interne belastninger forøges og set-punktet for aktivering af solafskærmning forøges. Resultaterne giver bygherren såvel som rådgiveren en indikation af, hvor stor betydning det har, at øge personbelastningen såvel som muligheden for at overstyre den uønskede afskærmning.

Følsomhedsanalyser og robusthedsanalyser er ikke en standardydelse i forbindelse med eftervisning af bygningsreglementets krav.

Indeklimadokumentation (Best practice)

Indeklimarapporten skal dokumentere beregningerne, der er udført over for en række forskellige modtagere, som alle skal tilfredsstilles bedst muligt:

Bygherre

Skal have tryghed for, at indeklimaet bliver, som ønsket i den kommende bygning, og at beregningerne er udført med omhu.

Bygherren har brug for et resumé, med de væsentligste resultater og forudsætninger, samt de mest kritiske forudsætningers betydning. Hvis der er alternativer, der skal vælges imellem præsenteres disse også i resuméet.

Fremstillingen skal være letlæselig og kunne forstås af en person uden teknisk indsigt. Gerne grafisk understøttet.

Desuden er der behov for en overskuelig rapport, der er let at finde rundt i, hvis bygherre vil se nærmere på beregninger for udvalgte rum.

Bygherrerådgiver

Skal kunne sikre sig, at der er regnet på det rigtige, og at der er gjort de rigtige antagelser.

Fremstillingen skal være logisk og overskuelig, og det er vigtigt, at den dækker alle de krav, der er opstillet i byggeprogrammet.

Projekterende VVS-ingeniører

Skal kunne finde hvilke luftmængder, køleeffekter m.m. der skal implementeres i bygningen.

De skal hurtigt og let kunne finde, de oplysninger de skal bruge uden at læse hele rapporten.

Projektlederen

Skal have overblik over hele bygningen og alle de vilkår, der skal være opfyldt for at kunne skabe det gode indeklima.

Rapporteringen skal gerne være logisk og overskuelig. Den bør være opdelt efter de forskellige kategorier, så det ikke er nødvendigt at lede efter tingene.

Idriftsættelsen og driften

Skal vide hvilke set-punkter og tidsintervaller, der skal til for at opretholde et godt indeklima.

Data bør fremstå meget overskueligt og samlet i et skema.

Beregneren selv

Skal kunne finde tilbage til hvilke forudsætninger, der er gjort, hvis der skal regnes på nye alternativer.

Vil desuden have glæde af, at rapporten hjælper til at kvalitetssikre beregningerne ved blandt andet at komme omkring flest mulige input, og særlig de der har størst indflydelse på resultaterne.

Litteraturhenvisninger

Anvisning om Bygningsreglement 2015, SBI-anvisning 258, Hansen, Ernst Jan de Place m.fl. 1. ed. København : SBI forlag, 2016. 438 p.

Bygningers energibehov. SBI-anvisning 213, 3. udgave; Aggerholm, Søren; Sørensen, Karl Grau. København: SBI forlag, 2014. 124 p.

- Herunder beskrivelse af Be15 sommerkomfort, s. 54

BR15, Bekendtgørelse nr. 1028 af 30/06/2016. Bekendtgørelse af offentliggørelse af bygningsreglement 2015 (BR15). København: Trafik og Byggestyrelsen.

Branchevejledning for energiberegninger, Mortensen et al., 2014, InnoBYG, 30 p.

Behovstyret ventilation til enfamiliehuse, DTU 2009, Nielsen, Toke R. m.fl. DTU Byg-Rapport R-212 (DK), 91 p.

DS 490, Dansk standard 2007, Lydklassifikation af boliger, Charlottenlund: Dansk Standard.

DS/EN 14 501 Dansk Standard, 2005. Jalousier og skodder - Termisk og visuel komfort - Bestemmelse af ydeevne og klassifikation. Charlottenlund: Dansk Standard.

DS/CEN/CR 1752. Ventilation i bygninger - Projekteringskriterier for indeklimaet, 2001

DS/EN 15251: Input-parametre til indeklimaet ved design og bestemmelse af bygningers energimæssige ydeevne vedrørende indendørs luftkvalitet, termisk miljø, belysning og akustik, 2007

DS/EN ISO 7730. Ergonomi inden for termisk miljø - Analytisk bestemmelse og fortolkning af termisk komfort ved beregning af PMV- og PPD-indekser og lokale termiske komfortkriterier, 2006

Solafskærmninger. SBI-anvisning 264, 1. udgave; Johnsen, Kjeld. København: SBI forlag, 2016. 117 p.

Ydelsesbeskrivelse for Byggeri og Planlægning 2012, FRI og DANSKE ARK, 37 p.

ECO-design direktivet: http://eur-lex.europa.eu/legal-content/DA/TXT/PDF/?uri=OJ%3AJOL_2014_337_R_0002&from=DA

Appendiks A

Fastlæggelse af naturlig ventilation i boliger

Nedenstående scenarier illustrerer eksempler hvornår der kan regnes med ensidet hhv. tværv ventilation jf. SBI anvisning 213. Se *Ventilation og udluftning* under afsnittet *Design og projektering, Bolig* for uddybende forklaring.

Tabel 32. Eksempler på scenarier for hhv. ensidet og tværv ventilation. Alle arealer for hhv. det kritiske rum og boligen opgøres som brutto arealer. Se nomenklatur for signaturforklaring.

Scenarie	Illustration	Andel effektivt åbningsareal
<p>Ensidet ventilation.</p> <p>Kun åbninger med samme orientering i rummet så vel som hele boligen.</p>		$\frac{\sum A_{Eff,rum}}{A_{rum}}$
<p>Tværv ventilation i rum</p> <p>Minimum 2 åbninger med forskellige orientering inden for det kritiske rum</p>		$MIN \left(\frac{\sum A_{Eff,rum}}{A_{rum}}; \frac{\sum A_{Eff,bolig}}{A_{bolig}} \right)$
<p>Tværv ventilation gennem tilstødende rum.</p> <p>Minimum 2 åbninger med forskellige orientering i bolig. Det mindste af andel af effektivt åbningsareal er dimensionsgivende.</p>		$MIN \left(\frac{\sum A_{Eff,rum}}{A_{rum}}; \frac{\sum A_{Eff,indv.dør}}{A_{rum}}; \frac{\sum A_{Eff,bolig}}{A_{bolig}} \right)$
<p>Ingen åbninger til det fri fra rummet og dermed ingen naturlig ventilation.</p> <p>Uden mulighed for udluftning gælder endvidere et skærpet krav til antallet af timer med overtemperaturer.</p>		

Appendiks B

Følsomhedsanalyse

Af nedenstående tabeller fremgår variationer for parametrene, som er varieret i følsomhedsanalyserne for termisk evaluering med hhv. Be15 sommerkomfort for boliger og BSim for erhverv. Parametrenes værdier er fastsat på baggrund af en faglig vurdering af realistiske variationer.

Tabel 33. Bolig. Variationer for de enkelte parametre anvendt i følsomhedsanalysen.

No	Parameter	Enhed	Discrete values						Min.	Max.
1	Orientering	-	V	SV	S	SØ	Ø			
2	U-værdi ydervæg	W/K (m ²)						0.1	0.3	
3	U-værdi vindue	W/m ² K						0.7	1.1	
4	Vinduets placering i væg	%						0	15	
5	Ventilation, dag	l/s m ²						0.9	6	
6	Ventilation, nat	l/s m ²						0,3	1	
7	Ventilation, vinter	l/s m ²						0,3	1	
8	Glasandel i forhold til gulv	%						10	50	
9	Rudens g-værdi	-	0.23	0.3	0.35	0.42	0.53	0.62		
10	Bygningens varmekapacitet	Wh/K m ²	60	80	100	120	140			
11	Fc, Afskærmningsfaktor	-						0.1	1	
12	Udhæng over vindue	°						0	60	
13	Horisontskygge	°						0	40	
14	Sidefremspring, venstre	°						0	90	
15	Sidefremspring, højre	°						0	90	

Tabel 34. Erhverv. Variationer for de enkelte parametre anvendt i følsomhedsanalysen

No	Parameter	Enhed	Discrete values						Min.	Max.
1	Installeret køleeffekt	W/m ²	0	20	40	60				
2	Vinduesandel i facade	%						30	90	
3	Interne belastninger	W/m						5	35	
4	Min. luftmængde	l/s m ²						0.5	2	
5	Rudens g-værdi	-	0.23	0.30	0.35	0.42	0.53	0.62		
6	Aktivering solafskærmning	klux	25	35	45	55	100			
7	Afskærmningsfaktor	-						0.1	1	
8	Natventilation	l/s m ²						0.5	4	
9	Rumdybde	m						4	8	
10	Udhæng over vindue	°						0	60	
11	U-værdi facade	W/m ² K	0.12	0.14	0.16	0.18	0.20			
12	Installeret effekt belysning	W/m ²	2	4	6	8				
13	Termisk masse	Wh/m ²	60	140						

Appendiks C

Træk

I Tabel 35 kan den tilhørende lufthastighed aflæses for forskellige værdier af lufttemperatur og trækrisiko.

I Tabel 36 kan trækrisikoen aflæses ved forskellige lufttemperaturer og lufthastigheder. Begge tabeller er baseret på en turbulensintensitet på 40%.

Tabel 35 Sammenhørende værdier for temperaturer og lufthastigheder ved forskellige værdier af trækrisikorate. Tallene er gældende ved en turbulens intensitet på 40 %.

Lufttemperatur	Trækrisiko				
	10 %	15 %	20 %	25 %	30 %
20 °C	0,10 m/s	0,13 m/s	0,16 m/s	0,19 m/s	0,22 m/s
21 °C	0,10 m/s	0,14 m/s	0,17 m/s	0,20 m/s	0,23 m/s
22 °C	0,11 m/s	0,15 m/s	0,18 m/s	0,22 m/s	0,25 m/s
23 °C	0,12 m/s	0,16 m/s	0,20 m/s	0,23 m/s	0,27 m/s
24 °C	0,13 m/s	0,17 m/s	0,21 m/s	0,25 m/s	0,29 m/s
25 °C	0,14 m/s	0,18 m/s	0,23 m/s	0,27 m/s	0,31 m/s
26 °C	0,15 m/s	0,20 m/s	0,25 m/s	0,29 m/s	0,34 m/s

Tabel 36 Trækrisiko ved forskellige værdier for temperaturer og lufthastigheder. Tallene er gældende ved en turbulens intensitet på 40 %.

Lufttemperatur	Lufthastighed				
	0,05 m/s	0,10 m/s	0,15 m/s	0,20 m/s	0,25 m/s
20 °C	0 %	10 %	18 %	26 %	35 %
21 °C	0 %	9 %	17 %	24 %	33 %
22 °C	0 %	9 %	15 %	23 %	30 %
23 °C	0 %	8 %	14 %	21 %	28 %
24 °C	0 %	7 %	13 %	19 %	25 %
25 °C	0 %	6 %	12 %	17 %	23 %
26 °C	0 %	6 %	10 %	15 %	20 %



OM BRANCHEVEJLEDNINGEN

Denne branchevejledning for indeklimatekninger skal sikre ensartethed i branchen i forhold til, hvordan der regnes på indeklimatekninger.

Branchevejledningen sigter mod at anviser metoder til beregning og kravspecifikation af indeklimatekninger afhængigt af bygningstypen. Der skelnes derfor mellem boliger og erhverv. Herudover giver Branchevejledningen en kort indføring i definitioner og begreber i forhold til projekteringspraksis for indeklimatekninger.



Uddannelses- og
Forskningsministeriet

Baggrundsanalyser

Indhold

Atmosfærisk indeklima i boliger.....	3
Sæsonopdeling af vejrdataåret	3
Solafskærmning.....	7
Varmeafgivelse fra personer	10

Atmosfærisk indeklima i boliger

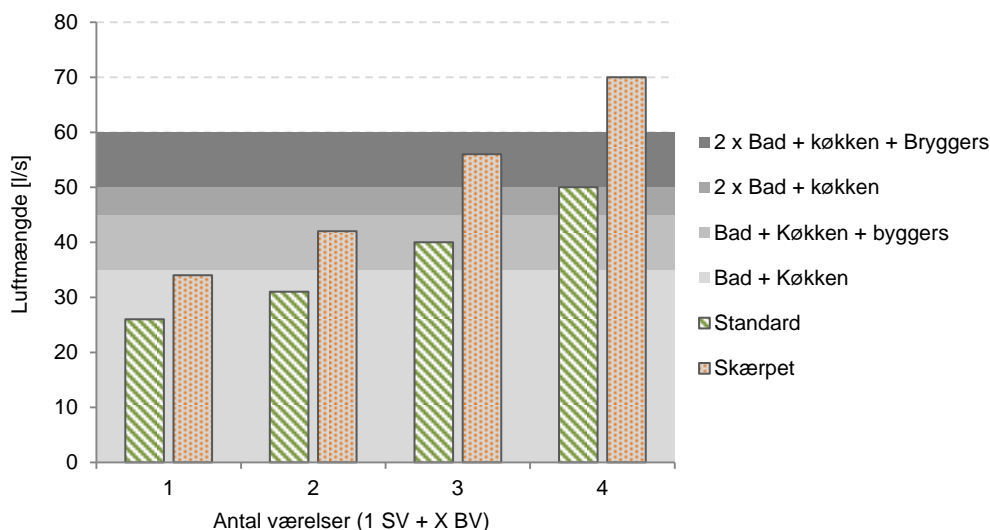
Atmosfærisk indeklima

Af nedenstående figur er kravene til udelufttilførsel for kategorierne "standard" og "skærpet" sammenholdt med bygningsreglementets krav til udsugning. Kravet gælder boligens opholdsrum.

Der er opstillet 4 boligscenarier med kombinationer af køkken, bad og bryggers. Kravene skal desuden sammenholdes med bygningsreglementets krav om, at der i beboelsesrum såvel som boligen totalt skal være en udelufttilførsel på mindst 0,3 l/s pr. m² opvarmet etageareal.

Et typisk børneværelse kan normalt antages at være ca. 12 m² (~14 m² brutto) svarende til, at der iht. BR15 som minimum skal tilføres 14 m² x 0,3 l/s pr. m² = 4,2 l/s. I figuren er SV = soveværelse og BV = børneværelse.

Summen af udelufttilførslen i de øvrige opholdsrum, herunder køkken-alrum mv., bør svare til summen af udelufttilførslen i værelserne eller minimum 16 l/s for standard og 20 l/s skærpet.



Figur 1. Bygningsreglementets krav til etablering af mekanisk ventilation sammenholdt med kravsspecifikationer i henhold til branchevejledning for indeklimategninger. SV = Soveværelse, BV = børneværelse (værelse)

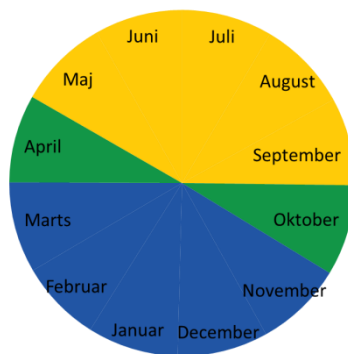
Eksempel 1. 2-værelses lejlighed 80 m²

En lejlighed er indrettet med ét soveværelse, ét børneværelse, ét badeværelse og ét køkken-alrum. Der skal som minimum etableres 10 l/s i soveværelset, 5 l/s i børneværelset og 16 l/s i køkken-alrummet, svarende til 31 l/s i alt. Minimumskrav til udsugning fra køkken på 20 l/s og 15 l/s fra baderum vil være dimensionsgivende for den pågældende lejlighed.

Sæsonopdeling af vejrdataåret

Kravspecifikationerne er opdelt i tre perioder. Dette er gjort for, at brugerne af bygningen kan opnå optimale temperaturniveauer, og da beklædningsniveauet er lavere om sommeren end om vinteren, accepteres højere temperaturer om sommeren end om vinteren. Samtidig er personer mere følsomme overfor lave temperaturer om sommeren.

Vinterperioden løber fra november til marts. Sommerperioden løber fra maj til september. April og oktober anses for overgangsperioder, hvor et større temperaturspænd tillades.

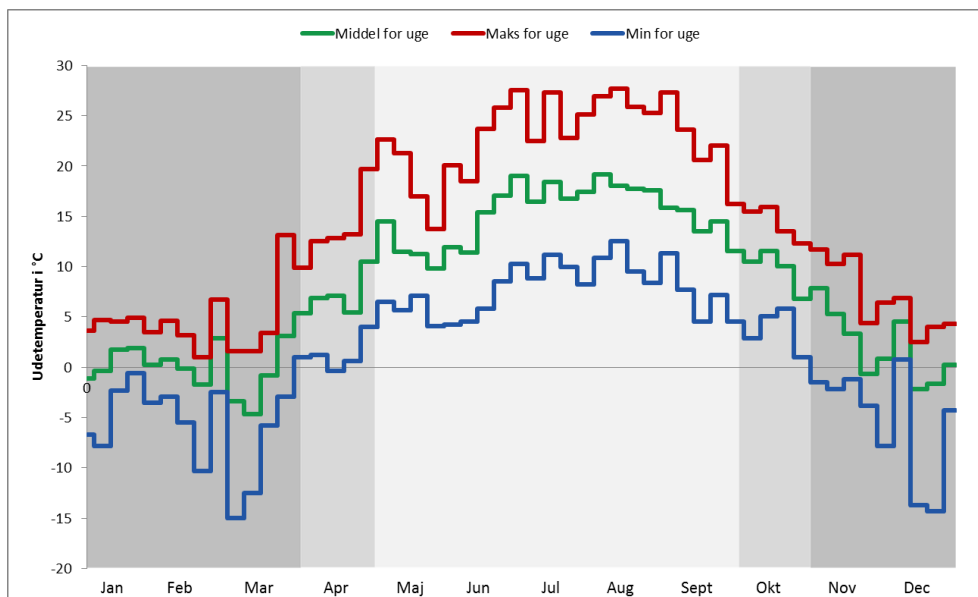


Perioderne er fastlagt i forhold til udetemperaturer og solindfald i DRY2013. Som det ses af kurverne herunder forekommer de højeste temperaturer i juli-august, mens det største solindfald på en lodret flade forekommer i juni-juli måned. Ved at indføre overgangsperioder, hvor der tillades et større temperaturspænd, tages der højde for de kolde og varme perioder, der kan forekomme i foråret og efteråret.

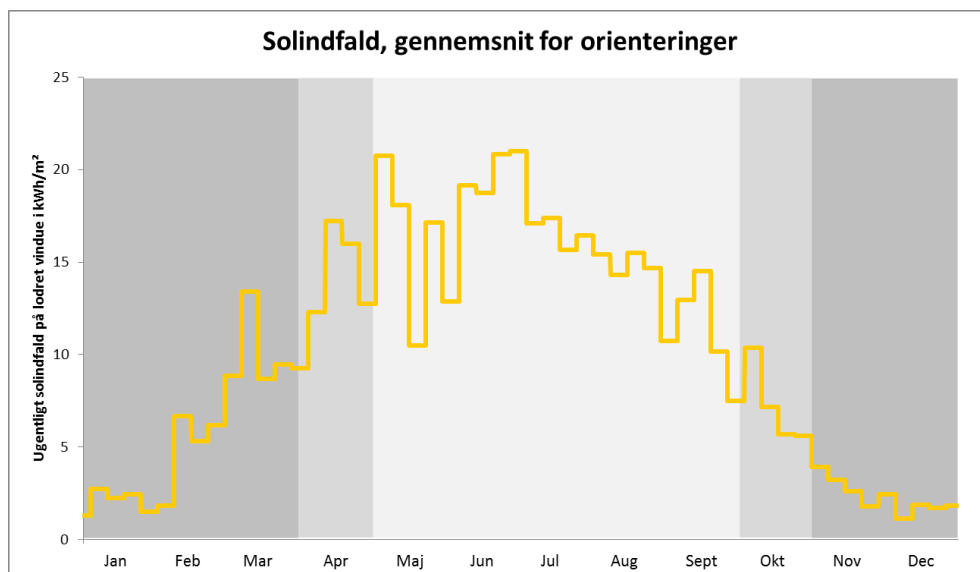
Det er valgt at lade udetemperaturen vægte højere end solindfaldet, ved fastlæggelsen af perioderne, fordi udetemperaturen vurderes at have størst indflydelse på beklædningsniveauet for personer i bygningen.

Herunder er vejrdataene i DRY2013 optegnet på ugeniveau.

Bilag 1, Baggrundsanalyser

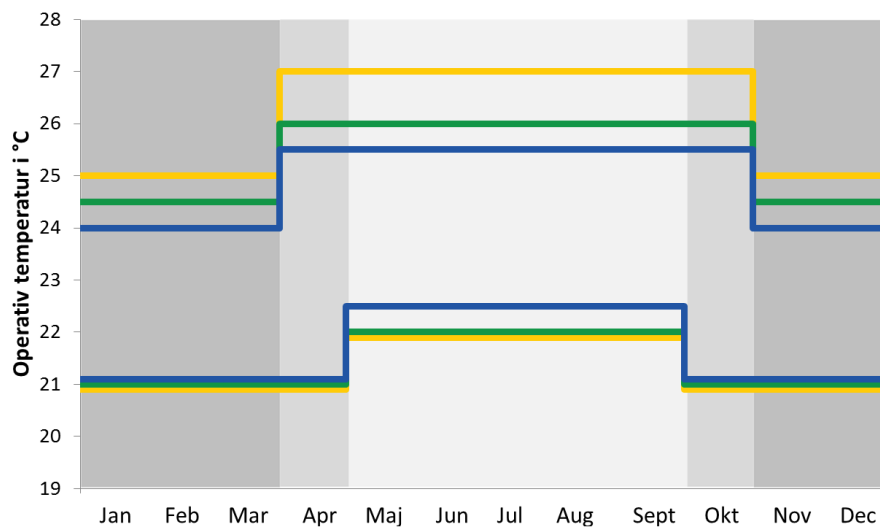


Figur 2 Udetemperaturen i DRY2013 optegnet på ugebasis. Juli og august er varmest. Det ses at temperaturen stemmer godt med valget af sommer- og vinterperioder.



Figur 3 Solindfaldet på en lodret flade i DRY-året. Indfaldet er summeret for hver uge og viser et gennemsnit for orientering mod nord, syd, øst og vest. Solindfaldet ligger ca. 1 måned forskudt i forhold til udetemperaturen, derfor er april en overgangsperiode.

Bilag 1, Baggrundsanalyser



Figur 4 Illustration af krav til operativ temperatur for årets måneder. Gul er for indeklimaklasse "minimum", grøn er for "standard" og blå er for "ambitiøs". De øverste viser krav til maksimumstemperatur og de nederste kravene til minimumstemperatur.

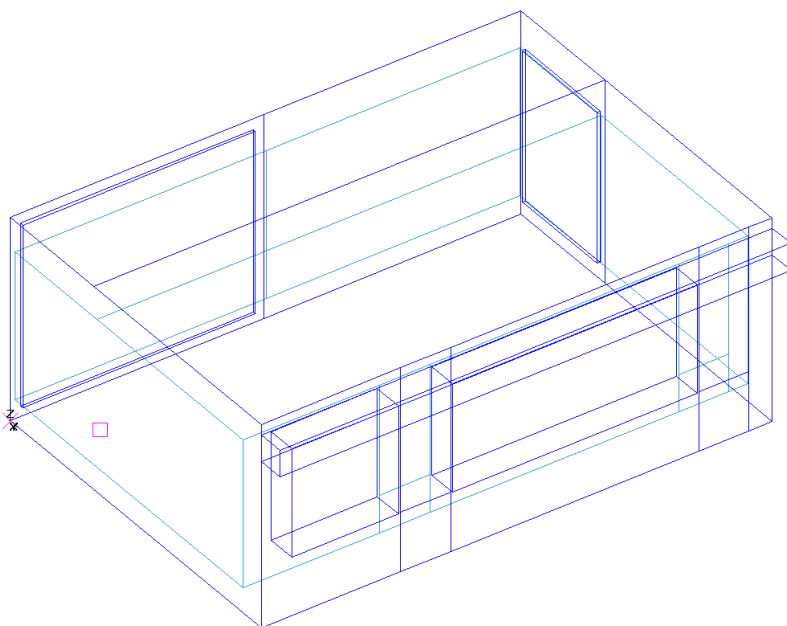
Solafskærmning

Betydning af afskærmning

Der er udført en række simuleringer af solafskærmningens betydning for et repræsentativt udsnit af et storrumskontor med varierende orienteringer. Varierende setpunkter for aktivering af solafskærmningen er sammenholdt med antallet af aktive timer inden for brugstiden og betydningen for antallet af timer med overtemperaturer.

Øvrige parametre for opretholdelse af det termiske indeklime er fastholdt. Derfor afspejler variationerne i afskærmningens setpunkt ikke reelle løsninger men en vurdering af afskærmningens betydning for den termiske komfort og udsyn til omgivelser. Resultaterne giver dog en indikation af hvornår det vil have en kritisk betydning for øvrige parametre som glasareal, g-værdi, ventilation og køling.

Evalueringerne er baseret på en brugstid fra 07-17, mandag til fredag alle årets uger.

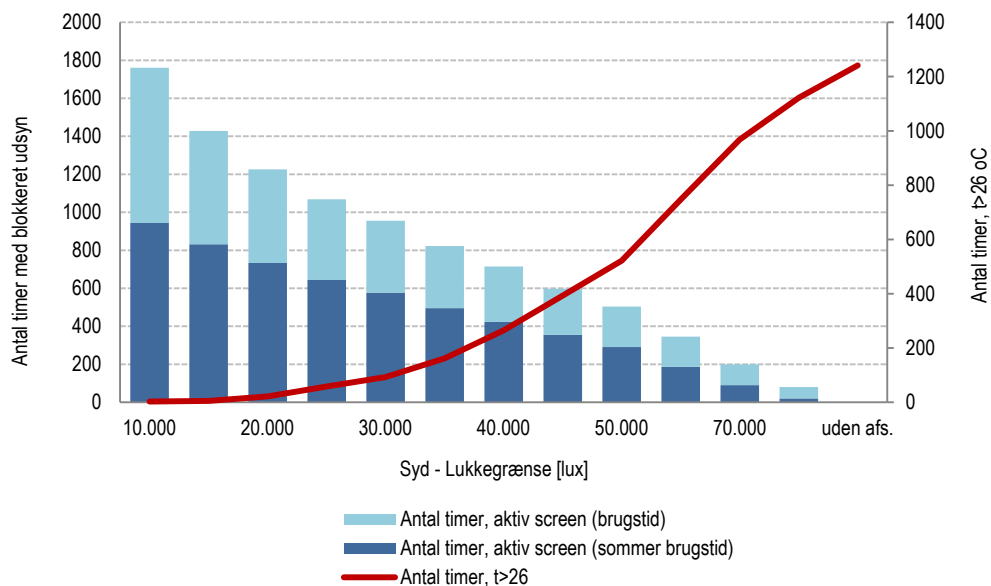


Figur 5. Beregningsmodel for udførte analyser.

Kontorudsnittet er ca. 64 m^2 , har en frihøjde på ca. 2,8 m, en rumdybde på ca. 6,5 m inkl. ganglinjer og en vinduesandel i facaden på ca. 40 %. Der er forudsat en standard 3-lags rude med en g-værdi på 0,54.

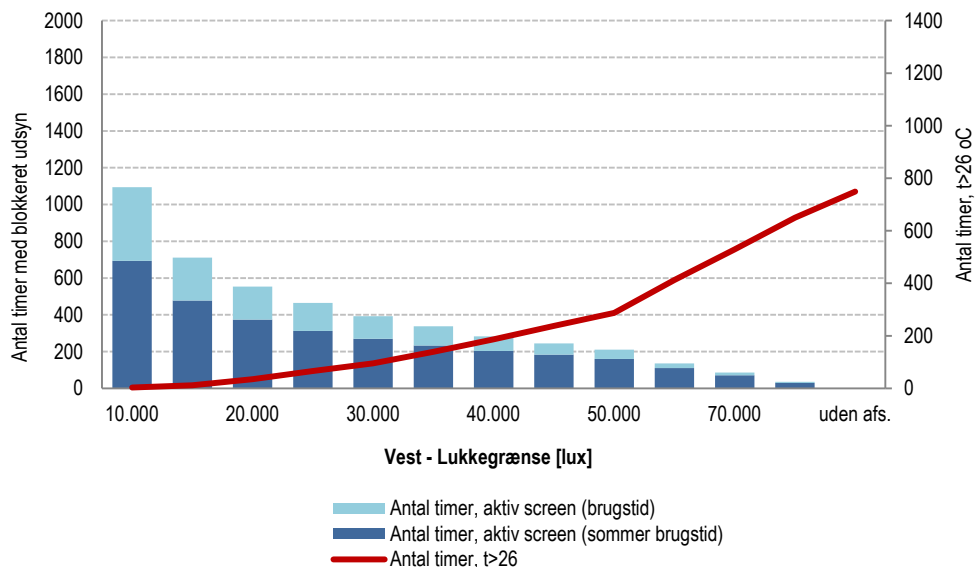
Bilag 1, Baggrundsanalyser

Afskærmning mod syd



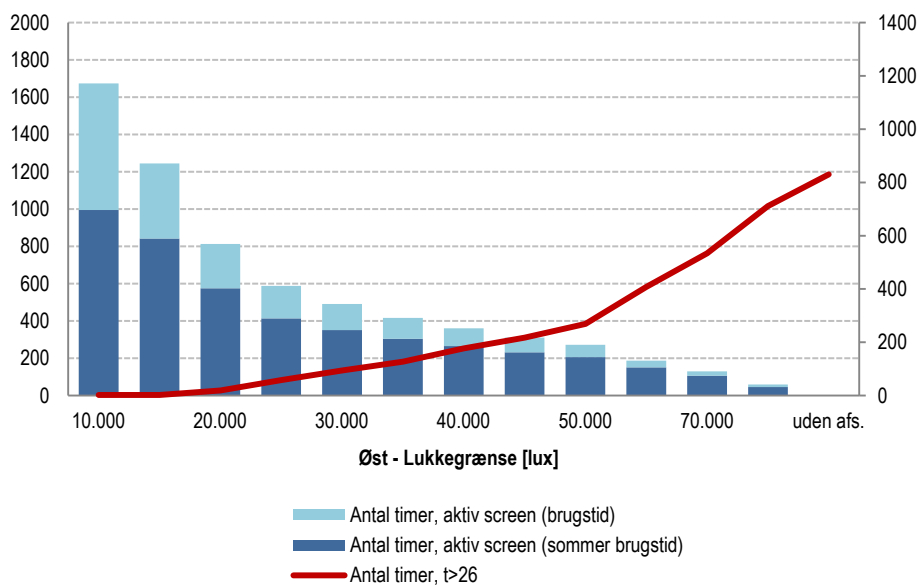
Figur 6. Lukkegrænse for afskærmning sammenholdt med antallet af timer hvor afskærmningen er aktiv og betydningen for antallet af timer med overtemperatur mod syd

Afskærmning mod vest



Figur 7. Lukkegrænse for afskærmning sammenholdt med antallet af timer hvor afskærmningen er aktiv og betydningen for antallet af timer med overtemperatur mod vest

Afskærmning mod øst



Figur 8_Lukkegrænse for afskærmning sammenholdt med antallet af timer hvor afskærmningen er aktiv og betydningen for antallet af timer med overtemperatur mod øst

Varmeafgivelse fra personer

Personer kan som udgangspunkt regnes at have et aktivitetsniveau på 1,2 met i de fleste indeklimasimuleringer. 1,2 met svarer til almindeligt kontorarbejde og vil også være dækkende for skoler.

Varmeafgivelsen ved fysisk aktivitet er 58,15 W per m² hudareal pr. met. Et aktivitetsniveau på 1,2 met svarer således til 69,8 W pr m² hudareal.

En dansk mand på 20 år er i gennemsnit 1,81 m høj og vejer 74,5 kg, mens en 20-årig kvinde i gennemsnit er 1,70 m høj og vejer 67,3 kg.¹

Dette svarer til hudarealer på henholdsvis 1,94 m² og 1,77 m² for mænd og kvinder.

For en mand vil et aktivitetsniveau på 1,2 met resultere i en varmeafgivelse på 135 W, hvor af cirka 30 - 40% afgives som fugt. De resterende 60 - 70% vil blive afgivet som tør varme, der medvirker til at opvarme rummet. Dette bidrag bliver dermed 81 - 95 W per mand, og derfor benyttes 100 W i beregninger.

En kvinde afgiver 91% varme i forhold til en mand, men dette tages der normalt ikke hensyn til. Børn afgiver mindre varme end voksne.

På kurven i Figur 9 er varmeafgivelsen for børn optegnet i forhold til en 20-årig mand. Tallene er beregnet ud fra højde- og vægttal for børn fra Danske vækstkurver 2014² som indeholder data fra de foregående cirka 20 år.

Ud fra kurven i Figur 9 afgiver børnehæbørn 45% af varmeafgivelsen for en voksen. Børnehæbørn kan regnes at have et aktivitetsniveau på 1,6 met, hvilket giver en varmeafgivelse fra børn på 60 W.

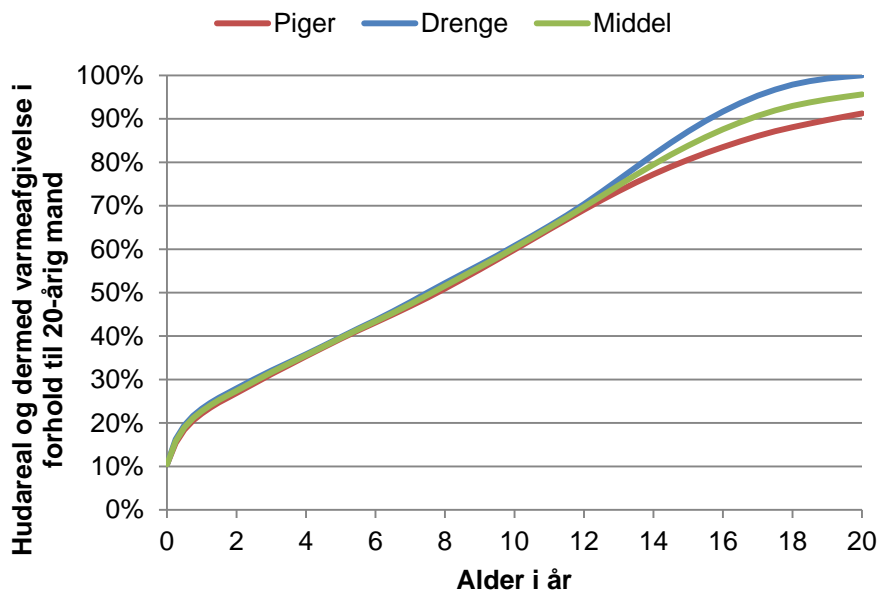
For skolebørn må varmeafgivelsen baseres på en 16-årig dreng, da alle klasselokaler skal kunne rumme en 9. klasse, hvilket svarer til en varmeafgivelse på 92% af en 20-årig mand. Da forskellen trods alt er lille, vælges det ikke at tage hensyn til dette, og i stedet benytte samme varmeafgivelse som for voksne i skoler.

Ved beregning af atmosfærisk indeklima, regnes der med en CO₂-produktion pr. person på 17 L/h pr. met, dvs. 20,4 L/h ved et aktivitetsniveau på 1,2 met. Der kan regnes med samme reduktion for børnehæbørn som for varmeafgivelse, dvs. 45%.

¹ www.vækstkurver.dk

² www.vækstkurver.dk

Bilag 1, Baggrundsanalyser



Figur 9 Varmeafgivelsen fra børn sammenlignet med en 20-årig dreng. Kurverne er baseret på højde og vægt fra danske vækstkurver 2014 fra vækstkurver.dk.

Indeklimaberegninger

Resultater og dokumentation

Lindholm Søpark



Indhold

Resumé og konklusion	3
Beregningsgrundlaget	4
Krav og ønsker til indeklimaet.....	4
Evalueringsmetode	4
Generelle forudsætninger	5
Kritiske rum	6
Resultater	7
Boligtype C, Køkken/alrum	7
Boligtype C, Børneværelse	8
Boligtype D, Køkken-alrum	9
Boligtype D, Soveværelse	10
Appendiks.....	11
Boligtype C.....	11
Boligtype D.....	13
Oversigt over vinduer og døre	15

Udarbejdet af: Hanne Hansen, indeklimarådgiver
Kontrolleret af: Ole Olesen, fagansvarlig for indeklima
Godkendt af: Søren Sørensen, projektleder

Illustrationer og plantegninger: Arkitektfirmaet Kjaer & Richter A/S

Resumé og konklusion

[Konklusionen er målrettet bygherre og giver en kort introduktion til, hvad der er regnet på, og hvad resultatet er]

Der er udført termisk evaluering af de kritiske og typiske opholdsrum for boligerne i Lindholm Søpark. Formålet med rapporten er at dokumentere at indeklimaet svarer til kravsspecifikationerne. Evalueringerne har endvidere haft til formål at sikre robustheden og fastlægge nødvendige åbningsarealer for effektiv udluftning i boligerne.

Evalueringerne viser at opholdsrumene i de kritiske boliger overholder kravene til termisk komfort jf. byggeprogrammet såvel som Bygningsreglementet. Resultaterne er baseret på at man i varme perioder sørger for en mindre udluftning om natten.

Der er udført en særskilt beregning for at vurdere betydning af udluftning om natten. Generelt viser resultaterne at antallet af timer med overtemperaturer stiger betragteligt, når der ikke udluftes om natten. Kun for et enkelt rum vurderes overskridelsen af kravet dog at være kritisk. Da boligerne er placeret i et roligt område uden trafikstøj og åbningsarealer generelt er placeret uden mulighed for uvelkommen adgang udefra, vurderes det som en rimelig betragtning at der luftes ud om natten i varme perioder.

[Hvad kan beregningen vise, og hvad kan den ikke vise?]

Beregningerne følger de standardiserede betingelser for termisk evaluering i boliger jf. SBI anvisning 213. Resultaterne for den termiske evaluering kan derfor ikke sidestilles med den specifikke brug af boligen, men er derimod et udtryk for at der i designet er taget højde for muligheden for effektiv udluftning og en begrænsning af varmetilskud gennem vinduer mv.

[Hvad er undersøgt i denne beregning?]

Der er udført beregninger med SBI's beregningsprogram Be15 Sommerkomfort på 4 kritiske opholdsrum fordelt på 2 boligtyper. De udvalgte boligtyper repræsenterer ca. 65 % af boligerne og er på baggrund af glasandel og effektivt åbningsareal vurderet til at være de mest kritiske.

[Hvad bliver præsenteret i rapporten?]

Rapporten præsenterer først de opstillede ønsker til indeklimaet og efterfølgende beregningsgrundlaget for de udførte beregninger. De vigtigste forudsætninger med tilhørende resultater præsenteres for det enkelte rum, hvor dokumentationen for fastlæggelse af luftmængder samt plantegning med placering af bolig og kritiske rum fremgår af de tilhørende appendiks. En betragtning af forudsætninger for indeklimateberegninger er afgørende for at opnå robuste resultater som grundlag for den videre projektering.

Beregningsgrundlaget

Krav og ønsker til indeklimaet

Jf. byggeprogrammet skal indeklimaet som minimum opfylde kravene for kategorien "Standard" i henhold til 'Branchevejledning for indeklimaberegninger'. Kravet er i overensstemmelse med bygningsreglementet 2015 og opsummeres nedenfor.

Tabel 1. Indeklimakategorien 'standard' jf. Branchevejledning for Indeklimaberegninger for boliger.

<i>Indeklima kategori</i>	Standard
<i>Temperatur sommer, tolerance</i>	100 timer > 27 °C 25 timer > 28 °C
<i>Temperatur vinter, tolerance</i>	-
Min. friskluftstilførelse pr. person.	5 l/s pr. person
<i>Draught rate</i>	≤ 20 %

Bygninger skal opføres, så der under den tilsigtede brug af bygningerne i de rum, hvor personer opholder sig i længere tid, kan opretholdes et sundhedsmæssigt tilfredsstillende termisk indeklima under hensyn til den menneskelige aktivitet i rummene.

Kravet til luftkvaliteten fastlægges ud fra indretningen af opholdsrummene. Børneværelser antages indrettet med én seng og svarer således til én person og soveværelser antages indrettet med én dobbeltseng svarende til to personer.

Risikoen for træk vurderes alene på baggrund af de dimensionerende luftmængder fra den mekaniske ventilation og gælder således ikke ved udluftning gennem vinduer.

Evalueringsmetode

Det termiske indeklima er evalueret med SBI Sommerkomfort, Be15, version 8.17.1.17 efter SBI anvisning 213 og Branchevejledning for indeklima. Beregninger er udført på basis af reference vejrdatar DRYS_2013_Be15.

Generelle forudsætninger

I det følgende opsummeres de generelle forudsætninger for den termiske evaluering. Rumspecifikke betingelser og forudsætninger angives under beregningerne for det enkelte rum.

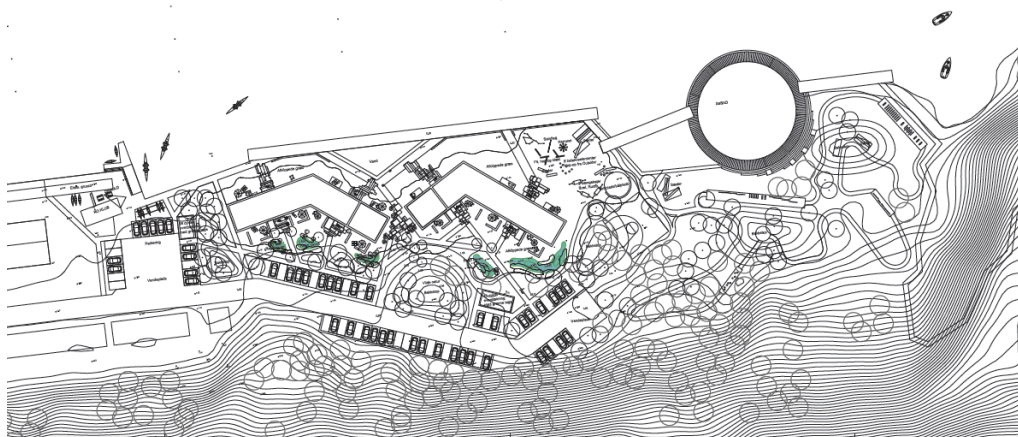
- Beregninger er udført på baggrund af tegningsmateriale fra Arkitekten dateret d. 09.09.2017.
- I henhold til branchevejledningen er der medregnet skygger fra eksisterende bygninger og byggeprojekter som er igangsat. Der er medregnet skygger fra overliggende altaner, hvor disse har en udbredelse på mere end en 1 m på hver side af vinduet.
- Vinduer og døre er indtastet med de reelle værdier for glasandel (F_f), U-værdier (U_w) og g-værdier (g) er oplyst fra leverandøren. Der er generelt anvendt en rude med en g-værdi på 0,41.
- Boligerne er udført med blotlagt etagedæk i beton, sandwichelementer med bagmur i beton samt trægulv på beton. Varmekapaciteten er fastlagt til 120 Wh/K m^2
- Der er medregnet en indvendig afskærmningsfaktor (F_c) på 0,80, svarende til et gardin eller persienner. Der er ikke medregnet afskærmning for vinduer med opluk.
- Korrektionsfaktorer for det effektive åbningsreal i forhold til åbningsarealet i karmen er i henhold til *Branchevejledning for indeklimaberegninger* fastlagt til følgende:
 - *Tophængte vinduer 0,40*
 - *Sidehængte vinduer 0,60*
 - *Døre generelt 0,60*
- Alle opholdsrum i boligerne har mulighed for udluftning gennem vinduer og døre i facaden. Der er endvidere mulighed for at opnå tværv ventilation gennem tilstødende rum. Muligheden for naturlig ventilation ved udluftning er dokumenteret for det enkelte rum.
- Om natten regnes med en reduceret udluftning gennem åbning af vinduer og døre på $0,6 \text{ l/s pr. m}^2$.
- Luftmængder for mekanisk ventilation i det enkelte opholdsrum er fastlagt ud fra projekt materialet. Da alle anlæg er udført med fugtstyring, korrigeres de dimensionerende luftmængder svarende til en basisventilation i hele boligen på $0,30 \text{ l/s pr. m}^2$. Se appendiks for uddybning.

Kritiske rum

De kritiske rum er valgt ud fra en vurdering af skyggeforhold, orientering og glasandel. De to blokke består af i alt 42 lejligheder fordelt på 4 forskellige lejlighedstyper. De to boligblokke er orienteret mod nord/syd og ligger ved foden af en bakke som skaber en generel horisontvinkel på 20-30 ° mod syd. Der er ingen nævneværdige skygger mod de øvrige orienteringer.

For facaderne mod syd gælder, at der generelt for glasfacaderne er udført overliggende altaner. Da der ikke er nogen skyggende udhæng fra altaner og en begrænset horisontskygge mod syd for lejlighederne på 6. sal, antages disse at være de mest kritiske. Alle 4 lejlighedstyper er repræsenteret på 6. sal.

Af nedenstående situationsplan ses boligblokkenes orientering samt det skrående terræn mod syd.



Figur 1 – Oversigtsplan som viser de to boligblokkes placering i landskabet.

Der er udvalgt 4 kritiske rum for to forskellige boligtyper. De kritiske rum er udvalgt på baggrund af en overordnet vurdering af glasandel, orientering og mulighed for effektiv udluftning ved tværvæntilering. De udvalgte rum antages at repræsentere de mest kritiske rum, og kan dermed sikre et tilfredsstillende niveau for de øvrige.

Tabel 1. Opholdsrum udvalgt til termisk evaluering

Rumtype	Boligtype A	Boligtype B	Boligtype C	Boligtype D
Køkken/alrum			X	X
Børneværelse/værelse				X
Soveværelse			X	

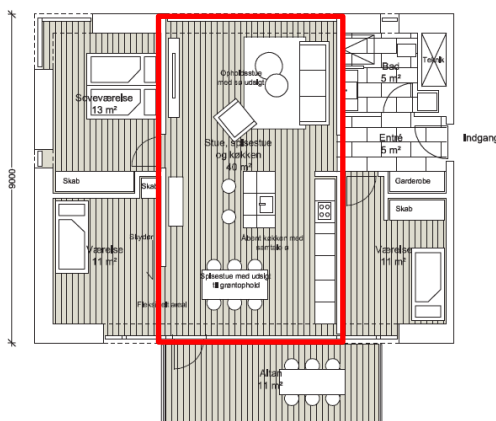
Resultater

Boligtype C, Køkken/alrum

Luftmængder

Luftmængderne anvendt i den termiske evaluering er opsummeret af nedenstående tabel og fastlagt i henhold SBI-anvisning 213. Af Tabel 6 i appendiks fremgår dokumentationen for de anvendte luftmængder.

Køkken/alrummet har åbninger i to modsat rettede facader og har derfor mulighed for tværventilation.



Tabel 2. Opsummering af luftmængder for anvendelse i SBI sommerkomfort

	Naturlig l/s pr. m ²	Mekanisk l/s pr. m ²	Samlet l/s pr. m ²
Vinter	-	0,32	0,32
Sommer, dag	3,83	0,32	4,14
Sommer, nat	0,6	0,32	0,92

Resultater

Resultaterne for den termiske evaluering er opsummeret i Tabel 3.

Tabel 3. Antallet af timer med overtemperaturer med og uden natventilation

Antal timer med overtemperatur	> 27 °C	> 28 °C	Krav opfyldt
<i>Krav iht. Byggeprogram / BR15</i>	100	25	
<i>Køkken/alrum m. natventilation</i>	58	10	Ja
<i>Køkken/alrum u. natventilation</i>	108	30	

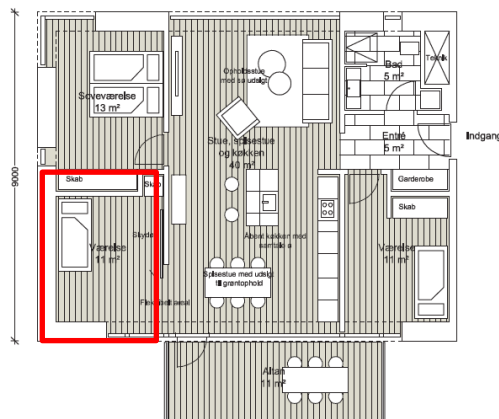
Antallet af timer med overtemperatur ligger inden for kravet i bygningsreglementet når der medregnes en reduceret udluftning om natten i varme perioder. Der er udført en særskilt beregning for at vurdere betydningen af udluftning i nattetimerne. Resultaterne viser at udluftning om natten i varme perioder har en relativ stor, men ikke kritisk betydning for den termiske evaluering.

Af Tabel 7 i appendiks, fremgår det endvidere at kravet til det atmosfæriske indeklima for de enkelte opholdsrum er overholdt.

Boligtype C, Børneværelse

De anvendte luftmængder i den termiske evaluering er opsummeret i nedenstående tabel og fastlagt i henhold SBI-anvisning 213. Af Tabel 6 i appendiks fremgår dokumentationen for de anvendte luftmængder.

Værelset har kun åbninger i en facade og opnår tværvæntilation gennem tilstødende rum.



Tabel 4. Opsummering af luftmængder for anvendelse i SBI sommerkomfort. Beregninger af luftmængder fremgår af appendiks.

	Naturlig l/s pr. m2	Mekanisk l/s pr. m2	Samlet l/s pr. m2
Vinter	-	0,39	0,39
Sommer, dag	2,70	0,39	3,09
Natventilation	0,60	0,39	0,99

Resultater

Resultaterne for den termiske evaluering er opsummeret af nedenstående tabel.

Tabel 5. Antallet af timer med overtemperaturer med og uden natventilation

Antal timer med overtemperatur	> 27 °C	> 28 °C	Krav opfyldt
<i>Krav iht. Byggeprogram / BR15</i>	100	25	
<i>Køkken/alrum m. natventilation</i>	75	20	Ja
<i>Køkken/alrum u. natventilation</i>	155	45	

Antallet af timer med overtemperatur ligger inden for kravet i bygningsreglementet.

Der er udført en særskilt beregning for at vurdere betydningen af natventilationen. Resultaterne viser at udluftning om natten i varme perioder kan have betydning for den termiske evaluering. Da boligerne ikke er placeret i områder med trafikstøj, anses det som værende realistisk, at beboerne i varme perioder vil lufte ud om natten.

Af Tabel 7 i appendiks fremgår det, at kravet til det atmosfæriske indeklima for de enkelte opholdsrum er overholdt.

Bilag 2, Best practice indeklimarapport, bolig

Boligtype D, Køkken-alrum

Udføres efter samme princip som de første to eksempler.

Bilag 2, Best practice indeklimarapport, bolig

Boligtype D, Soveværelse

Udføres efter samme princip som de første to eksempler.

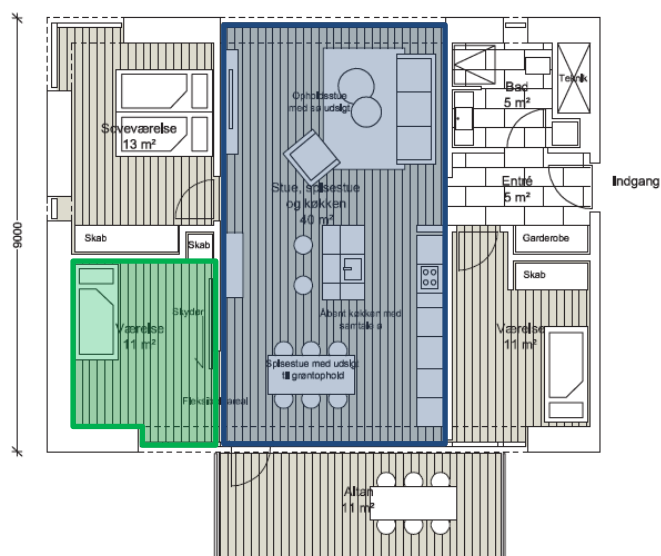
Appendiks

Boligtype C

Kritiske rum

Af nedenstående figurer er boligtype C illustreret og de kritiske rum udvalgt til termisk evaluering er markereret.

Figur 2. Planudsnit af 6. sal.



Figur 3. Boligtype C. 4 vær - 90 m² brutto. Der er i alt 17 lejligheder af samme type. Rum udvalgt til termisk evaluering er markeret med farver.

Bilag 2, Best practice indeklimarapport, bolig

Luftmængder

Tabel 6. Fastlæggelse af andelen af effektive åbningsarealer for de to kritiske rum i boligtype C. Køkken/alrum har åbninger to modstående facader og kan derfor opnå udluftning ved tværventilation.

	Antal	Åbningsareal indvendig karm	Korrektions- faktor	Effektivt åbningsareal	Aeff/Agulv	Naturlig ventilation
		m ²		m ²	%	l/s pr. m ²
Boligen (90 m ²)				4,05	4,5	2,70
- Vinduestype, W1	3	1,25	0,60			
- Vinduestype, W2	1	1,25	0,60			
- Vinduestype, W3	1	1,75	0,60			
Køkken/alrum (40 m ²)				2,55	6,3	3,83
- Vinduestype, W1	1	1,25	0,60			
- Vinduestype, W2	1	1,25	0,60			
- Vinduestype, W3	1	1,75	0,60			
Værelse (11 m ²)				0,75	6,8	4,09
- Vinduestype, W1	1	1,25	0,60			
Døre tilstødende rum				1,14	10,3	6,22
- Dørtype, D1_indv.	1	1,90	0,60			

Tabel 7. Korrektion af dimensionerende luftmængder for mekanisk ventilation for boligtype C. Det ses at kravene til minimumsluftmængder er overholdt for det enkelte opholdsrum.

Parameter	Bolig, samlet	Soveværelse	Værelse A	Køkken/alrum
Areal	90 m ²	15 m ²	10 m ²	40 m ²
Dimensionerende luft	42 l/s (0,46 l/s pr. m ²)	10 l/s	6 l/s	20 l/s
Basis luftmængde	30 l/s (0,30 l/s pr. m ²)			
Korrektionsfaktor	0,65			
Korrigeret luftmængde		6,5 l/s (0,43 l/s pr. m ²)	3,9 l/s (0,39 l/s pr. m ²)	13,0 l/s (0,32 l/s pr. m ²)

Boligtype D

Kritiske rum

Af nedenstående figurer er boligtype D illustreret og de kritiske rum udvalgt til termisk evaluering er markeret. Sovneværelset er orienteret nordøst, hvor køkken/alrummet primært har glasfacader mod sydvest og nordvest.



Figur 4. Planudsnit af 6. sal.



Figur 5. Boligtype D. 4 vær - 95 m² brutto. Der er i alt 10 lejligheder af samme type. Rum udvalgt til termisk evaluering er markeret med farver.

Bilag 2, Best practice indeklimarapport, bolig

Luftmængder

Tabel 8. Fastlæggelse af andelen af effektivt åbningsareal for de kritiske rum i boligtype D. Køkken/alrum har åbninger to modstående facader og kan derfor opnå udluftning ved tværv ventilation.

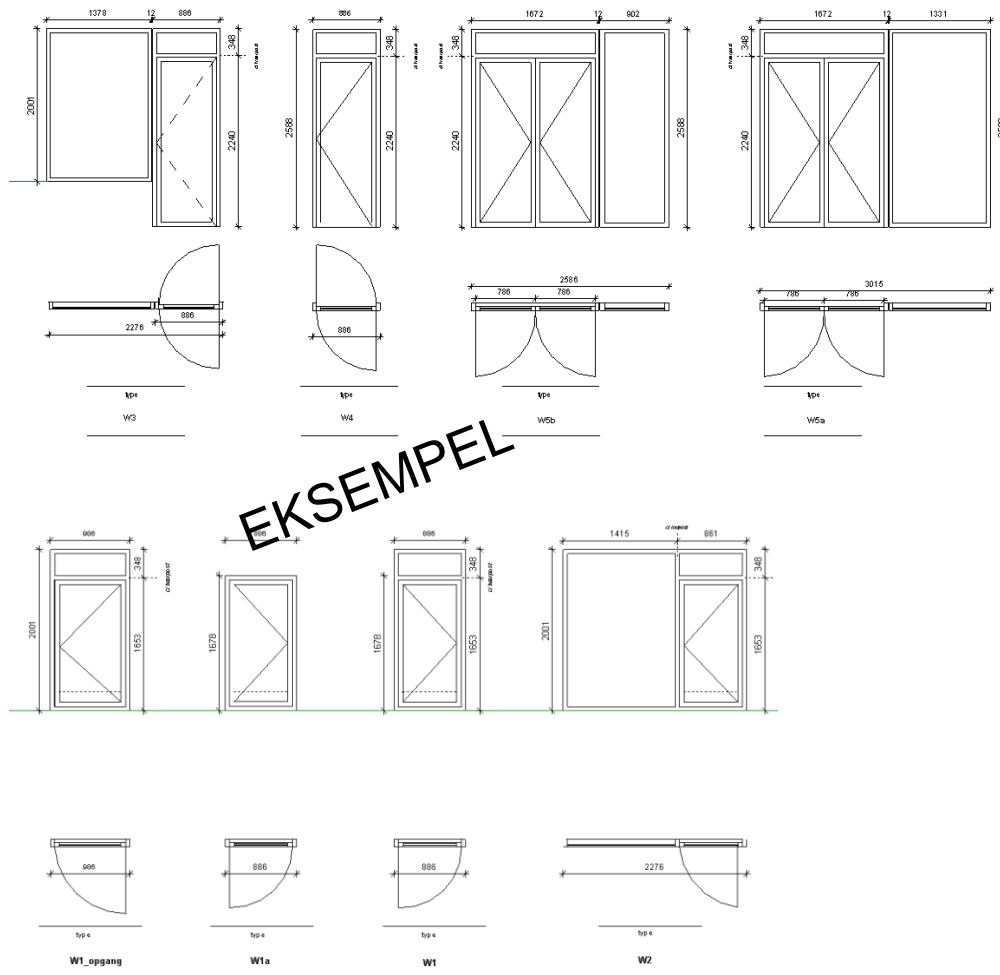
	Antal	Åbningsareal indvendig karm	Korrektions- faktor	Effektivt åbningsareal	Aeff/Agulv	Naturlig ventilation
		m ²		m ²	%	l/s pr. m ²
Boligen (95 m ²)				4,05	4,3	2,55
- Vinduestype, W1	3	1,25	0,60			
- Vinduestype, W2	1	1,25	0,60			
- Vinduestype, W3	1	1,75	0,60			
Køkken/alrum (54 m ²)				2,55	4,7	2,83
- Vinduestype,, W1	1	1,25	0,60			
- Vinduestype,, W2	1	1,25	0,60			
- Vinduestype,, W3	1	1,75	0,60			
Soveværelse (15 m ²)				0,75	5,0	3,00
- Vinduestype, W1	1	1,25	0,60			
Døre tilstødende rum				1,14	7,6	4,56
- Dørtype, D1_indv.	1	1,90	0,60			

Tabel 9. Korrektion af dimensionerende luftmængder for mekanisk ventilation for boligtype D. Det ses at kravene til minimumsluftmængder er overholdt for det enkelte opholdsrum.

Parameter	Bolig, samlet	Soveværelse	Køkken/alrum	Værelse
Areal	95 m ²	15 m ²	54 m ²	12 m ²
Dimensionerende luft	35 l/s (0,35 l/s pr. m ²)	10 l/s	19 l/s	6 l/s
Basis luftmængde	22 l/s (0,30 l/s pr. m ²)			
Korrektionsfaktor	0,86			
Korrigeret luftmængde		8,6 l/s (0,57 l/s pr. m ²)	16,3 l/s (0,30 l/s pr. m ²)	5,16 l/s (0,43 l/s pr. m ²)

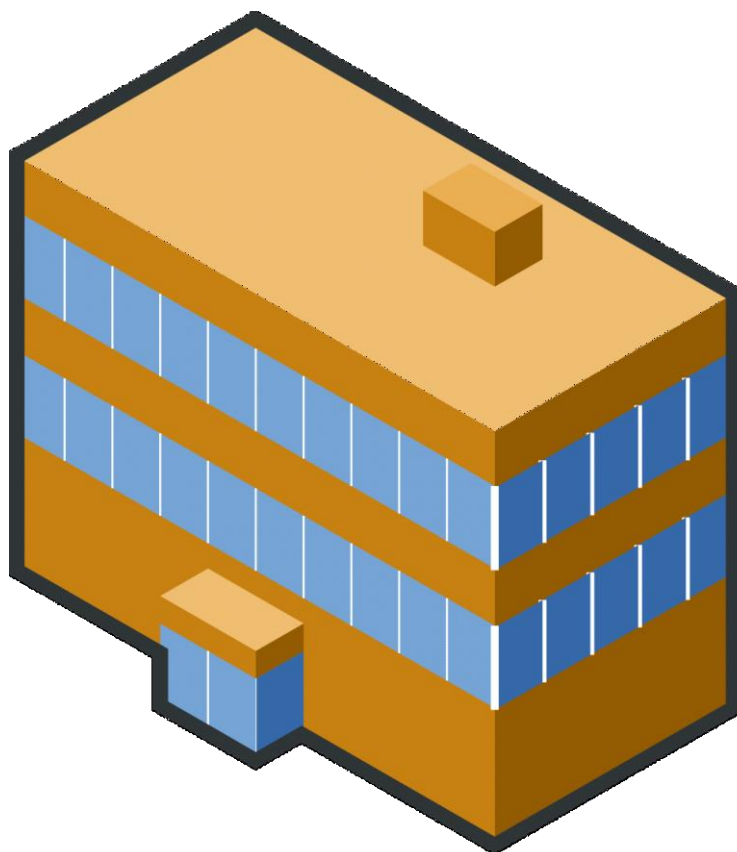
Oversigt over vinduer og døre

Herunder illustreres en samlet oversigt over vinduer og døre anvendt i projektet.



Indeklimaberegninger

Resultater og dokumentation



Nyt kontorhus for XYZ
Bygaden 27 i Nørre Sønderby

Indhold

Resumé og konklusion	3
Indledning	5
Beregningsgrundlaget	7
Krav og ønsker til indeklimaet.....	7
Dimensionerende brugsmønstre	8
Øvrige input.....	9
Udvælgelse af rum	10
Kontorer mod syd og nord.....	12
Konklusion	12
Model af kontorer	13
Termisk indeklima	14
Atmosfærisk indeklima.....	17
Møderum	18
Kantine.....	19
Appendiks.....	20
Simuleringsprogram og vejrdata.....	20
Geometri og geografi	20
Tegninger	21
Konstruktioner.....	22
Vinduer.....	22
Infiltration	23
Personer	23
Udstyr.....	24
Belysning	24
Solafskærmning	24
Opvarmning	25
Køling.....	25
Ventilation	26

Udarbejdet af: Peter Petersen, indeklimarådgiver
Kontrolleret af: Hanne Hansen, fagleder for indeklima
Godkendt af: Søren Sørensen, projektleder

Resumé og konklusion

[Konklusionen er målrettet bygherre og giver en kort introduktion til, hvad der er regnet på, og hvad resultatet er]

Termisk og atmosfærisk indeklima i den renoverede bygning på Bygaden 27 i Nørre Sønderby er undersøgt med simuleringer af de fremtidige forhold. Indeklimaet er undersøgt for både kritiske og typiske lokaler.

Formålet med simuleringerne er at dokumentere at indeklimaet svarer til kravspecifikationerne. Desuden bruges simuleringerne til at bestemme de nødvendige luftmængder, som ventilationsanlægget skal levere.

Herudover er der lavet en analyse af, hvilken betydning valg af vinduesglas har for indeklima og fastsættelse af luftmængder.

Der er lavet simuleringer for:

- Kontorudsnit mod syd
- Kontorudsnit mod nord
- Mødelokale til 16
- Kantinen

Simuleringerne viser, at der kan opretholdes et behageligt indeklima både med hensyn til temperaturer og tilførsel af udeluft i alle rummene. De nødvendige maksimale luftmængder er listet i Tabel 1.

Tabel 1 Nødvendige maksimale ventilationsluftmængder for at opretholde krav til indeklima

Maksimale luftmængder	l/s pr m ²	Luftskifte pr time ¹
Sydvendt kontor	5,1	~ 5
Nordvendt kontor	3,1	~ 3
Mødelokale		
Kantine		

Valget af glas har stor betydning for, hvor ofte der er behov for solafskærmning, for at opretholde behagelige temperaturer. Tabel 2 viser andelen af brugstiden, hvor solafskærmningen er i brug og udsynet dermed er blokeret. Det anbefales, at der benyttes solafskærmende glas, for at bevare udsynet fra arbejdspladserne.

¹ Luftskiftet er bestemt ved en indvendig rumhøjde på 2,5 m.

Bilag 3, Best practice indeklimarapport, erhverv

Tabel 2 Andel af brugstid med solafskærmning i brug med og uden solafskærmende glas

Solafskærmningstid	% af brugstid
Sydvendt kontor, med solafskærmende glas	12%
Sydvendt kontor, uden solafskærmende glas	28%
Nordvendt kontor	-
Mødelokale	
Kantine	

Indledning

[Hvorfor er det interessant at lave beregningen?]

Bygningen på Bygaden 27 i Nørre Sønderby skal renoveres og ombygges til kontorlokaler for firmaet XYZ. For at sikre et behageligt indeklima i den fremtidige bygning er der gennemført simuleringer af de fremtidige forhold. Simuleringerne skal danne grundlag for dimensionering af ventilationsanlæg, køleanlæg og valg af vinduesglas.

[Hvad er baggrunden for at lave beregningen?]

XYZ ønsker et indeklima der understøtter en produktiv og kreativ arbejdsdag for deres medarbejdere. De har fokus på at medarbejderne har god luftkvalitet, dagslys og gode muligheder for udsyn. Hos XYZ er beklædningen som regel casual og de ønsker et indeklima, der passer til dette.

[Hvad er undersøgt i denne beregning?]

Det termiske og atmosfæriske indeklima er simuleret for fire forskellige områder af bygningen. Der er både simuleret for kritiske områder og for et mere typisk område. Simuleringerne af de kritiske områder sikrer et godt indeklima i hele bygningen og simuleringerne af de typiske områder optimerer energiforbruget for lavere belastede områder.

Følgende områder er simuleret:

- Mødelokale på anden sal
- Udsnit af sydvendt kontor på anden sal
- Udsnit af nordvendt kontor på anden sal
- Kantinen

Placeringen af områderne er vist i Figur 3 på side 11. På figuren er med skravering vist, hvilke områder beregningerne er repræsentative for.

[Hvad kan beregningen vise, og hvad kan den ikke vise?]

Indeklimasimuleringer viser, hvordan indeklimaet bliver, hvis bygningen bliver opført og anvendt, som det er antaget og ved de vejrforhold, der ligger i det danske design referenceår. Dette giver de bedste muligheder for dimensionering af bygningens anlæg og det bedste grundlag for valg af glastype.

Der er benyttet dimensionerende forudsætninger for brugen af bygningen. Forudsætningerne er valgt på den sikre side i forhold til de forventede gennemsnitlige belastninger. Indeklimasimuleringer er dog stadig et forsimplet billede af en kompleks virkelighed, og derfor vil man sjældent kunne opleve nøjagtig samme antal timer over f.eks. 26°C i løbet af et år som beregnet.

[Hvad bliver præsenteret i rapporten?]

Denne rapport præsenterer først de opstillede ønsker til indeklimaet og forventningerne til bygningens brug, samt hvilke input simuleringerne er baseret på. Derefter præsenteres de simulerede rum og baggrunden for udvælgelsen. Resultaterne i form af temperaturer og CO₂-koncentrationer vises for hver af rumtyperne og med en oversigt over, hvilke forudsætninger der er fundet at være kritiske. I appendiks samles alle data, der er brugt i simuleringerne. Herunder også setpunkter, som skal bruges ved idriftsættelsen af bygningen.

Beregningsgrundlaget

Krav og ønsker til indeklimaet

I byggeprogrammet er der stillet følgende krav til indeklimaet i henhold til "Branchevejledning for Indeklimaberegninger":

Kontorer og mødelokaler: Indeklima i kategori "Standard", dog atmosfærisk indeklima i kategori "Ambitiøs"

Kantinen: Indeklima i kategori "Minimum"

I Tabel 3 er krav til **kontorer og mødelokaler markeret med blå** og krav til **kantinen markeret med grå**.

Tabel 3 Indeklimakategorier fra Branchevejledning for Indeklimaberegninger. I kontorer og mødelokaler ønskes indeklimakategori "Standard", dog med atmosfærisk indeklima i kategori "Ambitiøs", mens der i kantinen ønskes kategori "Minimum". Krav til kontorer og mødelokaler er markeret med blå og krav til kantinen er markeret med grå.

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>			
Vægtet andel af brugstid, hvor afskærmningen er aktiv	30%	20%	12%
<i>Atmosfærisk indeklima i ppm</i>			
CO ₂ -koncentration (ved udeniveau på 400 ppm)	1200	1000	900

For at sikre en energioekonomisk løsning tillades det, at den øvre temperaturgrænse overskrides et antal timer om året. Uden toleranceoverskridelse ville køle- og ventilationsanlæg skulle overdimensioneres voldsomt, for at sikre tilstrækkelig køling i nogle ganske få timer i løbet af et år. Udover at være pladskrævende ville anlæggene desuden køre på delast de resterende timer, hvor virkningsgraden oftest er ringere.

Tabel 4 viser antallet af timer på årsbasis hvor temperaturgrænserne tillades overskredet i brugstiden.

Bilag 3, Best practice indeklimarapport, erhverv

Tabel 4 Der tillades følgende toleranceoverskridelser i brugstiden i forhold til de opstillede krav til den operative temperatur.

Toleranceoverskridelser

Operativ temperatur

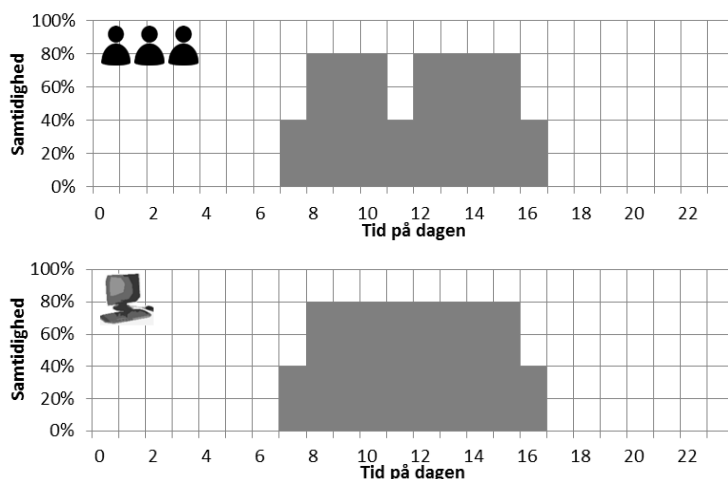
- timer med overskridelse af øvre temperaturgrænse sommer og overgang (april – oktober)	Maks 100 timer
- timer med overskridelse af øvre temperaturgrænse vinter (november - marts)	Maks 50 timer
- timer med overskridelse af øvre temperaturgrænse + 1°C sommer og overgang (april – oktober)	Maks 25 timer
- timer med overskridelse af øvre temperaturgrænse + 1°C vinter (november - marts)	Maks 10 timer

Det er vigtigt for bygherre at opretholde gode udsynsforhold og at solafskærmningstiden søges holdt så lavt som muligt.

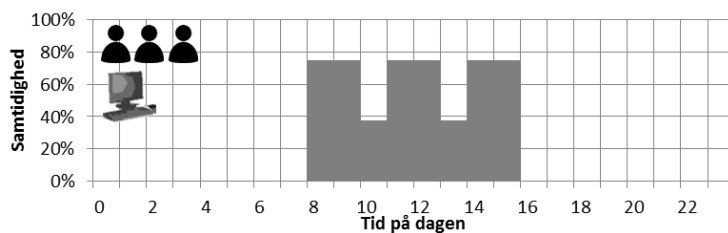
Dimensionerende brugsmønstre

Efter aftale med bygherre skal bygningen dimensioneres efter belastninger som opstillet i kategorien "Almindelig" i henhold til Branchevejledning for Indeklimaberegninger.

Antallet af arbejdspladser i kontorområder optælles i forhold til tegninger fra den 29. februar 2017. Hver medarbejder regnes at have 1 bærbar pc, 2 skærme og 1 skrivebordslampe. Varmeafgivelsen er antaget ud fra branchevejledningen.



Figur 1 Belastningsprofiler for personer og udstyr i kontorområder. Der benyttes "almindelig" samtidighed i henhold til Branchevejledning for indeklimageregninger. Antal personer fastlægges iht. antallet af arbejdspladser på arkitekttegninger fra den 29. februar 2017.



Figur 2 Belastningsprofiler for personer og udstyr i mødelokaler. Der benyttes "almindelig" samtidighed i henhold til branchevejledning for indeklimategninger. Antal personer fastlægges iht. antallet af stole i mødelokalerne på arkitekttegninger fra den 29. februar 2017.

Øvrige input

Simuleringerne er udført ud fra de ovenstående ønsker til indeklimategninger og brug af bygningen samt tegninger modtaget fra arkitekten den 29. februar 2017. En fuld tegningsliste er opstillet i appendiks.

Oplysninger om solafskærmningen er indhentet fra Sunshades hjemmeside, screendump er vedlagt bagerst i appendiks [fiktivt eksempel].

Bygningen er opført i 1967 og der er begrænset plads til føring af kanaler. Dette giver en restriktion i forhold til hvilke luftmængder der kan transporteres, og dermed hvor store luftskifter, der kan etableres i de forskellige dele af bygningen.

Analyserne er baseret på modelopbygning og simulering i BSim², samt udregninger ved hjælp af fortyndingsligningen.

² Versionsnummer er angivet i appendiks "Simuleringsprogram og vejrdato"

Udvælgelse af rum

Udvælgelsen af rum til simulering baseres på, at de enten er kritiske eller typiske.

Kritiske rum er kendetegnet ved høj belastning fra personer, udstyr eller solen. Ved at dimensionere anlæg mm. ud fra de kritiske rum, sikres et godt indeklima i hele bygningen.

Typiske rum er kendetegnet ved at repræsentere større arealer af bygningen. Ved at simulere de typiske rum kan luftmængder mm. nedjusteres i forhold til kun at dimensionere efter de kritiske områder.

Ud fra tegningsmaterialet og besigtigelse af bygningen er der udvalgt 4 rum til indeklimasimulering:

- Mødelokale på første sal
- Kantine
- Udsnit af sydvendt kontor på anden sal
- Udsnit af nordvendt kontor på anden sal

Mødelokalet på første sal er valgt, fordi det har den højeste personbelastning pr m², og samtidig har det vinduer mod både øst og syd.

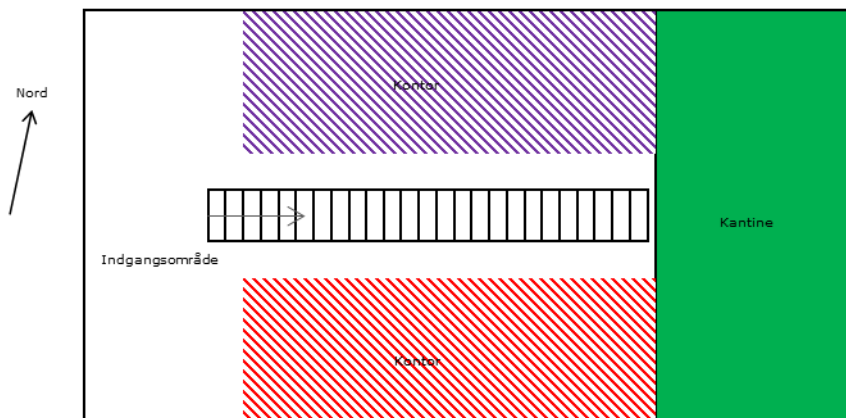
Kantine har også høj personbelastning og store glasarealer mod øst og syd.

Kontorerne udgør en stor del af bygningen og belastningen her er lavere end i mødelokalerne. Af kontorerne er de sydvendte mest kritiske på grund af solindfaldet. Der er dog også regnet for et nordvendt kontor, da den samme model kan benyttes med mindre justeringer. Dette giver mulighed for at optimere luftmængderne og dermed sænke energiforbruget og størrrelsen af anlæggene.

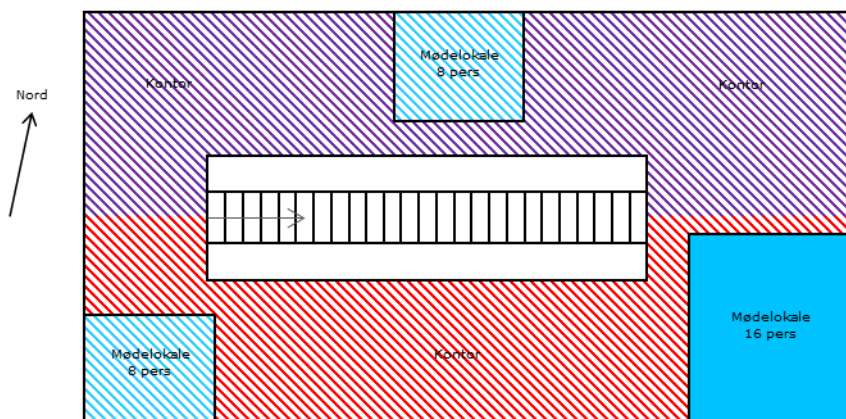
I Figur 3 er placeringen af de simulerede rum markeret med fuld farve. De områder, som rummene repræsenterer, og som dimensioneres med samme luftmængder og glastyper, er skraveret med samme farve.

Bilag 3, Best practice indeklimarapport, erhverv

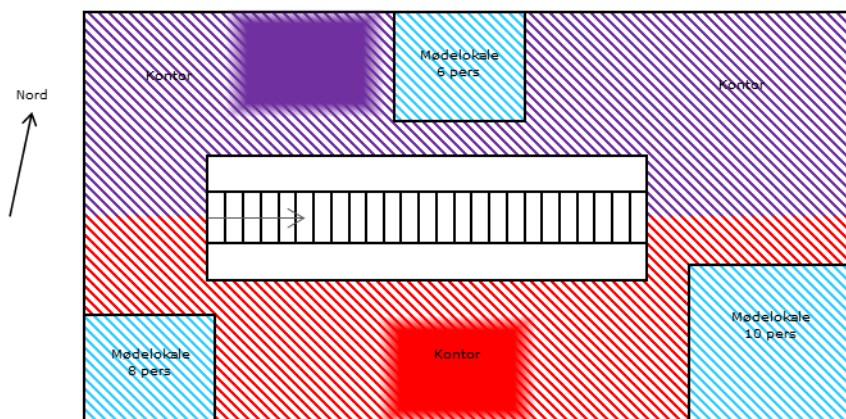
Stueetage



1. sal



2. sal



Figur 3 Plantegninger med markering af de fire rum, der er regnet for og hvilke områder de repræsenterer i bygningen.

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. Tabel 5 viser en oversigt over luftmængderne.

Tabel 5 Nødvendige maksimale luftmængder for kontorerne.

MAKSIMALE LUFTMÆNGDER	m ³ /h	l/s pr m ²	Luftskifte pr time
Sydvendt kontor	620	5,1	~ 5
Nordvendt 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 henhold til krav og ønsker er opgjort i Tabel 6.

Tabel 6 Antal timer med temperatur under og over de fastsatte grænser, maksimal temperaturstigning i løbet af en dag samt maksimal CO₂-koncentration i kontorerne

	NORDVENDT	SYDVENDT med solafskærmende glas	SYDVENDT uden solafskærmende glas
VINTER (nov - mar)			
under 21,0°C	0 timer	0 timer	0 timer
over 24,5°C	0 timer	0 timer	0 timer
over 25,5°C	0 timer	0 timer	0 timer
OVERGANG (apr og okt)			
under 21,0°C	0 timer	0 timer	0 timer
over 26,0°C	0 timer	3 timer	2 timer
over 27,0°C	0 timer	0 timer	0 timer
SOMMER (maj – sep)			
under 22,0°C	0 timer	0 timer	0 timer
over 26,0°C	78 timer	80 timer	85 timer
over 27,0°C	0 timer	1 timer	2 timer
Maksimal CO ₂ -koncentration	900 ppm	900 ppm	900 ppm
Andel af brugstid med solafskærmning i brug	-	12%	28%

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

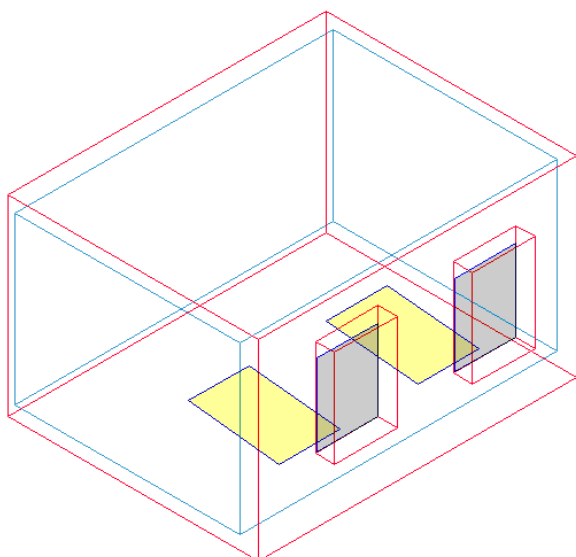
Antallet af timer med høje temperaturer er klart lavere end de opstillede toleranceoverskridelser. Det er dog nødvendigt at benytte solafskærmende glas i de sydvendte

kontorer for at kunne holde temperaturerne med de luftmængder, det er muligt at føre frem.

Model af kontorer

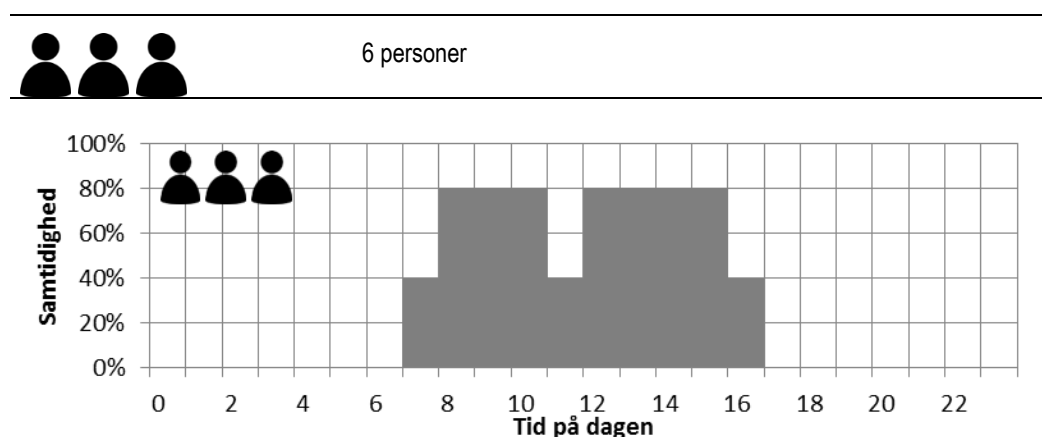
Der ligger kontorer på både første og anden sal i bygningen. Det blev fundet, at kontorerne på anden sal var mest kritiske i forhold til overophedning på grund af tagopbygningen.

Der er benyttet samme geometriske model til simuleringen af det sydvendte og det nordvendte kontor.



Figur 4 Model af det sydvendte kontorudsnit. Samme model er benyttet for det nordvendte kontor.

Tabel 7 Personbelastning i kontorerne.

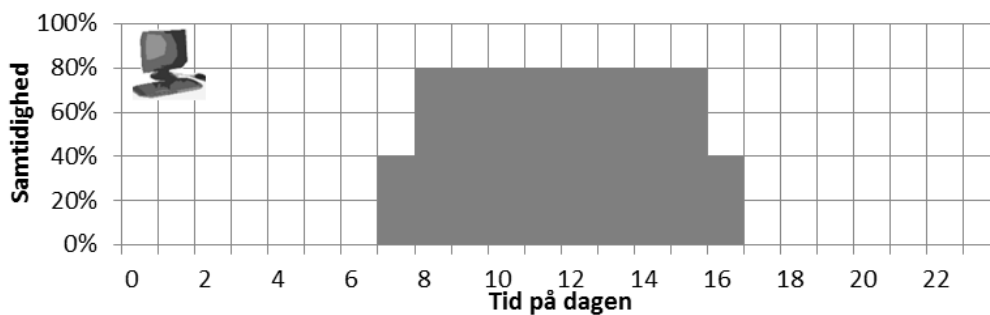


Bilag 3, Best practice indeklimarapport, erhverv

Tabel 8 Varmebelastning fra udstyr



6 bærbare pc'er
12 skærme
6 skrivebordslamper



Tabel 9 Solafskærmning

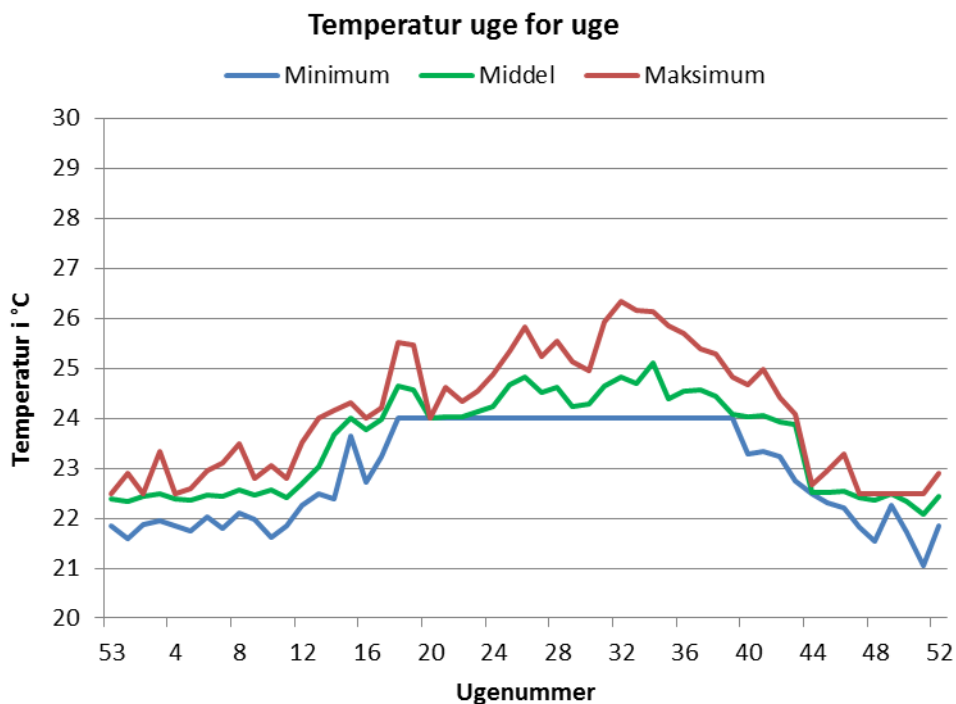


Solafskærmningen i lokalet består af en udvendig screen, der er automatisk styret efter en udvendig lux-sensor. Setpunkter er angivet i appendiks.

Der er kun solafskærmning mod syd, ikke mod nord.

Termisk indeklima

Temperaturen i kontorerne er beregnet for hver time over hele året. Figur 5 viser et overblik over året, hvor minimum-, middel- og maksimumtemperatur i brugstiden for hver uge er optegnet.

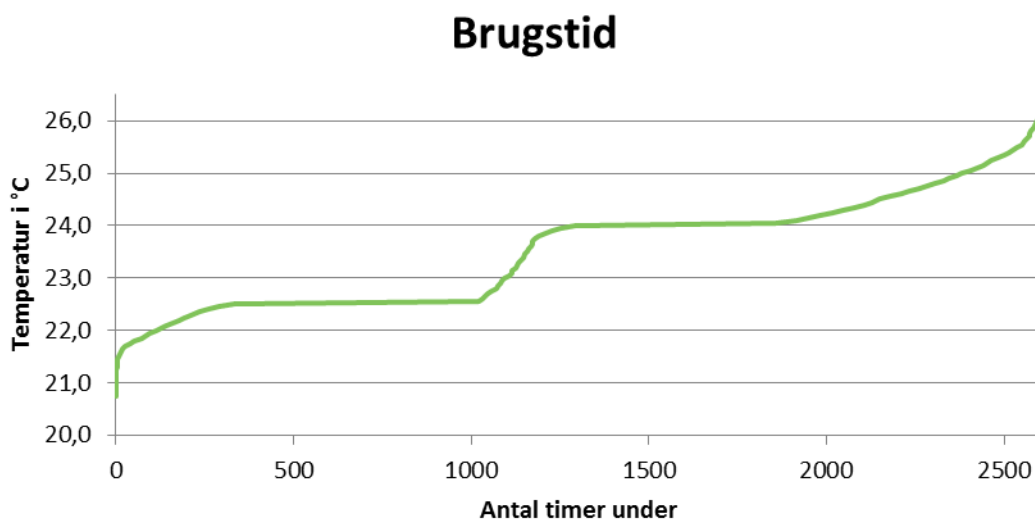


Figur 5 Minimum-, middel- og maksimumstemperatur i brugstiden for hver uge for det sydvendte kontor.

Om vinteren ligger gennemsnitstemperaturen omkring de 22,5°C, mens minimumtemperaturen kommer lige under de 22°C. Maksimumtemperaturen kommer kun lige over 23°C.

Om sommeren kommer temperaturen ikke under 24°C, hvilket er kølesætpunktet og det tyder på, at bygningen i sommerperioden har kølebehov i hele brugstiden.

Figur 6 viser en sumkurve af timer for temperaturerne i brugstiden.

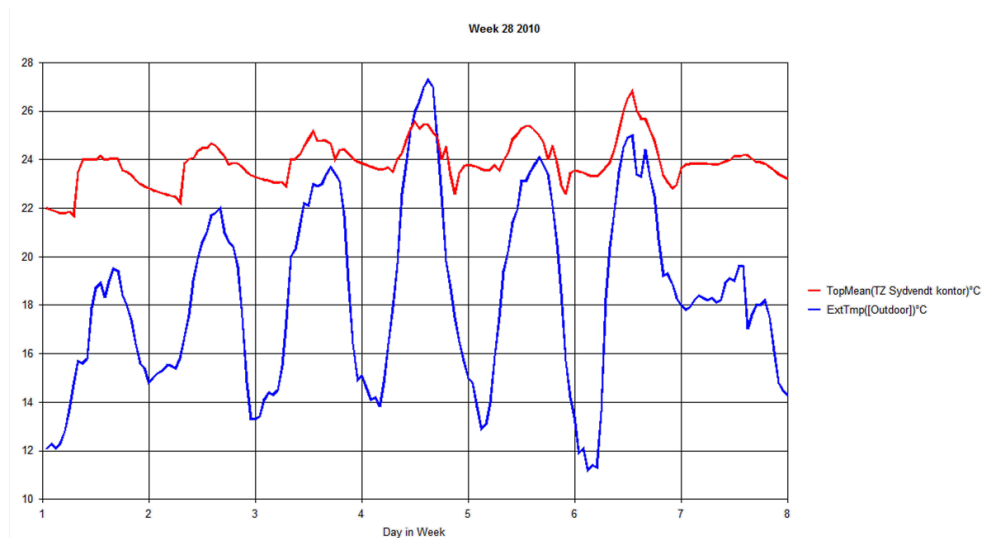


Figur 6 Sumkurve over temperaturen i brugstiden.

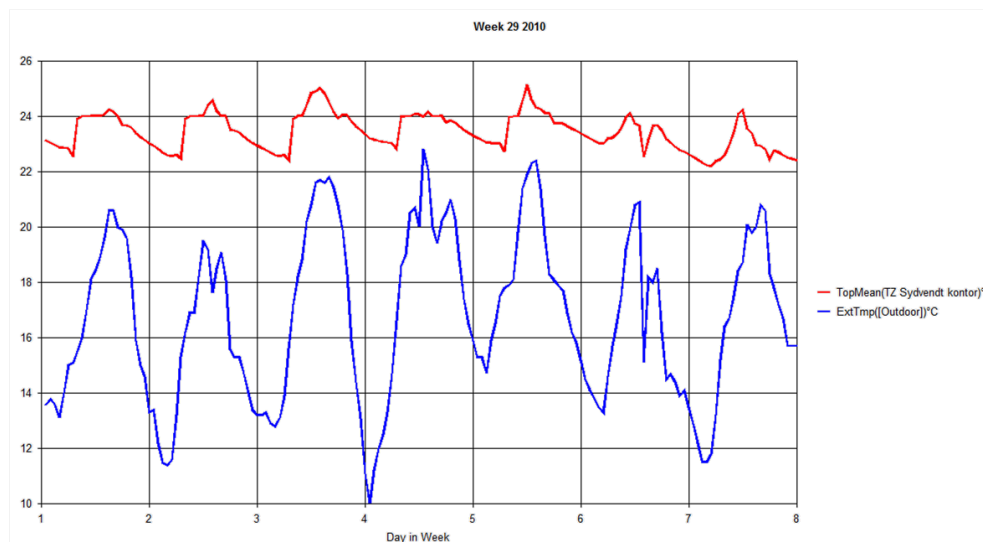
Bilag 3, Best practice indeklimarapport, erhverv

Sumkurven viser, at der er meget få timer med høje temperaturer. De flade dele af kurven svarer til kølesætpunkterne for henholdsvis sommer og vinter.

Figur 7 og Figur 8 viser temperaturens forløb for henholdsvis uge 28 og uge 29, som er en varm og en almindelig sommeruge.



Figur 7 Temperaturens i det sydvendte kontor for uge 28. Den røde kurve er indetemperaturen og den blå kurve er udetemperaturen.



Figur 8 Temperaturens i det sydvendte kontor for uge 29. Den røde kurve er indetemperaturen og den blå kurve er udetemperaturen.

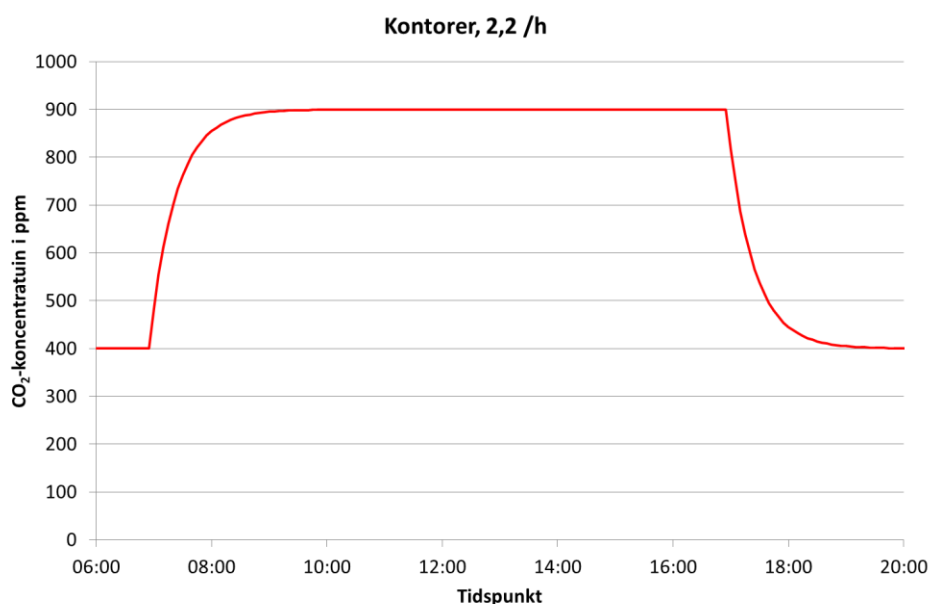
Simuleringerne viser, at det er muligt at opretholde behagelige temperaturer i kontorerne trods høje udetemperaturer. Natkølingen sænker temperaturen i løbet af natten og sammen med bygningens termiske masse modvirker dette overophedning i løbet af dagen.

Atmosfærisk indeklima

I kontorlokaler og lignende, hvor luften primært forurenes af personer, benyttes CO₂-koncentrationen, som indikator for luftkvaliteten. CO₂-koncentrationen afhænger af ventilationsraten og antallet af personer i rummet.

Herunder er udviklingen i CO₂-koncentrationen optegnet for kontorerne med fuld dimensionerende belastning fra kl. 7 til kl. 17. Kurverne er optegnet med netop det luftskifte, der er nødvendigt for at holde CO₂-koncentrationen på maksimalt 900 ppm.

Det ses, at for kontorområderne ligger det dimensionerende luftskifte i forhold til det atmosfæriske indeklima væsentligt under, de tidligere beregnede luftskifter for at opretholde behagelige temperaturer.



Figur 9 CO₂-koncentration i løbet af en dag ved et luftskifte på 2,2 gange i timen. Af hensyn til temperaturen etableres mulighed for et luftskifte på op til 5 gange i timen mod syd og 3 gange i timen mod nord.

Møderum

[samme opbygning som for kontorerne]

Kantine

[samme opbygning som for kontorerne]

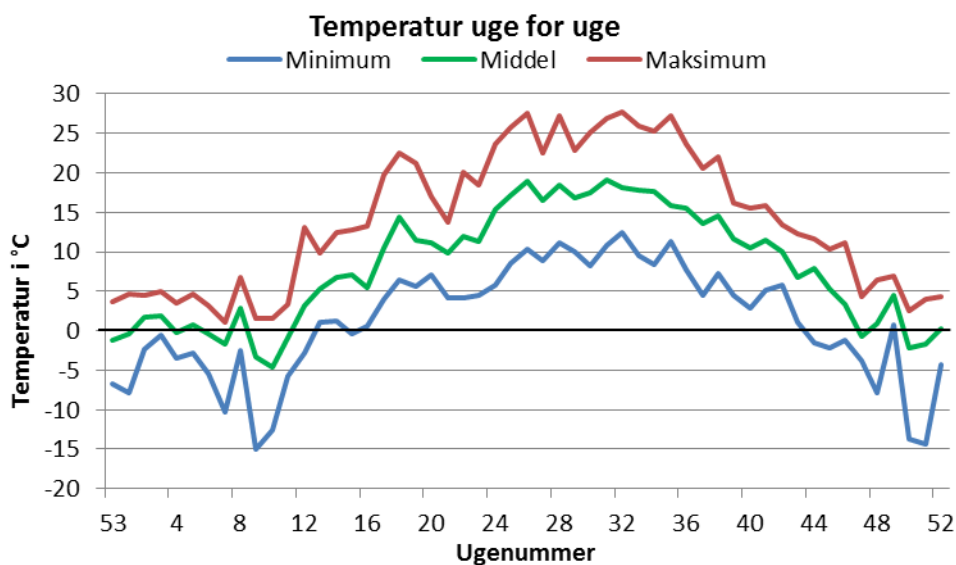
Appendiks

Dette appendiks giver en oversigt over samtlige forudsætninger benyttet i indeklimatele beregningerne.

Simuleringsprogram og vejrdata

Indeklimavurderingerne er foretaget på basis af modelopbygning og simulering af lokalerne i BSim, version 7.16.8.11. BSim er udviklet af Statens Byggeforskningsinstitut (SBI) til dynamisk modellering af indeklimatele og energiforhold i bygninger.

Beregningerne er udført på basis af vejrdata fra det danske design reference år DRY 2013. Beregningerne er udført for kalenderåret 2010 iht. BR15 kap. 6.2 stk. 2.



Figur 10 Graf over udetemperaturen uge for uge i DRY2013. Den grønne kurve viser middeltemperaturen, mens den blå viser den laveste og den røde den højeste temperatur i løbet af ugen.

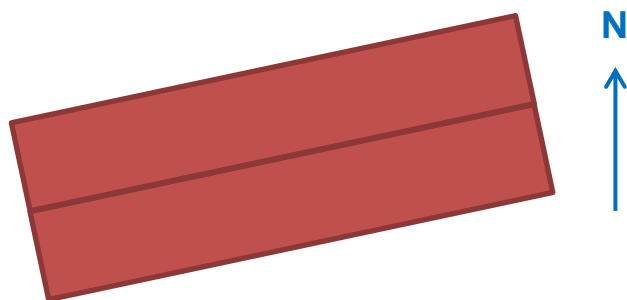
Der er benyttet vindprofiler for bymæssig bebyggelse.

CO₂-koncentrationen i udeluften er sat til 400 ppm.

Geometri og geografi

Bygningen er beliggende Bygaden 27 i Nørre Sønderby og er i 3 etager.

Bygningens nordfacade er drejet 12° mod vest i forhold til nord.



KONTORUDSNIT MOD SYD, INDVENDIGE MÅL

Areal	50 m ²
Rumhøjde	3,6 m
Rumvolumen	180 m ³
Facade mod	syd

KONTORUDSNIT MOD NORD, INDVENDIGE MÅL

Areal	50 m ²
Rumhøjde	3,6 m
Rumvolumen	180 m ³
Facade mod	nord

MØDERUM, INDVENDIGE MÅL

Areal	30 m ²
Rumhøjde	3,6 m
Rumvolumen	108 m ³
Facade mod	øst

Tegninger

Alle beregninger er baseret på følgende Revit-model modtaget fra arkitekt den 29. februar 2017.

AQI1432.rev

Konstruktioner

KONSTRUKTIONER	OPBYGNING		TOTAL U-VÆRDI
Ydervæg	Beton	150 mm	0,29 W/m ² K
	Isolering	120 mm	
	Beton	70 mm	
Tagkonstruktion	Betondæk	180 mm	0,12 W/m ² K
	Isolering	300 mm	
	Betondæk	265 mm	
	Hulrum	480 mm	
	Gips	10 mm	
Terrændæk	Træ	20 Mm	0,30 W/m ² K
	Betondæk	150 mm	
	Isolering	100 mm	
	(Jord	1000 mm)	
Etageadskillelse	Linoleum	5 mm	- W/m ² K
	Puds	30 mm	
	Beton	320 mm	
	Hulrum	530 mm	
	Gips	10 mm	
Skillevægge	Gips	26 mm	- W/m ² K
	Isolering	90 mm	
	Gips	26 mm	

Alle indvendige overflader regnes adiabatisk, det vil sige at der regnes med samme temperatur på begge sider af konstruktionen og dermed intet varmetab.

Vinduer

FACADEVINDUER	
Type	2 lags energiruder, dannebrog
Solenergitransmitans, g	0,64
Sollystransmitans, LT	0,80
Center U-værdi for glas	1,30 W/m ² K
Ramme/karm	Aluprofil
Tykkelse af ramme/karm	80 mm
U-værdi af ramme/karm	1,80 W/m ² K
U-værdi for hele vinduet	1,36 W/m ² K
Recess af vindue i forhold til yderside mur	120 mm

Bilag 3, Best practice indeklimarapport, erhverv

TAGVINDUER	
Type	2 lags energiruder
Solenergitransmittans, g	0,37
Sollystransmittans, LT	0,66
Center U-værdi for glas (ved skrå montering)	1,10 W/m ² K
Ramme/karm	Træ
Tykkelse af ramme/karm	80 mm
U-værdi af ramme/karm	1,30 W/m ² K
U-værdi for hele vinduet	1,24 W/m ² K
Recess af vindue i forhold til yderside af taget	0 mm

Infiltration

ALLE RUM	
Luftskifte i brugstid	0,40 gange i timen
Luftskifte udenfor brugstid	0,35 gange i timen
Brugstid	Mandag – fredag, kl 8 - 17

Personer

STORRUMSKONTORER	
Antal	6 personer i det beregnede udsnit
Aktivitetsniveau	1,2 met
Samlet tør varmeafgivelse	600 W
Tilstedeværelse	Mandag – fredag, kl 8 - 17
Samtidigighed	90% hele dagen

MØDELOKALER	
Antal	16 personer
Aktivitetsniveau	1,2 met
Samlet tør varmeafgivelse	1600 W
Tilstedeværelse	Mandag – fredag, kl 8 - 17
Samtidigighed	100% hele dagen Dog med pauser uden belastning Kl 9:30-10:00 Kl 12:00-12:30 Kl 14:30-15:00

Udstyr

STORRUMSKONTORER		
6 bærbare pc'er	á 30 W	= 180 W
6 · 2 fladskærme	á 25 W	= 300 W
6 arbejdslamper	á 25 W	= 150 W
Drifttid		mandag – fredag, kl 8 - 17
Samtidighed		90% hele dagen

MØDELOKALER		
4 bærbare pc'er	á 30 W	= 120 W
1 projektor	á 250 W	= 250 W
Drifttid		mandag – fredag, kl 8 - 17
Samtidighed		100% hele dagen

Belysning

STORRUMSKONTORER		
Type	LED	
Styring	Lux-styret, 300 lux	
Effektforbrug	6 W pr m ²	= 300 W
Drifttid		mandag – fredag, kl 8 - 17

MØDELOKALER		
Type	LED	
Styring	Lux-styret, 300 lux	
Effektforbrug	6 W pr m ²	= 180 W
Drifttid		mandag – fredag, kl 8 - 17

Solafskærmning

FACADE MOD NORD	
Type	Ingen
Afskærmningsfaktor	
Udsynsklasse når aktiv	
Udsynsklasse når ikke aktiv	
Styring	
Aktiveres ved	
Deaktiveres ved	
Drifttid	

Bilag 3, Best practice indeklimarapport, erhverv

FACADE MOD SYD	
Type	Udvendig screen, 5%
Afskærmningsfaktor	0,30
Udsynsklasse når aktiv	3
Udsynsklasse når ikke aktiv	Uforstyrret udsyn
Styring	Automatisk efter lux
Aktiveres ved	70.000 lux
Deaktiveres ved	65.000 lux
Drifttid	Altid, ved vind under 10 m/s og udetemperatur over 5°C

Opvarmning

ALLE RUM	
Type	Radiatorer
Sætpunkt vinter- og overgangsperiode	21,0°C
Sætpunkt sommer	22,0°C
Effekt	50 W/m ²
Drifttid	oktober - maj

Køling

Møderum	
Type	køleloft
Sætpunkt sommer- og overgangsperiode	24,0°C
Sætpunkt vinter	23,0°C
Effekt	2,7 kW ved $T_{\text{inde}} - T_{\text{vand}} = 10 \text{ K}$
Drifttid	Hverdage mellem kl 7 og kl 19

Øvrige rum køles med ventilationen.

Natkøling er beskrevet under ventilation.

Ventilation

KONTORER	
Type	VAV, 20% - 100%
Maksimal luftmængde	370 m ³ /time = 103 L/s = 3,0 L/s pr m ²
Maksimalt luftskifte	~ 3 gange pr time
Køling af ventilationsluft	Ja
Minimumsindblæsningstemperatur	17,0°C
Sætpunkt CO ₂ -koncentration	900 ppm
Sætpunkt sommer- og overgangsperiode	24,0°C
Sætpunkt vinter	22,5°C
Driftid	Mandag – fredag, kl 7:00 – 18:00
Natkøling	VAV, 20% - 60%
Køling af ventilationsluft	Nej
Minimumsindblæsningstemperatur	10,0°C
Sætpunkt sommer- og overgangsperiode	22,5°C
Sætpunkt vinter	-
Driftid	Sommer (maj – september) Mandag – fredag, kl 22:00 – 05:00 Lørdag – søndag, kl 00:00 – 24:00
MØDERUM	
Type	VAV, 20% - 100%
Maksimal luftmængde	370 m ³ /time = 103 L/s = 3,0 L/s pr m ²
Maksimalt luftskifte	~ 3 gange pr time
Køling af ventilationsluft	Ja
Minimumsindblæsningstemperatur	22,5°C
Sætpunkt CO ₂ -koncentration	900 ppm
Sætpunkt sommer- og overgangsperiode	24,0°C
Sætpunkt vinter	22,5°C
Driftid	Mandag – fredag, kl 7:00 – 18:00
Natkøling	VAV, 20% - 60%
Køling af ventilationsluft	Nej
Minimumsindblæsningstemperatur	10,0°C
Sætpunkt sommer- og overgangsperiode	22,5°C
Sætpunkt vinter	-
Driftid	Sommer (maj – september) Mandag – fredag, kl 22:00 – 05:00 Lørdag – søndag, kl 00:00 – 24:00

Erfaringsopsamling om indeklimaproblematikker

Dette appendiks præsenterer indeklimateudfordringer, som kan opstå, og som er observeret i nybyggeri og renoverede bygninger. Det er ikke formålet med appendikset at give en udtømmende beskrivelse af samtlige indeklimateudfordringer, som kan forekomme. Derimod skal beskrivelsen give et indblik i nogle af de typiske udfordringer, der observeres i praksis.

Erfaringsopsamlingen bygger på erfaringer fra Teknologisk Institut, MOE samt NIRAS. Derudover er der givet input fra branchen på den afholdte workshop for branchevejledningen d. 23. marts 2017. Tabel 1 giver et overblik over nogle af de typiske udfordringer som kan forekomme og derefter uddybes og konkretiseres en del af udfordringerne i de efterfølgende afsnit.

Tabel 1 Typiske indeklimateudfordringer

Termisk komfort	Luftkvalitet	Fugt og skimmel
<u>Varmegener:</u>	<u>Afgasninger:</u>	<u>Vandindtrængning:</u>
Pga. personbelastning eller solindfald	Personer	Utætheder i klimaskærmen
Problemer med styringen af varme/kølesystemet	Materialer	Opfugtet byggemateriale
	Inventar	Rørskader
<u>Kuldegener:</u>	<u>Luftskiftet:</u>	<u>Kondens:</u>
Kuldenedfald fra ydervæge/vinduespartier	Utilstrækkeligt luftskifte	Kuldebroer
Træk under vinduesåbning	Ubalanceret mekanisk ventilation	Indvendig efterisolering
Træk i ventilationsindblæsningszonen		Uventileret tagkonstruktion
<u>Blandet:</u>		
Påklædning og aktivitet		
Variierende temperaturer		
Temperaturasymmetri		

Termisk komfort

Nogle af de mest udbredte indeklima-udfordringer er problemer med termisk komfort. Problemerne dækker over kuldegener, træk, for høje indetemperaturer til termisk asymmetri og utilfredsstillende dagsvariation i indetemperaturen.

Personbelastning

Udover varmesystemet og isoleringsgraden har personbelastningen i bygningen stor betydning for varmebalancen. Hvis personbelastningen er meget varierende eller forskellig fra de forhold, som bygningsinstallationerne er dimensioneret eller indreguleret efter, så kan det få konsekvenser for den termiske komfort. Dette afhænger af om bygningsinstallationerne som ventilation og/eller varmesystem kan håndtere de forandrede behov i forhold til at opnå tilfredsstillende termisk komfort.

Påklædning og aktivitet

På arbejdspladser, hvor der er regler for påklædningen, er medarbejderne særligt påvirkelige af de termiske forhold, som de udsættes for. Der bør derfor være ekstra krav til den termiske komfort, hvis det ikke er muligt, eller kun i ringe grad er muligt at ændre sin påklædning i forhold til at opnå komfort. Der bør ligeledes tages hensyn til aktivitetsniveauet i valget af temperaturinterval. Ved stillesiddende aktivitet er komforttemperaturen højere end ved et højere aktivitetsniveau, hvor komforttemperaturen vil være lavere.

Styring af varmesystemet

I styringen af varme- og kølesystemer er der observeret en del tilfælde, hvor styringen af varme-/kølesystemet og/eller ventilationssystemet ikke tager højde for, at et større lokale kan have orienteringer mod flere verdenshjørner. Der kan dermed være facader i samme kontor, hvor der er direkte sol på én facade og dermed en stor varmepåvirkning, mens resterende facader er i skygge. Dette fænomen optræder ofte i storrumskontorer. I sådanne tilfælde er der observeret problemer, hvis de termiske forhold i lokalet kun er styret efter én enkelt placering eller meget få placeringer af temperaturfølere.

Der er ligeledes observeret tilfælde, hvor lokaleindretningen ændres, for eksempel ved ombygning af ét lokale til to eller flere mindre lokaler. Derved kan man risikere, at temperaturen i alle lokaler kun styres efter et af lokalerne uanset at personbelastningen, solindfaldet eller andet kan være meget forskellig i de andre lokaler. Der er også tilfælde, hvor ombygning af planløsningen har fundet sted uden at tage hensyn til placering af ventilationsindblæsnings- og udsugningsarmaturer. Derved risikeres det, at ventilationen ikke er indreguleret efter de nye forhold, og kan være henholdsvis overdimensioneret eller underdimensioneret i de enkelte lokaler og i ubalance. Det kan give udfordringer med den termiske komfort og trækgener samt risiko for et utilstrækkeligt luftskifte.

Solafskærmning

Den termiske komfort er i mange nyere og renoverede bygninger meget afhængig af en effektiv solafskærmning. Der er konstateret mange tilfælde, hvor solafskærmningen er utilstrækkelig, fx hvor afskærmningen ikke er effektiv nok, eller ikke bruges/styres hensigtsmæssigt. Hvis solafskærmningen eksempelvis tager udsyn eller dagslys, og derfor først benyttes, når der er blevet for varmt. Så kan det være for sent til at opretholde termisk komfort.

Der er også mange eksempler på, at automatisk styrede solafskærmninger ikke virker som tiltænkt, fx pga. at brugerne vælger manuel overstyring. Det kan både være fordi styringen af solafskærmningen ikke er hensigtsmæssig eller fordi automatikken ikke er vedligeholdt eller er udtjent. Vedligeholdelsesudgifter til automatiske solafskærmninger kan være en overraskelse for bygningsejere.

Kuldegener

Kuldegener observeres ofte på grund af kolde overflader som fx kolde ydervægge, kuldebroer hvor bygningsdele samles eller fx ved aluprofiler i glaspartier. Kolde overflader kan skabe kuldenedfald eller resultere i en koldere operativ temperatur end lufttemperaturen pga. kuldestråling.

Trækgener

Trækgener kan opstå under visse kombinationer af lufttemperatur og lufthastigheder. Høje lufthastigheder kan ved lave temperaturer opleves generende, mens samme lufthastigheder ved højere temperaturer ikke giver anledning til gener. Det er årsagen til, at indblæsningen fra ventilationssystemet eller kølearmaturer i nogle situationer giver anledning til trækgener i køleperioder, hvor indblæsningstemperaturen er lavere end rumlufttemperaturen.

Manuel eller automatisk vinduesåbning kan i nogle tilfælde være nødvendig for at opretholde en tilfredsstillende luftkvalitet eller termisk komfort. Vinduesåbning kan give anledning til trækgener for de medarbejdere, som har arbejdsplads nær vinduerne, mens komforten for medarbejdere placeret andre steder er afhængig af vinduesåbning. Man skal derfor være særligt opmærksom på trækgener ved vinduesåbning.

Derudover kan kuldenedfald fra vinduespartier med kold indvendig overflade eller andre kuldebroer eller kolde overflader give anledning til trækgener.

En typisk årsag til observerede trækgener på kontorer er loftsmonterede kølebafler. Der opleves ofte trækgener, hvis placeringen af arbejdspladser er u hensigtsmæssig i forhold til luftstrømme fra kølebaflerne. Nedfaldsluftstrømmen fra kølebaflerne kan ramme en medarbejder enten direkte eller ved afbøjning, når luftstrømme rammer vægge eller møbler. Da der er tale om indblæsningsslut kan luftens temperatur i kølesituationen være flere grader koldere end rumtemperaturen. Der er observeret utallige tilfælde hvor kombinationen af kold luft og høj lufthastighed når medarbejderen og giver anledning til gener. Derfor skal man også være opmærksom på, at sænkning af indblæsningstemperaturen kan skabe trækgener i opholdszonen.

Svingende temperaturer

Hvis der forekommer store stigninger i temperaturen i løbet af dagen, hvor det fx er koldt om morgenen og varmt om eftermiddagen, kan det være generende og vanskeligt at tage højde for i forhold til påklædningen.

Luftkvalitet

Et tilstrækkeligt luftskifte er nødvendigt for at opretholde en tilfredsstillende luftkvalitet. Bygningsreglementet stiller krav til det nødvendige luftskifte. Luftkvaliteten afhænger udover luftskiftet af personbelastningen, aktiviteter og materialernes afgasning.

Mekanisk ventilation

I de mange renoverede og nybyggede bygninger er mekanisk ventilation med varmegenvinding nødvendigt for at kunne overholde bygningsreglementets minimumskrav til luftskiftet sammenholdt med et lavt energiforbrug. Dog er der observeret tilfælde, hvor der ikke er udført performance test af den mekaniske ventilation som sikrer balanceret drift og et tilstrækkeligt luftskifte. Er personbelastningen større end de forhold ventilationen er dimensioneret efter, kan ventilationen ligeledes være utilfredsstillende.

For renoveret byggeri kan der være særlige udfordringer med placeringen af indblæsnings- og udsugningsarmaturer, hvor placeringsmuligheder kan være begrænsede pga. bygningsudformningen. Der er observeret tilfælde, hvor der efter installation af mekanisk ventilation under en renovering ikke opnås opblanding af den tilførte udeluft og indeluften. Nogle områder kan derved være dårligt ventileret, så der i dele af bygningen eller lokaler kan opstå problemer med luftkvaliteten.

Afgasning fra materialer

Valg af bygningsmaterialer uden omtanke for materialernes afgasning kan under opførelse af nybyggeri eller renovering resultere i dårlig luftkvalitet. Der er stor forskel på afgasningen fra forskellige materialetyper og imellem samme materialetyper fra forskellige materialeproducenter, så valg af materialer er særdeles vigtigt for luftkvaliteten. Også inventar kan medvirke til dårlig luftkvalitet. Afgasningen vil som oftest være størst i starten af materialernes levetid og aftage langsomt over tid. Lavt luftskifte og høje temperaturer øger problematikken med materialers afgasning. Materialeafgasning kan give lugtgener, og det er en hyppig årsag til problemer med luftkvaliteten.

Fugt og skimmel

Skimmelvækst opstår når de rette betingelser er opfyldt og høj fugt på materialeoverflader er en forudsætning for, at skimmelvækst kan opstå.

Derudover er betingelserne for vækst; tilstedeværelsen af organisk materiale. Det kan være i form af snavs eller selve materialet som kan give næring til skimmelsvampene. Skimmelsporer findes naturligt udendørs og indendørs og lægger sig i støv på alle overflader. Sporerne spirer når både fugt og næring er til stede. Materialernes overflade skal have en relativ fugtighed på mindst 75 % for, at der er betingelser for skimmelvækst.

Fugtige byggematerialer

Indbygning af fugtige byggematerialer er en hyppig årsag til fugtproblemer. Det kan skyldes uhensigtsmæssig oplagring af byggematerialer på byggepladsen, tilførsel af fugt i byggeperioden eller manglende udtørring i byggeperioden. Når fugtige materialer bygges ind i konstruktioner er der risiko for, at materialerne ikke kan tørre ud. Eller ved at skimmelvæksten etablerer sig inden materialerne bliver tørre. Tør skimmelvækst kan også påvirke indeklimaet. Der er observeret skimmel som følge heraf i adskillige tilfælde.

Fugt i byggematerialer kan ligeledes opstå som følge af skader. Der kan fx være rørskader eller skader i klimaskærmen, og i begge tilfælde vil der kunne opstå opfugtning af materialer som kan føre til nedbrydning, herunder skimmel, råd og trænedbrydende svampe.

Indvendig efterisolering

I forbindelse med renovering, hvor der er opsat indvendig efterisolering med forsatsvægge, er der observeret skjulte fugt- og skimmelproblemer. Problemerne opstår, fordi konstruktionen enten er forkert opbygget eller fordi dampspærren er utæt. Derved kan varm fugtig indeluft trænge ud og føre til høj luftfugtighed inde i konstruktionen, hvor temperaturen er lavere. Typisk gror skimmelsvampene på den oprindelige ydervægsflade.

Tagkonstruktioner

I tagrum observeres ofte fugt- og skimmelproblemer, hvilket kan opstå som følge af overisolering i etageadskillelsen, hvor der ikke er en tæt dampspærre eller som følge af utilstrækkelig ventilation i tagkonstruktioner. Der er stor risiko for udbredt skimmel på mange forskellige undertagsmaterialer, såfremt de rette fugtforhold i perioder af året er tilstede.

Utætte tagdækninger og inddækninger er andre typiske årsager til skimmelvækst, hvor fugttilførslen kommer udefra.