

Branchevejledning for Indeklima

Nybyggeri og Renovering



Støttet af **Realdania** og **Grundejernes Investeringsfond**

Titel	Branchevejledning for Indeklima
Undertitel	Nybyggeri og Renovering
Udgave	1. udgave, 1. oplag
Format	Digital
Udgivelsesår	2025
Udgivet digitalt	September 2025
Støtte	Branchevejledningen er udarbejdet med støtte fra Realania og Grundejernes investeringsfond.
Forfattere	Stine Vogelius, Mette Havgaard Vorre, Tine Steen Larsen, Peter Noyé, Steffen E. Maagaard, Kasper Bach Johannsen, Per Haugaard, Maja Sofie Heiede Christensen, Kirstine Meyer Frandsen, Jesper Konnerup, Jan Christensen, Kim B. Wittchen
Sprog	Dansk
Sidetæl	91 samt tilhørende appendiks
Litteraturhenviisning	Side 88-91
Emneord	Indeklima, renovering, temperatur, luftkvalitet, akustik, lys, specifikationskrav, dokumentation
ISBN	978-87-94561-55-6
Forlag	Institut for Byggeri, By og Miljø (BUILD), Aalborg Universitet A.C. Meyers Vænge 15, 2450 København SV E-post build@build.aau.dk www.anvisninger.dk
Forsidefoto	Siljangade på Amager. Fotokredit: Niels Nygaard Photography

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

Rådgivning vedrørende indeklima kan være omfattende og komplekst, og ofte har individuelle forhold stor betydning. Det er derfor ikke muligt at beskrive alle forhold fuldstændigt og fyldestgørende i denne vejledning, der udelukkende er til informationsbrug. Informationerne i denne publikation er derfor alene af generel karakter og kan aldrig erstatte individuel rådgivning.

Parterne bag Branchevejledning for Indeklima – Nybyggeri og Renovering fraskriver sig ethvert ansvar for ethvert tab, der måtte følge ved brug af vejledningen, uanset hvordan tabet måtte være opstået.

Forord

Branchevejledning for Indeklima – Nybyggeri og Renovering er udarbejdet med støtte fra Realdania og Grundejernenes investeringsfond.

Branchevejledning for Indeklima – Nybyggeri og Renovering erstatter vejledningen fra 2017. Formålet er fortsat at støtte projektering og realisering af et godt indeklima i byggeriet. Vejledningen er udvidet med fokus på klimabelastning, renovering samt visuelt og akustisk indeklima.

Branchevejledning for Indeklima – Nybyggeri og Renovering er udarbejdet af en projektgruppe, som består af:

Stine Vogelius, ARTELIA

Mette Havgaard Vorre, NIRAS

Tine Steen Larsen, NIRAS

Per Haugaard, NIRAS

Peter Noyé, NIRAS

Steffen E. Maagaard, ARTELIA

Kim Wittchen, BUILD

Branchevejledning for Indeklima – Nybyggeri og Renovering er udført for og i tæt samarbejde med branchen, som via flere dialogmøder, workshops og høringsrunder har haft mulighed for at deltage i udviklingen af vejledningen. I dette forløb har der været bidrag fra:

Rambøll, COWI, DTU, Aarhus Universitet, Social- og Boligstyrelsen, Foreningen af Rådgivende Ingeniører, Sweco, Søren Jensen Rådgivende Ingeniørfirma, Aalborg Universitet, Velux, WindowMaster, Teknologisk Institut, Danske arkitektvirksomheder, MicroShade, Bygherreforeningen, AFRY, Rådet for bæredygtigt byggeri, EXHAUSTO, Aaen Engineering, Bygningsstyrelsen, AART, Danvak, Wissenberg, Ekolab, ABC - Rådgivende ingeniører, MT Højgaard Property Development, ICV-Consult, Schneider Electric, OX3 Ventilation, VITA ingeniører, Lindab, WSP, deas, Frandsen & Søndergaard, Veltek Ventilation, Tekniq, Climaid, Dansk Energikoncept, Energiforum Danmark, Condair, JT3 Klima, Netavent

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

Indhold

Nomenklatur	2
1 Indledning	4
1.1 Branchevejledningens formål og målgruppe	4
1.2 Indeklimakrav og indeklimaklasser	5
1.3 Læsevejledning	6
2 Indeklima generelt	7
2.1 Definition af bolig og erhverv	10
3 Indeklima ved renovering	11
3.1 Hvad betragtes som en indeklimatestovering?	11
3.2 Fredede og bevaringsværdige bygninger	13
3.3 Renoveringskrav	14
3.4 Ændret forudsætning for indeklima	17
3.5 Udskiftning af bygningsdele eller komponenter	18
3.6 Prioritering ved udfordringer i renoveringsprojekter	20
4 Indeklimaklasser	22
5 Bolig	24
5.1 Indeklimaklasser	24
5.2 Baggrund	24
5.3 Termisk indeklima	25
5.4 Atmosfærisk indeklima	36
5.5 Visuelt indeklima	41
5.6 Akustisk indeklima	45
5.7 Indeklimadokumentation, bolig	49
6 Erhverv	50
6.1 Indeklimaklasser	50
6.2 Baggrund	51
6.3 Termisk indeklima	52
6.4 Atmosfærisk indeklima	61
6.5 Visuelt indeklima	64
6.6 Akustisk indeklima	74
6.7 Indeklimadokumentation, erhverv	81
7 Design	83
7.1 Integreret design	83
7.2 Dimensionering af klimastyring	84
7.3 Klimastyringens kapacitet	85
7.4 Klimastyringsanlæggets samtidighed	85
7.5 Klimastyringssystemer	86
7.6 Idriftsætning og commissioning	86
Litteratur	88

Nomenklatur

Symbol	Beskrivelse	Enhed
A	Bruttoareal af det kritiske rum	m ²
A _{eff}	Effektivt åbningsareal	m ²
a ₁ , b ₁ ...	Effektivt åbningsareal for de enkelte åbninger	m ²
a _i	Effektivt åbningsareal mellem kritisk rum og tilstødende rum (indvendig dør)	m ²
A _{hul}	Åbningsarealet i vindueshullet	m ²
A _{væg}	Væggens overfladeareal	m ²
A _{xxx-xxxxHz}	Absorptionsareal ved forskellige frekvensbånd korigeret til 100% effektivitet	m ²
b ₁ , b ₂ ...	Bredde af vindueshul	m
BOLIG	Boligens bruttoareal	m ²
C _i	Koncentrationen i indblæsningsluften	ppm
C _{op}	Koncentrationen i opholdszonen	ppm
C ₀	Startkoncentrationen	ppm
dB(A)	A-vægtet lydtrykniveau	dB(A)
F _c	Afskærmningsfaktor, solafskærmning	-
F _{OMG}	Korrektion for omgivende skygger	-
g	Solvarmetransmittans	-
h ₁ , h ₂ ...	Højde af vindueshul	m
h _v	Den frie åbningshøjde i indvendig karm	m
Hz	Hertz	s
L _{Aeq}	A-vægtet, ækvivalent, kontinuert lydtrykniveau	dB
L _{den}	Day-evening-night støjniveau, det døgncorrigerede støjniveau	dB
L' _{n,w}	Vægtet, normaliseret trinlydniveau	dB
L' _{n,w} + C _{1,50-2500}	Vægtet, normaliseret trinlydniveau med en spektral korrektion for lave frekvenser	dB
L _{pA}	A-vægtet lydtrykniveau	dB
L _{pA,LF}	A-vægtet lydtrykniveau for lavfrekvent støj	dB
LT	Lystransmittans	-
n	Luftskiftet i rummet	h ⁻¹
OF	Åbningsgrad (opening factor)	-
P	Antallet af personer i et rum	-
q	Tilført forurening til rummet (v. atmosfærisk komfort)	m ³ /h
q _{n,s}	Naturlig ventilation, sommer	L/s pr. m ²
q _{n,s,tvær}	Naturlig ventilation, sommer ved tværventilation	L/s pr. m ²
q _{n,s,ensidet}	Naturlig ventilation, sommer ved ensidet ventilation	L/s pr. m ²

q_m	Mekanisk ventilation	L/s pr. m^2
$q_{m, \text{reduceret}}$	Reduceret mekanisk ventilation	L/s pr. m^2
Q_{vent}	Luftmængden tilført ved ventilation	m^3/timen
R'_w	Vægtet, reduktionstal (luftlydtransmission)	dB
$R'_w + C_{50-3150}$	Vægtet, reduktionstal (luftlydtransmission) med en spektral korrektion for lave frekvenser	dB
R_{si}	Indvendige overgangsisolans	m^2K/W
Reduktionsfaktor	Forhold mellem det effektive åbningsareal i vinduet og arealet i vindueshullet	-
RH	Relativ luftfugtighed	%
SEL	Specifikt elforbrug til lufttransport	kJ/m^3
T_i	Indetemperaturen i rummet	$^{\circ}C$
T_{ind}	Indblæsningstemperaturen efter varmegenvinder	$^{\circ}C$
T_{io}	Indvendige overfladetemperatur	$^{\circ}C$
T_{op}	Operativ temperatur	$^{\circ}C$
T_{rum}	Rumtemperatur	$^{\circ}C$
T_{ude}	Udetemperatur	$^{\circ}C$
$T_{xxx-xxxxHz}$	Efterklangstid	s
U	U-værdi for en konstruktion	W/m^2K
V_r	Rumvolumen	m^3
Met	Aktivitetsniveau mennesker (1 met = 58 W/m^2)	-
ε_{op}	Ventilationseffektiviteten	-
η / VGV	Varmegenvindingsgrad, mekanisk ventilation	%
τ	Tid	h eller s
Φ	Varmestrømmen	W

1 Indledning

"Branchevejledning for Indeklima – Nybyggeri og Renovering" er en opdateret version af "Branchevejledning for Indeklimaberegninger" udgivet i 2017.

Den oprindelige "Branchevejledning for Indeklimaberegninger" har opnået bred anvendelse i byggebranchen. Den benyttes som programmerings- og aftalegrundlag. Og i hverdagen fungerer den som støtte til projektering, dokumentation og realisering af et godt indeklima i dansk byggeri.

Vejledningen samlede faglig viden og metoder, og den foreslog sammenhængende, afbalancerede krav til indeklimaparametre inkl. forudsætninger for anvendelse og drift. Vejledningen skelnede ikke mellem nybyg og renovering.

Opdateringen af branchevejledningen er sket på baggrund af en række ændrede forhold: et øget fokus på byggeriets klimabelastning og deraf ændringer i byggeskik og metoder, større fokus på eksisterende byggeri og renovering, samt et ønske om også at dække visuelt og akustisk indeklima.

Den nye version indeholder en generel opdatering i forhold byggeriets rammer og dagsordner samt justeringer, uddybninger og rettelser i forhold til det oprindelige arbejde. Løbende tilretning er og vil være nødvendig for et sikre vejledningens aktualitet og relevans – et forhold som initiativtagerne og skrivegruppen bag vejledningen også fremadrettet vil være opmærksomme på.

1.1 Branchevejledningens formål og målgruppe

Formålet med branchevejledningen er at samle viden, samt krav og vejledninger, der vedrører indeklima på tværs af byggeriet og gøre dem anvendelige og tilgængelige. Vejledningen dækker det samlede indeklima – både for nybyggeri og renovering – for alle faser i byggeriet: fra indledende visioner og programmering til projektering, udførelse, idriftsættelse og drift.

Branchevejledningen har til formål at perspektivere og vejlede i forhold til indeklimaets mange krav og parametre, samt deres indbyrdes forudsætninger. Dette sker i sammenhæng med øvrige dagsordner i byggeriet, herunder klimabelastning, energieffektivitet, økonomi, robusthed, drift og realisering af krav – baseret på branchens samlede erfaringer.

Et af hovedformålene med nærværende opdatering er desuden at supplere det eksisterende grundlag med klarere og mere dækkende krav til renovering og ombygning – områder, der ikke er tilstrækkeligt adresseret i bygningsreglementet (BR18), der primært er rettet mod nybyggeri. I enkelte tilfælde vil vejledningen derfor pege på løsninger, der afviger fra gældende praksis i BR, særligt dér, hvor BR i dag ikke differentierer tilstrækkeligt mellem nybyggeri og eksisterende byggeri.

"Branchevejledning for Indeklima – Nybyggeri og Renovering" henvender sig både til bygherrer, som har behov for at specificere indeklimakrav, og til rådgivere, der skal lave design, projektering og idriftsættelse af et indeklima.

Den kan anvendes som metodebeskrivelse af både erfarne og mindre erfarne rådgivere, som får værdi af at kunne referere til en fælles vejledning i forbindelse med kravspecifikationer, designforudsætninger og beregninger.

Nærværende branchevejledning retter sig mod byggeri til erhverv og bolig. For undervisningsrum (klasserum og grupperum) henvises til Branchevejledning for indeklima i skoler (2021).

1.1.1 Branchevejledningens status

Denne branchevejledning er hverken et lovkrav, en standard eller en norm. Den udgør en frivillig vejledning, som byggeriets parter kan vælge at anvende – enten som fagligt referencegrundlag eller som en del af det aftalemæssige grundlag.

Hvis vejledningen anvendes som grundlag for projektering, kravspecificering eller dokumentation, forudsættes det, at både krav og tilhørende beregningsmetoder anvendes samlet. Kravene og metoderne er udarbejdet i tæt samspil og skal ses som en helhed for at sikre en balanceret og valid vurdering af indeklimaet.

1.2 Indeklimakrav og indeklimaklasser

Branchevejledningen forholder sig til relevante krav til indeklima og de tilhørende forudsætninger. Indeklimaet forstås i denne sammenhæng som en helhed, der dækker det termiske, atmosfæriske, visuelle og akustiske indeklima.

Krav og brugsforudsætninger er organiseret i indeklimaklasser og brugsmønstre, som kan tilpasses og kombineres til forskellige ambitionsniveauer og den konkrete kontekst – fx nybyggeri eller renovering.

Indeklimaparametrene afbalanceres indbyrdes, så de samlet sikrer et ensartet kvalitetsniveau. Afbalanceringen tager også højde for såkaldt marginalkvalitet, dvs. særlige forudsætninger og begrænsninger i det eksisterende byggeri. Ved renovering kan der fx være hensyn til særlig arkitektonisk kvalitet, bevaringsværdier eller fysiske begrænsninger, som ændrer den sædvanlige balance mellem komfort, sundhed og sikkerhed – en balance, der i højere grad kan oprettholdes i nybyggeri.

Indeklimaklasserne i denne vejledning er udviklet som et svar på den kompleksitet og forvirring, der kan opstå i mødet med et stort antal overlappende publikationer og standarder – herunder Bygningsreglementet og tilhørende vejledninger, danske og internationale standarder (DS, EN, ISO), samt certificeringsordninger som DGNB og LEED. Formålet har været at skabe en fælles, praksisnær og anvendelig ramme for indeklima i dansk byggeri – uafhængigt af rådgiver, geografi eller projektstørrelse.

Det er ikke muligt at opnå fuld konsensus på tværs af alle gældende standarder og vejledninger, da de er udviklet med forskellige formål, på forskellige tidspunkter og i forskellige kontekster. Branchevejledningen tilbyder derfor et balanceret og helhedsorienteret alternativ, som kan anvendes konsistent i hele branchen.

I visse tilfælde vil branchevejledningen derfor pege på konkrete acceptkriterier og grænseværdier, der afviger fra eksisterende standarder og vejledninger.

Dette skal ikke opfattes som faglig uenighed med disse, men som udtryk for en anden og mere helhedsorienteret afvejning.

I situationer hvor branchevejledningen, som følge af særlige forhold, peger på krav og løsninger der kan være i strid med Bygningsreglementet, anfører branchevejledningen, at dette skal se med dispensation fra myndigheden.

1.3 Læsevejledning

Branchevejledningen er opbygget så, hoveddokumentet indeholder alle overordnede krav til indeklimaet i kort form, mens appendiks rummer de detaljerede beskrivelser af metoder, beregninger og forklaringer til krav i hoveddokumentet.

Er man fx i tvivl om hvordan et krav skal beregnes eller simuleres kan man så læse uddybende beskrivelser i appendiks.

1.3.1 Henvisning

Ved henvisning til et appendiks anvendes følgende format i margen ved siden af teksten:

Appendiks A1



Dette angiver, at det pågældende emne er uddybet i det nævnte appendiks med fx begreber, beregningsmetoder, eksempler eller andet. I dette eksempel henvises til Appendiks A1 (termisk indeklima).

Bemærk, at mange af henvisningerne ikke fremgår direkte i teksten, men kan findes via denne struktur.

Hvis en boks er markeret med grå, betyder det, at der er tale om et direkte citat fra en kilde, for eksempel Bygningsreglementet.

1.3.2 Branchevejledningens krav

Denne branchevejledning – Branchevejledning for Indeklima – Nybyggeri og Renovering (benævnt fremadrettet som BVI 2.0) - indeholder krav og anbefalinger, som kan bruges, når man vurderer indeklimaet i et byggeri. Følges vejledningen, skal kravene overholdes.

Kravene i denne branchevejledning bygger på danske og internationale standarder, som enten er anvendt direkte eller tilpasset den danske kontekst og bygningsreglementets krav.

Derfor er en del af kravene i BVI også lovkrav ifølge Bygningsreglementet 2018 (BR18). Alle henvisninger til standarder, lovparagraffer og kravspecifikationer, som ligger til grund for vejledningens krav, er samlet i Appendiks J.

Appendiks J



2 Indeklima generelt

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 være påvirket af den situation, personen befinder sig i. Det optimale indeklima skaber komfort for flest mulige personer, men på grund af forskelle i individuelle præferencer vil man aldrig kunne gøre alle fuldt ud tilfredse samtidig.

Indeklimaet i en bygning omfatter det termiske, det atmosfæriske, det visuelle og det akustiske indeklima. Herunder beskrives de fire indeklima elementer og deres betydning for indeklimaet:



Termisk indeklima



Atmosfærisk indeklima



Visuelt indeklima



Akustisk indeklima

Termisk indeklima

Temperatur, relativ fugtighed og træk

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 præstationsevne.

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

Om man er i termisk komfort, afhænger desuden af ens beklædning og aktivitetsniveau. Da vi typisk har lidt mindre eller tyndere tøj på om sommeren, ligger den foretrukne temperatur højere end om vinteren.

Træk opstår, når dele af kroppen nedkøles på grund af luftbevægelser. Oplevelsen af træk forværres ved stigende lufthastighed og ved lavere temperaturer. For at tage højde for dette benyttes "trækrisiko" som et mål for, hvor mange der vil opleve træk under givne forhold.

Den relative luftfugtighed påvirker både det termiske og det atmosfæriske indeklima. Lav luftfugtighed fører til irritation og tørrer hænder, øjne og slimhinder, men giver også en oplevelse af frisk luft. Høj relativ luftfugtighed fører til en oplevelse af tung luft og vil medvirke til at et varmt lokale opleves endnu varmere.

I kontorlokaler og lignende er der yderst sjældent problemer med den relative luftfugtighed, da fugtafgivelsen fra personer ofte er tilstrækkelig til at holde den relative luftfugtighed over 20% og der typisk forekommer et tilstrækkeligt luftskifte til at holde den relative luftfugtighed nede på et fornuftigt niveau under 60%.

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

Atmosfærisk indeklima

Luftkvalitet og afgangning

Det atmosfæriske indeklima handler om luftens kvalitet i indeklimaet. Luftens kvalitet afhænger bl.a. af indholdet af lugtstoffer og af forureninger fra både mennesker, inventar og byggematerialer. God luftkvalitet er vigtigt for at opnå et behageligt, sundt 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 tilstrækkeligt luftskifte og bortventilering af forureninger oplever brugerne gener. Indledningsvist opleves det som døsighed 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. Som noget nyt sættes der også fokus på afgangninger til indeklimaet i form af forurenende stoffer herunder flygtige organiske stoffer (VOC), ultrafine partikler ved madlavning og radon.

Visuelt indeklima

Dagslys, udsyn og belysning

Det visuelle indeklima omhandler primært dagslysmængde og -fordeling, udsyn til omgivelserne, elektrisk belysning og blænding.

Dagslys, udsyn og den elektriske belysning har indflydelse på både vores døgnrytme, sundhed og præstationsevne. Undersøgelser viser, at netop gode dagslysforhold og frit udsyn er blandt de mest værdsatte elementer i et godt indeklima. Dagslyset påvirker præstationsevnen og forandringerne i lyset medvirker til at give hjernen et boost, fx når solen bryder igennem og øger lysmængden markant. Grønne omgivelser er det mest optimale udsyn og samtidigt det, som personer i høj grad værdsætter, og så virker det afstressende.

I lokaler med skrivebordsarbejde er det dagslysets mængde og fordeling på bordfladen, der giver størst værdi. Derfor bør vinduerne her hovedsageligt placeres over skrivebordsniveau i erhvervsbygninger. I boliger får man mere ud af dagslys på gulvet, fordi hele rummet bruges til ophold på en anden måde end i erhverv. Derfor giver glaspartier helt til gulv stor værdi, særligt i stue og køkken/alrum, men kan være generende i forhold til oplevelsen af privathed og mængden af varme, der kommer ind ad store vinduespartier.

Dagslys og udsyn påvirkes i høj grad af vinduernes størrelse, placering, udformning og kvalitet. Men hænger også sammen med indretning og valg af overflader i rummet og med omgivelserne udenfor bygningen. Der er altså både forhold man som bygningsejer har indflydelse på og forhold, som man ikke kan ændre, og hvor man i stedet må indrette sig efter omgivelserne for at skabe gode dagslys- og udsynsforhold. Særligt ved renovering vil mange forhold være låst, og det er derfor helt afgørende at gøre sig umage på de resterende parametre for at skabe gode rum, der er rare at være i.

Vinduer kan med fordel placeres med forskellige orienteringer, hvis det er muligt, eller suppleres med ovenlys. Netop lysindfald fra flere retninger bidrager væsentligt til dagslysoplevelsen. Placering af vinduer, deres størrelser og egen-skaber indgår som regel i en optimering mellem dagslys, udsyn, privatliv og det termiske indeklima. Store vinduesarealer giver let problemer med høje temperaturer, på grund af et stort varmetilskud fra solen, og derfor er det en balance både at sikre godt dagslys og et godt termisk indeklima.

Af hensyn til det termiske indeklima kan udsynet i dele af brugstiden være blokeret af solafskærmning for at undgå overophedning. I kravspecifikationerne er der angivet forslag til hvor stor en del af brugstiden, udsynet må være blokeret afhængigt af typen af afskærmning.

Elektrisk belysning tager over, når der ikke er tilstrækkeligt dagslys. Bygningsreglementet stiller krav om dagslysstyring på nye anlæg til erhvervsbyggeri. Dette gælder også hvis et belysningsanlæg udskiftes. Derudover kan farvetemperaturen i dag justeres og i højere grad afspejle dagslysets variationer, hvilket hjælper hjernen til en bedre døgnrytme.

Akustisk indeklima

Lyd og støj

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.

Bygningsreglementet stiller specifikke krav i lovteksten eller i vejledninger til lydforhold i både boliger og erhvervsbygninger for at sikre et tilfredsstillende akustisk indeklima. Lydforhold inkluderer lydisolation mellem enheder, kontrol af efterklangstid i rum og begrænsning af støj fra tekniske installationer. Disse krav og vejledninger sikrer, at lydniveauet er passende for bygningens anvendelse og bidrager til brugernes trivsel og produktivitet. Akustik i BVI omfatter følgende kategorier:

- Lydisolation: Kravene til lydisolation omfatter både luftlyd og trinlyd mellem boligheder og mellem rum i erhvervsbyggerier.
- Rumakustik: Efterklangstid skal kontrolleres og optimeres for forskellige typer rum, såsom kontorer, undervisningslokaler og fællesområder.
- Støj fra installationer: Begrænsning af støj fra ventilationssystemer, varmepumper og andre tekniske installationer.
- Støj fra veje og jernbaner: Ekstern støj fra trafik og tog kan påvirke indeklimaet betydeligt.

2.1 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 der ikke tvivl om, hvorvidt 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 1 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 personer bl.a. kan færdes frit, justere sin påklædning, åbne og lukke vinduerne. Omvendt gælder det for erhverv, at brugerne er helt eller delvist låst til en bestemt indretning, at der er stilles krav til produktivitet og hvilke opgaver der skal løses, samtidig med at der kan være en 'dress code'.

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

Tabel 1. Bygningstyper opdelt på bolig og erhverv. Graderingen 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 ¹⁾
Dobbelthuse	Daginstitutioner og skolefritidsordninger
Rækkehuse	Sygehuse
Kædehuse	Idrætsanlæg og klubhuse
Gruppehuse	Detailhandel, service, butikker og butikscentre
Tofamiliehuse	Engroshandel og opvarmet lager
Pleje- og døgninstitutioner	Fængsler
Kollegier	Institutioner med tvangsanbringelser
Hotelværelser	Psykiatri
Feriekolonier	Restauranter, biografer, forlystelser, museer, biblioteker, kirker o. lign.
Fælleshuse	
Vandrehjem	Opvarmede værksteder og laboratorier samt let produktion og montage

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

¹⁾ Se *Branchevejledning for indeklima i skoler (2021)* for krav til denne kategori.

3 Indeklima ved renovering

Af hensyn til de plantære grænser, ressourcer og klimabelastning er det afgørende at vi udnytter det eksisterende byggeri og den allerede afholdte klimabelastning som alternativt til at bygge nyt. Dermed spiller renovering en central rolle i reduktion af miljøpåvirkningen og bevaring af ressourcer.

Meget af det allerede eksisterende byggeri rummer store arkitektoniske, rummelige og materialemæssige kvaliteter, som med en opdatering af funktionalitet, samt indeklima og energi kan udgøre tilsvarende eller bedre alternativer til at bygge nyt.

For at understøtte dette fokus introduceres i BVI en indeklima-renoveringsklasse (herefter kaldet indeklimaklasse renovering). Denne nye klasse supplerer de eksisterende indeklimaklasser i BVI ved at fastsætte et minimumsniveau for indeklimaet, når bygninger renoveres.

3.1 Hvad betragtes som en indeklimarenovering?

En indeklimarenovering omfatter alle ændringer, der påvirker de grundlæggende forudsætninger for en bygning eller et rums indeklima. Definitionen inkluderer både store og små ændringer, uanset om der er tale om en renovering, transformation eller ombygning. Så længe en ændring har indflydelse på indeklimaets termiske, atmosfæriske, akustiske eller visuelle forhold, betragtes den som en indeklima-renovering. Eksempler på renovering kan være:

- Udskiftning af vinduer eller døre til typer med en lavere g-værdi
- Ændring af rummets indretning, fx fra 2 til 3 bordrækker
- Ændring fra celle- til storrumskontor

Flere konkrete eksempler på renoveringer findes i afsnit 3.4 – 3.5.

Når ændringer klassificeres som en indeklimarenovering og BVI anvendes til krav sætning, skal de relevante indeklimakategorier og deres tilhørende krav følges.

Det skal bemærkes, at en tilbygning ikke defineres som en renovering, men som en ny bygning eller bygningsdel. Derfor skal en tilbygning som minimum overholde de gældende indeklimakrav i bygningsreglementet for nybyg.

3.1.1 Afgrænsning

I nedenstående tabel er det beskrevet, hvornår en renovering anses for at være så væsentlig, at den skal overholde nye krav til indeklimaet. For at tydeliggøre grænsen mellem egentlige renoveringer og mindre ændringer er der indført bagatelgrænser. Disse præciserer, hvornår krav om indeklimavurderinger udløses, og hvornår projektet fortsat kan gennemføres uden yderligere dokumentation.

Tabel 2. Bagatelgrænser for renoveringsprojekter iht. BVI 2.0

Indeklimaområde	Bagatelgrænse
Termisk, atmosfærisk og visuelt indeklima	< 20% øgning i intern belastning (personer, udstyr og belysning)
	< 10% øgning af samtidighed
	< 10% ændring af g-værdi ift. det oprindelige niveau
	< 10% ændring af LT-værdi ift. det oprindelige niveau
	< 10% ændring i glasareal
	< 20% større udvidelse af arbejdszonen ift. dagslys
Akustisk indeklima	Kravene omfatter alene nye/nytilførte komponenter og bygningsdele, nyindrettede områder og ændrede bygningsdele samt de konsekvenser de nye dele/ændringerne måtte give på det akustiske indeklima ¹

¹⁾ Eksisterende indretninger / konstruktioner uden ændringer udløser ingen ekstra akustiske krav

3.1.2 Bemærkninger

- Hvis et renoveringsprojekt ændrer flere forhold på én gang, skal man se på den samlede effekt i forhold til hver enkelt bagatelgrænse. Projektet kan kun gennemføres uden ekstra dokumentation, hvis ingen af ændringerne – hverken enkeltvis eller tilsammen – overskrider de fastsatte bagatelgrænser (se eksempel nedenfor).
- Hvis en renovering udføres i flere etaper over tid, bør man løbende vurdere, om der er behov for at opdatere indeklimategningerne, så de samlede ændringer fortsat holder sig inden for de acceptable grænser.
- Ved renovering af gamle boliger hvor etagedækket består af træbjælker anbefales det at lave akustiske forbedringer af trinlyden, som oftest er en stor udfordring for denne type konstruktion.
- Arbejdstilsynet stiller minimumskrav til dagslysforhold i arbejdsrum (gældende for både renovering og nybyggeri). Konkret skal der sikres en tilstrækkelig dagslystilgang, hvilket som tommelfingerregel anses for opfyldt, når vinduesarealet ved sidelys udgør mindst 10 % af gulvarealet inkl. korrektioner, som også gælder for renoveringer.

3.1.3 Eksempel på anvendelse

- Ingen dokumentation:
Intern belastning +8% og glasareal +5 %. Den samlede effekt vurderes til at ligge under bagatelgrænsen på +20 % intern belastning og ±10 % glasareal → ingen yderligere dokumentation.
- Dokumentation:
Intern belastning +12% og glasareal +9%. Den kombinerede effekt vurderes at overskride bagatelgrænsen for +20% intern belastning → krav om indeklimategning.

3.2 Fredede og bevaringsværdige bygninger

Fredede og bevaringsværdige bygninger kan udgøre en særlig problemstilling i forhold til renovering. Fredningslovgivningen anfører, at der lægges vægt på, at bygninger, der værnes, får en hensigtsmæssig funktion, der under hensyntagen til bygningernes særlige karakter tjener til deres opretholdelse på længere sigt.

I den forbindelse må der forventes et behov for renovering således, at disse får en indeklima- og subsidært energimæssig stand, der understøtter deres fremadrettede anvendelse. De særlige indeklimaklasser til renovering understøtter dette.

Ud fra en konkret vurdering af den enkelte fredede eller bevaringsværdige bygning, de stedlige værdier og bærende bevaringsparametre, kan der opstilles renoveringsscenarier. Disse scenarier kan opstilles med en kombination af indeklimaparametre fra de forskellige klasser, der forbedrer byggeriet og understøtter bedre indeklima, og fx energieffektivitet, som samtidig understøtter den fremtidige funktion.

Indeklimaklasse renovering giver eksempelvis mulighed for håndtering af særlige facadeforhold, der kan reducere dagslystilgangen, eller føringsveje til etablering af tilstrækkelig ventilation i forhold til kravene, som vi kender fra nybyggeri. I mange situationer vil andre kvaliteter i det fredede eller bevaringsværdige byggeri og justeringer i anvendelse kunne mitigeres for den manglende kvalitet, der introduceres ved at reducere kravene til indeklimaklasse renovering.



Figur 1. Folketingssalens loft.

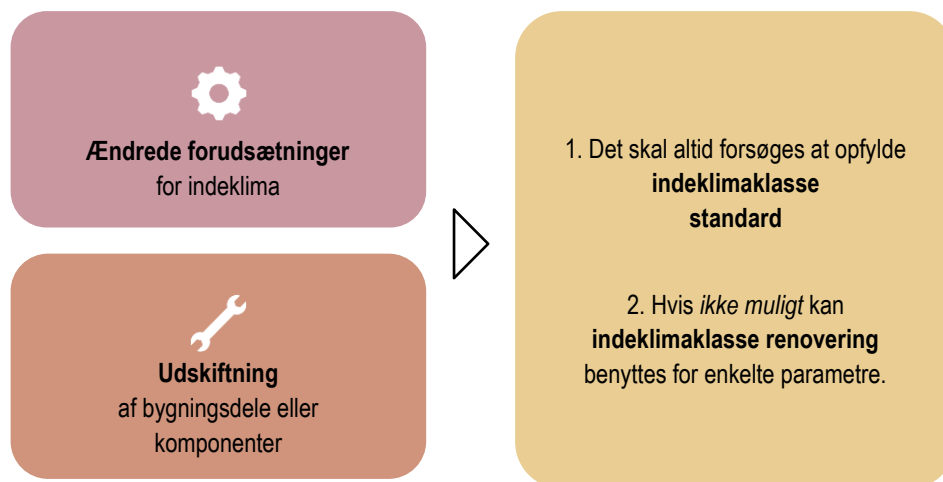
3.3 Renoveringskrav

Renovering, transformation eller ombygning kan variere betydeligt i omfang, og påvirke indeklimaet på forskellig vis. For at tydeliggøre hvornår der stilles krav, opdeles indeklimarenovering i to kategorier:



Formålet med opdelingen er at synliggøre, at både ændrede forudsætninger og udskiftninger kan kræve dokumentation af indeklimaet – men af forskellige årsager. Eksempler på *ændrede forudsætninger* og *udskiftning af bygningsdele eller komponenter* findes i henholdsvis afsnit 3.4 og 3.5.

Ved renovering, hvad enten der er tale om ændrede forudsætninger eller udskiftning, gælder de samme krav og prioriteringer, som rækker ud over Bygningsreglementet, der ikke stiller direkte krav til indeklimaet for en renovering.



Renoveringskrav:

1. Indeklimaklasse *Standard* er udgangspunktet
 - Skal altid forsøges overholdt for termisk, atmosfærisk, visuelt og akustisk indeklima.
 - Dokumenteres i en indeklimarapport og – for akustik – i en akustisk redegørelse til bygherre. Indholdet af sådanne rapporter kan ses i afsnit 5.7 og 6.7.

2. Indeklimaklasse renovering kan anvendes i særlige tilfælde

- Kun hvor fysiske eller arkitektoniske forhold gør det umuligt at opfylde *Indeklimaklasse Standard*.
- Må kun bruges for enkelte parametre – ikke som samlet dimensioneringsgrundlag.
- Hvis der anvendes indeklimaklasse renovering, skal bevæggrundene altid begrundes og dokumenteres overfor bygherre.

3.3.1 Indeklimaklasse renovering

Indeklimaklasse renovering må kun bruges til renovering og fastsætter minimumskrav til indeklima. Den er mindre restriktiv end de andre indeklimaklasser og har fokus på at bevare bygninger ud fra et klimamæssigt helhedsperspektiv. Indeklima efter renoveringsklassen sikrer et *acceptabelt*, men ikke nødvendigvis *tilfredsstillende* indeklima. Renovering må kun vælges for de parametre, hvor det er nødvendigt, da hvert forhold påvirker oplevelsen af de øvrige, som en cocktail-effekt. Høje temperaturer påvirker fx den oplevede luftkvalitet negativt. De specifikke krav til indeklimaet for indeklimaklasse renovering fremgår af kravs-tabellerne i afsnittene for bolig og erhverv.

Indeklimaklasse renovering må kun benyttes hvor fysiske eller arkitektoniske forhold gør det "*uforholdsmæssigt dyrt*" eller "*ikke muligt*" at opfylde *Indeklimaklasse Standard*. Eksempler på disse forhold kan være:

- Fysiske begrænsninger: Pladsforhold eller tekniske hindringer.
- Arkitektoniske værdier: Bevarelse af bygningens æstetiske eller historiske elementer, såsom stuklofter eller unikke bygningsdetaljer.

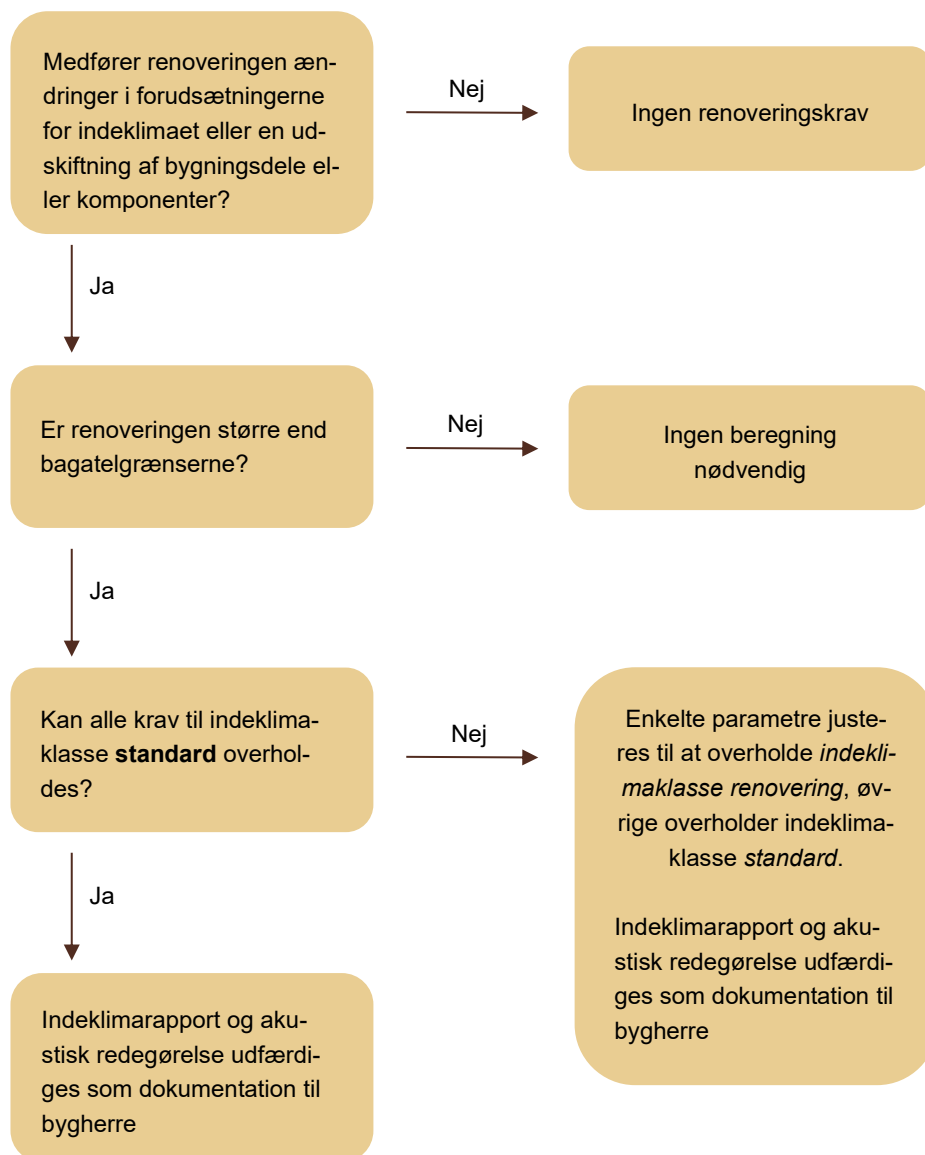
Begrundelse af hvorfor forhold gør det "*uforholdsmæssigt dyrt*" eller "*ikke muligt*" at anvende indeklimaklasse standard skal dokumenteres til bygherre i en indeklimarapport og akustisk redegørelse.

3.3.2 Indeklimarapport og akustisk redegørelse

Som dokumentation for det opnåede indeklima udarbejdes en eller flere rapporter for henholdsvis det termiske, atmosfæriske og visuelle indeklima. Derudover udarbejdes en akustisk redegørelse, hvor både det faktiske akustiske indeklima og eventuelle forbedringsforslag præsenteres. Formålet med disse rapporter er at skabe gennemsigtighed omkring indeklimaets tilstand i forbindelse med renoveringen, vise det "*nye*" indeklima samt at informere bygherren om eventuelle udfordringer, der har nødvendiggjort anvendelsen af indeklimaklassen for renovering.

3.3.3 Proces for renovering

For at afklare hvilke indeklimakrav der er gældende, kan dette flowdiagram anvendes:



Figur 2. Flowchart med krav der skal overholdes ved renovering

3.4 Ændret forudsætning for indeklima

En *ændret forudsætning for indeklimaet* betyder, at der sker en ændring under en renovering, transformering eller ombygning, som har indflydelse på indeklimaet – det gælder både atmosfærisk, termisk, visuelt og akustisk indeklima. Det kan fx ske ved ændret anvendelse af bygningen, som når en børnehave omformes til boliger, eller hvis personbelastningen øges.

Det er vigtigt at være opmærksom på, at hvis renoveringen skal overholde energikravet for Bygningsreglementets renoveringsklasse 1, stilles der krav om, at bestemmelserne vedrørende dagslys, termisk indeklima og ventilation for nybyggeri overholdes.

Renoveringskravene er generelt:



1. Indeklimaklasse standard (udgangspunkt)



2. Indeklimaklasse renovering (kun undtagelsesvis)

Ændrede forudsætninger for indeklimaet dækker over mange forskellige situationer. Fælles for dem alle er, at de på den ene eller anden måde vil påvirke indeklimaet positivt eller negativt. Eksempler på tiltag, der vil udløse dette krav, kan være:

- Ændret anvendelse
- Ændret indretning
- Ændret personbelastning fx fra 2 til 3 bordrækker
- Ændret udstyrsbelastning
- Andet brugsscenarie (fx fra 80% til 100% belastning)
- Ændret brug af solafskærmning
- Ombygning fra cellekontorer til åbne kontorlandskaber
- Ændring i åbningsarealer for naturlig ventilation
- Ændring i g-værdi fx påsætning af solfilm

Ved ændringer i indretning, der påvirker dagslysforhold, skal der foretages en rimelighedsvurdering i forhold til placeringen af arbejdspladser og det tilgængelige dagslysniveau i de eksisterende bygninger. Hvis indretningen fx ændres fra to bordrækker til tre bordrækker i dybden, skal man som minimum udføre en 10%-beregning af dagslyset i henhold til gældende regler. Dette sikrer, at vinduesarealerne er tilstrækkelige til at levere tilfredsstillende dagslysforhold for den inderste bordrække.

Forhold, der kan påvirke dagslysforhold, kan fx være:

- Ombygning fra cellekontor til storrumskontor
- Ændret indretning
- 1:1 udskiftning af vinduer med en LT mindre end 70%
- Ændret facade (nye vinduesstørrelser)

Eksempel 3.1

Brug af renoveringsafsnittet i vejledningen

Et kontordomicil renoveres fra cellekontorer til et åbent kontorlandskab. Renoveringen påvirker indeklimaet og klassificeres derfor som en *ændret forudsætning for indeklimaet*.

Krav:

Indeklimaklasse *Standard* skal forsøges overholdt. Kravet til termisk indeklima kan ikke overholdes pga. manglede pladsforhold til den nødvendige ventilation, og derfor anvendes krav for *indeklimaklasse renovering* til termisk indeklima, som fremgår under erhverv afsnit 6.3. Alle andre forhold overholdes til *Standard*.

3.5 Udskiftning af bygningsdele eller komponenter

Udskiftning er, når en bygningsdel eller en komponent udskiftes. Dette kan for eksempel være en hel gulvkonstruktion eller komponenter som ventilationsanlæg. I de gamle bygningsreglementer er det ikke alle indeklimaparametre, som historisk set har haft et krav.

Renoveringskravene er generelt:



1. Indeklimaklasse standard (udgangspunkt)



2. Indeklimaklasse renovering (kun undtagelsesvis)

Eksempler på udskiftninger kunne være:

- 1:1 udskiftning af vinduer / døre
- Ændring i størrelse af vinduer
- 1:1 udskiftning af vinduer / døre med andre vinduesegenskaber (g/LT)
- Udskiftning af facade, gulv, indervægge og lignede
- Udskiftning af ventilationsanlæg
- Udskiftning af solafskærmning

Alt efter om der er tale om udskiftning af vinduer, gulv eller andre bygningsdele, er der for indeklimaklasse renovering opsat forskellige krav. Disse kan ses under de respektive afsnit for bolig og erhverv.

For akustik gælder kravet om indeklimaklasse *Standard* kun for de bygningsdele/komponenter/indretninger, der berøres af renoveringen – og kun hvis der sker ændringer, som påvirker det akustiske indeklima. Hvis fx man tilføjer mekanisk ventilation så skal krav til støj fra tekniske installationer overholdes. Hvis man skifter vinduer, så skal man forholde sig til krav for facadelydisolationen.

For dagslys er det i indeklimaklasse renovering tilladt at udskifte vinduer 1:1 under forudsætning af en lystransmittans *højere eller lig 70%*. Selvom overgangen fra en 1-lags eller 2-lags rude til en 3-lags rude potentielt kan reducere mængden af dagslys, vurderes det, at en lystransmittans over 70% vil opretholde et

tilfredsstillende niveau af naturligt lys, og der er ikke behov for yderligere tiltag for at forbedre dagslyset. Dette betyder, at de eksisterende vindueshuller kan bevares uden ændringer i størrelse, hvilket både kan spare tid og reducere omkostningerne ved renoveringen.

Ved en 1:1 udskiftning til nye vinduer med en lystransmittans *under 70%*, skal det sikres, at dagslyset kan overholde krav til indeklimaklasse *renovering* og ikke er dårligere end krav i bygningsreglementet ved ibrugtagning for den aktuelle indretning.



Figur 3. Renovering af Scandic Nørreport restaurant. Fotokredit: Scandic

3.6 Prioritering ved udfordringer i renoveringsprojekter

I renoveringsprojekter er hovedmålet at bevare og videreføre den eksisterende bygningsmasse, da dette ofte er den mest bæredygtige løsning set i et helhedsperspektiv.

Når det ikke er muligt at opfylde energi-, komponent- og indeklimakrav samtidig, bør prioriteringen være:

1. Sundt indeklima – renoveringen skal sikre et godt og sundt indeklima for brugerne
2. Energikrav - herefter søges energikravene opfyldt, men uden at gå på kompromis med indeklimaet

Hvis det ikke er muligt at opfylde både energikrav og indeklimakrav, kan en løsning være at søge dispensation, ikke kun for at sikre indeklimaet, men også som en måde at begrænse omkostninger samt reducere materiale- og ressourceforbruget.

I det følgende præsenteres en prioriteringsrækkefølge for, hvordan man kan arbejde med at opnå den bedst mulige eksisterende bygningsmasse under hensyn til både indeklima, økonomi og klimaaftryk. Hvor det ikke er muligt at opfylde alle krav, anbefales det at prioritere indeklimaet frem for energiforbruget for at realisere bygningernes fulde potentiale og tilgodese brugerne.

Tabel 3. Prioriteringsrækkefølge ved udfordringer i renoveringsprojekter

Rækkefølge	Eksempler på kompromiser	Bemærkning
1. Sikre et sundt indeklima	Kompromis med enkelte parametre indenfor temperatur, luftkvalitet, dagslysforhold og akustik	Det er vigtigt at være opmærksom på, at indeklimaet forringes markant, hvis der går på kompromis med flere indeklimaparametre samtidigt.
2. Opretholde energikrav	Kompromiser ved eventuelt at søge dispensation for SEL-værdi, VGV, U-værdier og linjetab	Det er vigtigt, at kompromiset ikke resulterer i et indeklimaproblem fx fugt eller støj fra ventilation

Denne prioritering sikrer, at bygningen forbliver sund og funktionel for brugerne, samtidig med at den understøtter en bæredygtig og optimal udnyttelse af eksisterende bygninger.

3.6.1 SEL-værdi og luftkvalitet

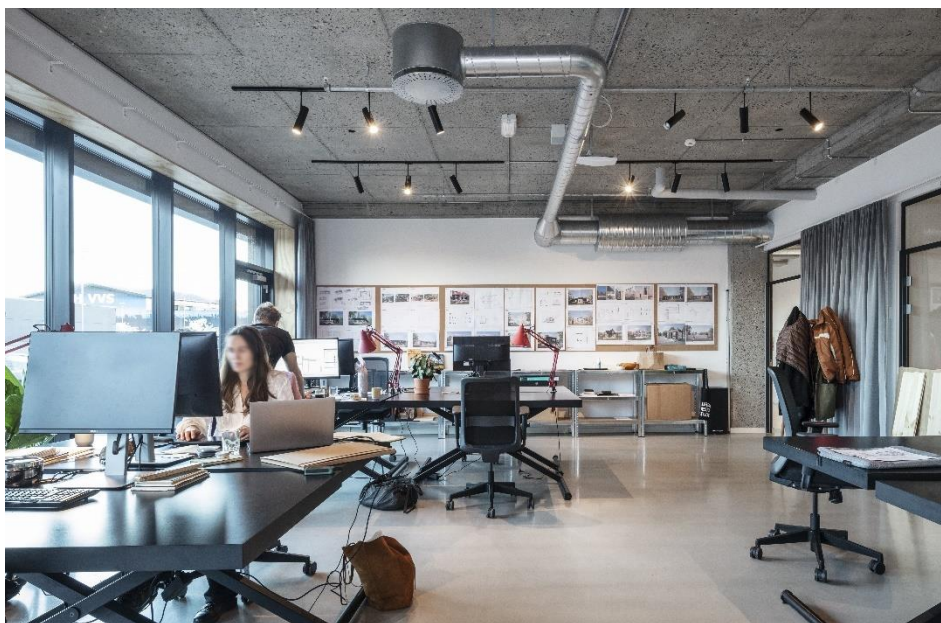
Når man anvender anbefalinger for luftkvalitet i indeklimaklasse renovering, afspejler disse et kompromis mellem et acceptabelt indeklima og energiforbrug, i forhold til at opnå større mulighed for mere renovering af den eksisterende bygningsmasse og dermed et klimahensyn.

Men bygningsreglementets krav til ventilationens energieffektivitet (SEL-værdi) er udviklet med fokus på nybyggeri, hvor der er færre begrænsninger og en bedre omkostningseffektivitet. Derfor kan kravene ofte være for ambitiøse i renoveringsprojekter, hvor der er flere praktiske udfordringer.

Hvis man gennemfører en renovering efter de givne luftkvalitetskrav og samtidig forsøger at opfylde SEL-kravene for nybyggeri, kan det i nogle tilfælde resultere

i et ubalanceret forhold mellem indeklima og energieffektivitet. Dette kan skabe et overdrevent fokus på energibesparelser, der ender med at gå ud over både indeklimaet og det oprindelige formål om at reducere klimabelastningen gennem øget renovering.

Hvis det ikke er muligt at overholde både indeklima og SEL-værdi kan det **overvejes** at søge en dispensation fra SEL-kravet i forbindelse med renovering. Dispensationen kan søges ud fra at lade SEL-kravet gælde for 80% af den maksimale nominelle luftmængde (som vejledning), hvilket giver mulighed for at opnå god luftkvalitet og et acceptabelt energiforbrug i samspil.



Figur 4. Renovering af ventilation. Fotokredit: Niels Nygaard Photography

Bygningsreglementet åbner selv, i vejledningsteksten for ventilation, op for en vis fortolkning af ventilationskravene i boliger. Den generelle bestemmelse lyder:

"Ved ombygning og renoveringsarbejder kan der ske lempelser af bestemmelserne i §443, stk. 2, når ombygningsarbejdet efter kommunalbestyrelsens skøn ikke kan udføres uden omfattende ændringer i bebyggelsen."

4 Indeklimaklasser

I de indledede faser er det afgørende at få afklaret med bygherre/lejer, hvilke indeklimakrav der ønskes. Der benyttes følgende indeklimaklasser:



Bygherre skal afgøre, hvor de gerne vil have ekstra fokus på indeklima og derfor vælge en *skærpet* indeklimaklasse, hvor de kan acceptere *standard* og i hvilke rum, uden fast personophold, de kan acceptere *minimum*.

Det er vigtigt at bemærke, at vælges *skærpet* betyder det ikke nødvendigvis, at alle krav til denne klasse skal følges. I stedet bør man vælge de krav, der giver mening for det specifikke projekt.

Det er så muligt at vælge mellem følgende fremgangsmåder, når kravene til indeklimaet skal defineres for et projekt:

- Krav til indeklimaet er defineret for de enkelte parametre
- Krav til indeklimaet er defineret per indeklima (fx termisk eller visuelt)
- Der anvendes kun indeklimaklasse *standard*
- Der anvendes kun indeklimaklasse *skærpet*

Denne tilgang sikrer, at indeklimaforholdene tilpasses specifikke behov og ønsker, samtidig med at der foretages en bevidst vurdering af, hvor indeklimaforbedringer vil skabe størst værdi for det enkelte projekt.

Eksempel 4.1

Kombination af indeklimaparametre for et nybyg-projekt

I et boligprojekt ønsker bygherre at projekttere efter standardkrav til det termiske, visuelle og akustiske indeklima, mens krav til det atmosfæriske indeklima ønskes skærpet på nogle parametre, herunder afgangstest af indeklimaet.

Tabel 4. Eksempel på hvordan kravniveau til et projekt kan kombineres pr. parametre og pr. indeklimaelement

Indeklimaparametre	Kravniveau
Termisk indeklima	
Operativ temperatur	Standard
Trækrisiko	Standard
Relativ fugtighed	Standard
Robusthed	Skærpet
Atmosfærisk indeklima	
Udelufttilførsel	Standard
Filterkvalitet	Skærpet
Emhætter	Standard
Afgasning til indeklimaet ved flygtige organiske stoffer (VOC)	Standard (+ frivillig test)
Visuelt indeklima	Standard
Akustisk indeklima	Standard

Særlige forhold i det eksisterende byggeri kan dog gøre, at det ikke er muligt for alle indeklimaparametre, at blive løftet op i indeklimaklasse standard. For disse særlige forhold, kan indeklimaklasse renovering anvendes for enkelte indeklimaparametre, hvis der findes en velovervejet begrundelse for, at de fysiske eller arkitektoniske forhold forhindrer opfyldelse af højere indeklimaklasse.

Eksempel 4.2

Kombination af indeklimaparametre for renovering

Tabel 5. Eksempel på et renoveringsprojekt, hvor standardkravene til indeklimaet ikke kan opfyldes for alle parametre, og hvor indeklimaklasse renovering derfor anvendes som alternativ

Indeklimaparametre	Kravniveau
Termisk indeklima	
Operativ temperatur	Standard
Træk, relativ fugtighed	Renovering
Atmosfærisk indeklima	Standard
Visuelt indeklima	Renovering
Akustisk indeklima	Standard

5 Bolig

Indeklimaet i en bolig påvirker beboernes komfort, sundhed og trivsel. Et godt indeklima opnås ved at balancere temperatur, luftkvalitet, luftfugtighed, akustik og dagslysforhold. Et optimalt indeklima i en bolig opnås bedst med en holistisk tilgang, hvor alle indeklimatefaktorer fra starten er indtænkt i forhold til deres individuelle sammenspil.



Termisk
Temperatur
Træk
Fugt



Atmosfærisk
Lufttilførsel
Emhætter
Andre skadelige stoffer



Visuelt
Dagslys
Udsyn



Akustisk
Rumakustik
Luftlydisolation
Trinlyd
Støj

5.1 Indeklimaklasser

Ved projektering af boliger i henhold til branchevejledningen skal følgende indeklimaklasser anvendes:

Renovering

Standard

Skærpet

Formålet med de tre indeklimaklasser er at sikre et tilstrækkeligt godt indeklima, med fokus på sundhed og komfort under de givne rammer.

Indeklimaklasse renovering henvender sig til renovering, transformering eller ombygning - se afsnit 3 for yderligere forklaring. Klassen kan benyttes i de tilfælde, hvor *Standard* ikke er mulig.

Indeklimaklasse Standard henvender sig til traditionelle boliger, som opføres i overensstemmelse med det gældende Bygningsreglement.

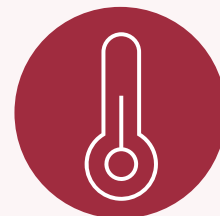
Indeklimaklasse Skærpet henvender sig til funktioner, hvor der er behov for, eller ønske om, særlig høj indeklimakvalitet.

5.2 Baggrund

Baggrunden (standarder og lovtækst) for kravene i BVI 2.0 kan findes i appendiks J.

Appendiks J





5.3 Termisk indeklima

Tabel 6. Kravspecifikation for termisk indeklima for bolig. Referencer til lovkrav mm. findes i appendiks J.

Indeklimaklasse	Renovering	Standard	Skærpet
Operativ temperatur i °C			
Sommer (maj – september) ¹	22,0 – 28,0	22,0 – 27,0	22,0 – 26,0
Overgang (april og oktober) ¹	20,0 – 28,0	21,0 – 27,0	21,0 – 26,0
Vinter (november – marts) ¹	20,0 – 27,0	21,0 – 26,0	21,0 – 25,0
Toleranceoverskridelser overgang + sommer			
Timer over øvre temperaturgrænse	100	100	100
Timer over øvre temperaturgrænse + 1°C	25	25	25
Toleranceoverskridelser vinter			
Timer over øvre temperaturgrænse	-	-	50
Trækrisiko (draught rate) i 94% af brugstiden	≤ 25%	≤ 20%	≤ 15%
Relativ fugtighed i minimum 95% af brugstiden ²	≥ 20%	≥ 20%	≥ 25%
Kritisk overfladetemperatur (december) i °C³			
Fugtbelastringsklasse 2	13,0	13,0	13,0
Fugtbelastringsklasse 3	16,2	16,2	16,2
Robusthedsanalyser	Anbefales	Anbefales	Ja

¹⁾ Nedre temperaturgrænse dokumenteres ved varmeafgivers kapacitet.

²⁾ Relativ fugtighed dokumenteres kun hvis der anvendes mekanisk ventilation. Der må aldrig befugtes for at opfylde dette krav. Entalpi-veksler kan overvejes.

³⁾ Hvis U-værdier i BR18 §257 er overholdt behøver overfladetemperaturen ikke beregnes. Der skal dog være opmærksomhed på kuldebroer, som kan medføre udfordringer.

Toleranceoverskridelserne for Indeklimaklasse **standard** er fastsat jf. BR18 på baggrund af:

"Det er en forudsætning for brug af disse temperaturgrænser, at der er mulighed for at skabe udluftning, da udluftning giver mulighed for at acceptere højere temperaturer [BR18 vejledning § 385 - § 392].

Indeklimaklasse Skærpet gælder for personer, der ikke selv kan regulere deres indeklima. Det skal derfor vurderes individuelt for hver sag. Det kan fx være personer med funktionsnedsættelser, som ikke har de samme muligheder for at tilpasse sig deres omgivelser, fx gennem udluftning eller ændring af påklædning. Boliger af denne type kan i nogle tilfælde være plejebolig mv.

Skærpet skal også anvendes til boliger uden mulighed for manuel udluftning.

5.3.1 Operativ temperatur

Den operative temperatur kan dokumenteres ved en forenklet beregning (Sommerkomfort) eller en dynamisk simulering. Den langt mest anvendte beregnings- og dokumentationsmetode for boliger i byggebranchen er det forenkledte program Sommerkomfort. De dynamiske programmer og Sommerkomfort er sammenlignet i appendiks A1.

Appendiks A1



Der er tilfælde, hvor dynamiske simuleringer med programmer som BSim, IES-VE, IDA ICE eller lignende skal anvendes, da sommerkomfort ikke retvisende kan håndtere sådanne situationer. Dette omfatter bl.a.:

- Køling i boliger
- Støjbelastede boliger (pga. setpunktet for udluftning om aftenen)
- Dynamiske facader

De dynamiske simuleringer skal foretages med inddata som i Sommerkomfort

Ved kompleks skyggegeometri bør det overvejes, om simplificering af skygger til Sommerkomfort giver for store usikkerheder, hvorfor det vil være mere retvisende at anvende dynamiske simuleringssprogrammer. Kompleks skyggegeometri kan fx omfatte horisontskygger med stor variation i højde o.l.

Beregninger i Sommerkomfort skal ses som en metode, der sikrer sammenlignelighed af beregninger, idet reel adfærd og brugsmønstre i en bolig varierer meget afhængigt af den enkelte beboer. *Beregningsen er derfor et udtryk for et kvalitetsniveau og ikke et reelt indeklime.*

Til dokumentation af det termiske indeklime i en bolig efter Bygningsreglementet, kan de samme forudsætninger anvendes i dynamiske simuleringer som i Sommerkomfort (SBI-213 forudsætninger). Relevante setpunkter og interne belastninger findes i appendiks A2, og Tabel 7 viser sammenhængen mellem Sommerkomfort og dynamisk simulering i forhold til krav i BR18.

Appendiks A2



Tabel 7. Dokumentation for evaluering af termisk komfort i boliger. (Dok. = dokumentation).

Kategori	Renovering		Standard		Skærpet	
	Dok. af BR-krav	Reelt indeklime	Dok. af BR-krav	Reelt indeklime	Dok. af BR-krav	Reelt indeklime
Sommerkomfort	Ja	Nej	Ja	Nej	Ja	Nej
Dynamisk simulering (Forudsætninger som Sommerkomfort/SBI-213)	Ja	Nej	Ja	Nej	Ja	Nej
Dynamisk simulering (Reelle forudsætninger)	Nej	Ja	Nej	Ja	Nej	Ja

Termisk masse

Den termiske masse skal tilpasses det individuelle rum og der beregnes ikke med bygningens masse som helhed i beregning af det termiske indeklime.

Appendiks A3

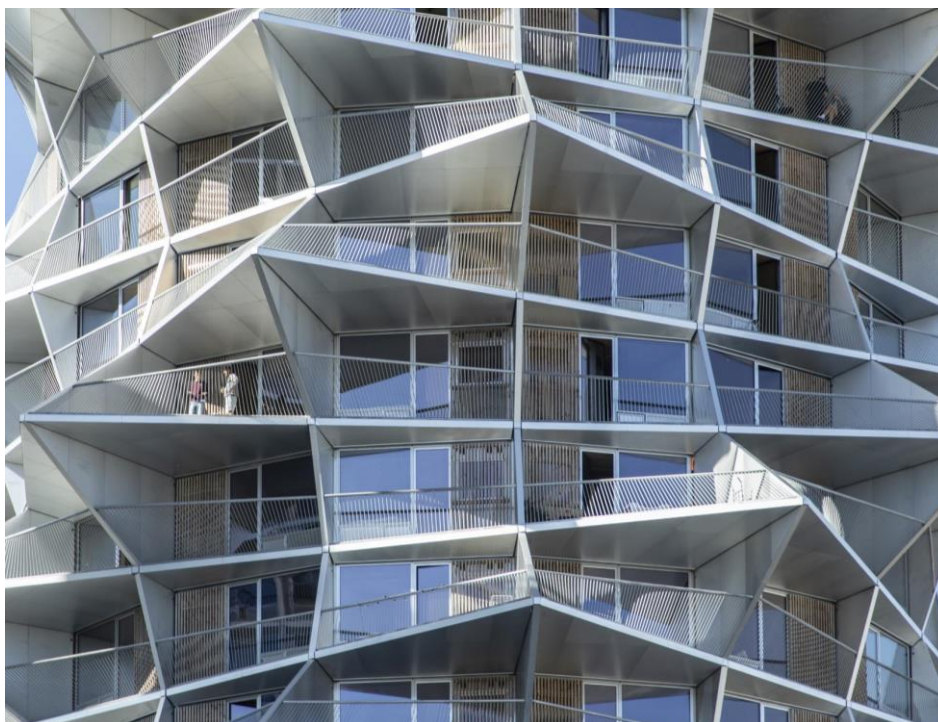


Skygger

I sommerkomfortberegninger antages skygger at have uendelig udbredelse, hvilket kan overvurdere deres reelle effekt. De skygger, der anvendes i sommerkomfortberegninger, skal derfor korrigeres, så de afspejler den faktiske solbelastning til rummene. Metoder til dette findes i appendiks. Det skal understreges, at korrigerede skygger kun skal bruges til sommerkomfort-beregninger og ikke til energiberegninger.

Ved termiske beregninger medregnes kun skygger fra eksisterende og igangsatte byggerier. Fremtidige projekter fra lokalplaner udelades pga. usikkerhed. Skygger fra enkeltstående træer og buske medtages ikke i beregningerne af robusthedshensyn, hvis fx træerne fældes, bliver syge eller vælter i en storm.

Appendiks A4



Figur 5: Kaktus towers med kompleks skyggegeometri. Fotokredit: Artelia

Mekanisk ventilation

Størrelsen af den mekaniske luftmængde kan regnes på en af to måder:

1. Den aktuelle indblæsningsmængde for det udvalgte kritiske rum divideret med rummets bruttoareal.
2. Den samlede ventilationsmængde for hele boligen divideret med boligens samlede bruttoareal (inkl. gang, toilet, entre mv.).

Appendiks A5



Forceret drift af emhætter og fugtstyring skal ikke medregnes i den mekaniske ventilation, når der regnes på termisk indeklima.

For aggregater uden bypass skal luftmængden reduceres for at tage højde for den manglende køleeffekt i luften. Luftmængden skal også korrigeres, hvis der anvendes fugtstyring eller andre former for nedregulering af basisluftmængden. Se appendiks A5 for beregningseksempler.



Figur 6: Living Places Copenhagen af VELUX, EFJEKT og Artelia. Fotokredit: Adam Mørk

Udluftning af rum

Ventilationsmængden ved udluftning bestemmes efter metoderne beskrevet i SBI-anvisning 213 (2018). Alternativt kan luftmængden beregnes ud fra SBI-anvisning 202 eller DS/EN 16798-7. De to sidstnævnte metoder behandles ikke nærmere i denne vejledning.

Ventilationsmuligheden ved udluftning med hhv. tvær- og ensidet ventilation bestemmes ud fra det effektive åbningsareal [SBI-anvisning 213, 2018]. Giver boligens udformning mulighed for opdriftsventilation, betragtes dette på samme måde som tværventilation.

Formlen for tværventilation er i 2025 justeret på baggrund af Be18 FAQ-svar fra BUILD [FAQ-svar om tværventilation, 5/9/2025] og luftmængderne beregnes nu som følger (for manuelt styrede vinduer i dagtimerne):

$$q_{n, s_{tvær}} = \left(\frac{A_{eff} [m^2] / brutto\ gulvareal [\%]}{1,5\%} \right) \times 1,8 L/s\ pr.\ m^2$$

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

For tværventilation gælder at den mindste af de beregnede ventilationsmængder ved udluftning for enten det kritiske rum eller for boligen som helhed (bruttoareal inkl. sekundære rum i boligen), skal anvendes til beregningerne.

Om natten i sommerperioden kan der ved åbne vinduer antages ca. 0,6 L/s pr. m² ved ensidet ventilation, når det effektive åbningsareal er mindst 2 % af etagearealet. Ved tværventilation kan der opnås ca. 1,2 L/s pr. m², når det effektive åbningsareal er mindst 1 % af etagearealet [SBI-anvisning 213, 2018 og FAQ-svar om tværventilation, 5/9/2025].

Appendiks A6





Effektivt åbningsareal af en enkelt åbning

Det effektive åbningsareal af et vindue eller en dør er det areal, der kan strømme luft igennem, når vinduet eller døren er åben.

Det effektive åbningsareal for et vindue kan enten bestemmes geometrisk, som beskrevet i SBI-anvisning 202 (2002) eller som arealet af den del af vinduet i vindueshullet, der kan åbnes multipliceret med en reduktionsfaktor, der afhænger af vinduestypen. Reduktionsfaktorer er angivet i appendiks A.6.2.

Fastlæggelse af åbningsareal og gunstig vindretning

Summen af de effektive åbningsarealer (A_{eff}), er det areal, som er begrænsende for den naturlige ventilation. Størrelsen af det samlede effektive åbningsareal afhænger af, hvorvidt arealet fastlægges for *det kritiske rum* eller for *boligen* som helhed, og om der antages ensidet ventilation eller tværventilation. Det effektive åbningsareal beregnes som følger:

- **Kritisk rum - Ensidet ventilation:**
Summen af de effektive åbningsarealer i rummet.
- **Kritisk rum - Tværventilation:**
Det mindste af de effektive åbningsarealer strømmingen skal passere på sin vej ved den mest gunstige vindretning [FAQ-svar om tværventilation, 5/9/2025].
- **Boligen samlet - Tværventilation:**
Den største sum af de effektive åbningsarealer for facaden eller facaderne ved den mest gunstige vindretning.

I et rum kan der ikke være både tværventilation og ensidet ventilation. For hvert kritisk rum benyttes den mest gunstige vindretning for det pågældende rum. Eksempler på fastlæggelse af strømningsmønster og begrænsende effektivt åbningsareal findes i appendiks.

Begrænsninger af luftmængder

For udluftning er der defineret følgende begrænsninger for luftmængderne ud fra fysiske forhold og vinduernes funktion:

Tabel 8. Begrænsning af manuel udluftning

Periode	Grænseværdi	Bemærkning
Dag	6 L/s pr. m ²	Det anbefales ikke at anvende luftmængder, der overstiger 6,0 L/s pr. m ² i dagtimerne uanset om der er ensidig- eller tværventilation. Større luftmængder vil give udfordringer med høje lufthastigheder og smækkende døre i boligen.
Nat – tvær	1,2 L/s pr. m ²	Andelen af naturlig ventilation om natten bør ikke sættes højere uden en grundig vurdering af de reelle vinduers funktioner, fx kan det sættes i en haspe, og ikke mindst boligens fysiske omgivelser, fx risiko for støjgener og indbrud.
Nat – ensidet	0,6 L/s pr. m ²	

Når udluftning i boliger beregnes, skal man herudover være opmærksom på følgende:

- Fast værn foran vinduer og døre skal medregnes som en reduktion af det effektive åbningsareal.
- Hoveddøren kan ikke anvendes som åbningsareal til naturlig ventilation
- Døre i stueniveau kan ikke regnes som åbne om natten medmindre de har en låsemekanisme.
- Ved **ensidet ventilation** med sidehængte vinduer eller døre med en fri åbningshøjde $\geq 1,5$ m, kan der indregnes et øget naturligt luftskifte (svarende til tværventilation). Åbningsarealet af vinduet skal dog deles med 3, eftersom det fulde areal ikke kan udnyttes.

Appendiks A6



Udluftning og støj på facader

At sikre et godt akustisk og termisk indeklima er særligt udfordrende, hvis en eller flere facader er belastet af støj. Krav til større åbningsarealer for at sikre termisk indeklima står i kontrast til behovet for begrænsning af åbningsarealer af hensyn til støjdempling, jf. Miljøstyrelsens krav [Miljøstyrelsen nr. 4, 2007 og Miljøstyrelsens Referencelaboratorium for Støjmålinger, Orientering 46, 2015].

Appendiks A6



Åbningsarealer større end $0,35 \text{ m}^2$ [Miljøstyrelsen nr. 4, 2007] giver bedre udluftning, men også mere støj i boligen. Ved fuld vinduesåbning mod en støjbelastet facade forværres det akustiske indeklima, og derfor bør udluftningsstrategien tilrettelægges med henblik på at minimere brugen af vinduer mod de støjbelastede facader.

Grænsen på $0,35 \text{ m}^2$ for ventilationsvinduer udspringer af en ændring i planloven i 2007. Reglen gælder kun ved byfornyelse eller "huludfyldning" i eksisterende områder, hvor støjgrænsen på 58 dB ikke kan overholdes [Miljøstyrelsen nr. 4, 2007].

Ved nye boligområder gælder andre krav: Her skal den udendørs støj reduceres til Miljøstyrelsens grænseværdier, og lokalplanen skal sikre etablering af støjafskærmning [Planloven § 15a, 2024].

Hvis man ønsker eller er pålagt at håndtere støjkravet via vinduerne, foreslår BVI en differentieret tilgang¹. Denne tilgang balancerer hensynet til både akustik og termisk indeklima. Metoden kan dog ikke sikre et godt akustisk indeklima, når vinduerne står fuldt åbne. Til gengæld overlades det til brugerne selv at vælge, hvordan de prioriterer mellem udluftning og støjbelastning.

Tabel 9. Differentieret tilgang til åbningsarealer ved støjbelastede facader¹

	Tidspunkt på dagen	Åbningsareal i termiske beregninger
	Kl. 07-19	Fuldt åbningsareal for alle vinduer.
	Kl. 19-07	Maksimalt $0,35 \text{ m}^2$ for alle ventilationsvinduer

¹ Den differentierede tilgang opfylder ikke fuldt ud Miljøstyrelsens vejledning [Miljøstyrelsens Referencelaboratorium for Støjmålinger, Orientering 46, 2015]. Imidlertid giver BVI's metode en mulighed for at håndtere både termiske og akustiske krav i praksis. Flere kommuner vælger allerede i deres lokalplaner at fravige Miljøstyrelsens krav.

Solafskærmning

Solafskærmning kan kun medregnes for vinduespartier, der ikke anvendes til udluftning medmindre solafskærmningen ikke blokerer for luftstrømmen som fx markiser.

Sommerkomfort undervurderer effekten af solafskærmning, og denne unøjagtighed forværres, jo lavere afskærmningsfaktoren er [Homics, Viktor 2014]. Hvis den reelle effekt af solafskærmningen skal medregnes bør dynamiske simuleringsprogrammer anvendes ved solafskærmninger, som har en afskærmningsfaktor lavere end 0,8.



Figur 7: Siljangade - eksempel på fast udvendig solafskærmning. Fotokredit: Niels Nygaard Photography

Reelle forudsætninger

Hvis formålet er at vurdere det reelle indeklima i en bolig, kan der i supplerende dynamiske indeklimasimuleringer, anvendes forudsætninger og brugsprofiler som angivet i appendiks A7.

Appendiks A7



5.3.2 Træk

Når man taler om træk i boliger, refererer det til træk forårsaget af mekanisk ventilation, da denne ikke kan justeres af brugeren. Der er ikke krav om dokumentation for træk forårsaget af udluftning, da brugerne her selv har mulighed for at tilpasse sig for at undgå ubehag. Ligeledes er der ikke krav om dokumentation for træk ved forceret drift af emhætter.

Appendiks A8



Ved meget store vinduespartier, særligt dem der strækker sig over flere etager, anbefales det at undersøge, om der opstår kuldenedfald fra vinduerne, da dette kan give træk. Dette kan beregnes efter fx DS474 (1995) annek E.

Træk dokumenteres i 94% af brugstiden [DS 447 2021] ved statiske beregninger, tabelopslag for trækrisiko ud fra lufthastighed og temperaturer for nedenstående situation.

Træk og mekanisk ventilation i bolig

Der skal kun regnes træk for rum med indblæsningsarmaturer. Trækrisikoen skal vurderes og overholdes for følgende kritiske vintersituation:

- En rumtemperatur på 22°C
- Den aktuelle indblæsningstemperatur ved en udetemperatur på -4,8°C (Da træk kun dokumenteres i 94% af brugstiden)
- Basisluftmængde for de pågældende rum. Bad/toilet skal regnes med den maksimale luftmængde for udsugning og luftmængden i emhætten skal regnes ud fra basisudsugning, og ikke med forceret drift.

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



Figur 8: UN17 Village Kronen. Fotokredit: Artelia

5.3.3 Relativ fugtighed

For at sikre et sundt indeklima skal kravene til den relative luftfugtighed kunne opretholdes i mindst 95% af brugstiden, hvis der anvendes mekanisk ventilation. Høj relativ fugtighed bliver ikke beskrevet yderligere, da det sjældent er et problem for boliger, som ventileres og udluftes korrekt.

En lav relativ luftfugtighed under kravene kan medføre udtørring og udfordringer med fx statisk elektricitet og tørre slimhinder. I langt de fleste tilfælde vil udtørring i boliger ikke være et problem og den relative fugtighed kan holdes indefor acceptgrænserne RH 20-70% [ENØK i bygninger (2007), SBI-anvisning 277 (2023) og DS/EN 16798-1 DK NA (2019)]. Hvis indeklimaklasse *skærpet* (RH 25%) anvendes, samt en luftmængde på 5,0 L/s pr. person eller derover, vil krav til RH på almindelig vis ikke kunne overholdes. For at dokumentere den relative fugtighed i boliger kan der anvendes én af følgende metoder:

- Tabelopslag i appendiks
- Dynamisk simulering

Appendiks A9



5.3.4 Kritisk overfladetemperatur

Den kritiske overfladetemperatur benyttes for at forebygge fugt og skimmel på indvendige overflader, typisk forårsaget af kuldebroer eller utilstrækkelig isolering af en konstruktion. Bygningsreglementet kræver, at nybyggeri og renoveringer udføres fugtteknisk forsvarligt [BR18 § 334]. Branchevejledningen fastsætter derfor en kritisk overfladetemperatur, altså minimumstemperaturer til indvendige overflader, afhængig af rummets fugtbelastningsklasse jf. SBI-277 (2023) (se Appendiks 10).

Hvis U-værdierne angivet i BR18 §257 er overholdt, er der som udgangspunkt ikke problemer med kondens pga. kolde overflader, og overfladetemperaturen behøver derfor ikke beregnes. Der kan der være udfordringer omkring kuldebroer eller dårligt isolerede vægge, der kan nødvendige beregninger. Den indvendige overfladetemperatur beregnes i disse tilfælde for de mest udsatte (koldeste) flader i et rum, enten ved stationære eller dynamiske beregninger, hvorved det skal sikres, at disse ikke underskider den kritiske grænse (den kritiske overfladetemperatur). Kravet stilles for at undgå skimmel og/eller kondens på de indvendige overflader, der eksponeres mod indeklimaet.

Appendiks A10



Figur 9. Ibihaven. Fotokredit: Nicholas Løye/Mitvue.

5.3.5 Køling i bolig

Ved dimensionering af aktiv køling, fx mekanisk køling i ventilationsanlægget, skal det termiske indeklima i en bolig beregnes ved hjælp af dynamiske simuleringssystemer. Dette skyldes, at Sommerkomfort ikke medregner aktiv køling i programmets beregninger.

5.3.6 Robusthed

Robusthedsanalyser er ikke en standardydelse ifm. eftervisning af bygningsreglementets krav. Robusthedsanalyser udføres for at sikre, at bygninger kan modstå varierende forhold som ekstreme temperaturer, ændrede brugsmønstre og klimaforandringer.

Appendiks A11



Robusthedsanalyserne for en bolig kan tage udgangspunkt i disse scenarier: ændringer i brugeradfærd og ændringer i vejrdato.

Tabel 10. Robusthedsanalyser

Parameter	Ændring
$Q_{n,s,dag}$ (L/s m ²)	÷ 30% i ændring af luftmængden for udluftning om dagen
$Q_{n,s,nat}$ (L/s m ²)	0 eller 100% for luftmængden om natten
Vejrdato ¹⁾	Fremskrevet vejrdato så som DRY-år 2050 eller HOT_2001-2019 ekstremt vejr (hentes på BUILD hjemmeside)

¹⁾ Det er muligt at skifte vejrdato i Sommerkomfort. En vejledning til, hvordan dette gøres, findes på BUILDs hjemmeside [\[link\]](#).



Figur 10. Living Places Copenhagen af VELUX, EFFEKT og Artelia. Fotokredit: Adam Mørk

Rum til robusthedsanalyser

Robusthedsanalyser bør anvendes i projekter, hvor bygningens indeklima er følsomt over for eksterne faktorer, eller hvor der stilles høje krav til indeklimaet. Dette inkluderer alt nybyggeri. Der kan fx tages udgangspunkt i følgende rum:

- Rum med stort glasareal
- De kritiske rum for en bebyggelse

Herved kan en bebyggelse designs til at modstå fremtidens vejr.

Resultat af robusthedsanalyserne

En handlingsplan, baseret på robusthedsanalysernes resultater, bør udarbejdes tidligt i projektet. Herefter anbefales en dialog med bygherre for at adressere udfordringer og implementere forbedrende tiltag. Forbedrende tiltag kunne være:

- 24-timers ventilationsmuligheder: Sikre ventilationsløsninger, der kan holdes åbne døgnet rundt uden risiko for indbrud.
- Fleksible åbninger: Forskellige størrelser af ventilationsåbninger, som kan tilpasses årstiderne og sikre god ventilation både sommer og vinter.
- Glasarealer og solafskærmning: Evaluere omfanget og placeringen af glasarealer for at minimere overophedning og forbedre komforten i bygningen. Etablere fx udvendig solafskærmning der effektivt mindsker solvarmen i boligen.

Renovering

Indeklimaklasse *Renovering*'s krav er sat med udgangspunkt i metodikken i DS/EN 16798. Derfor er bl.a. temperatursættet i renoveringsklassen udvidet med 1°C i forhold til indeklimaklasse *Standard*. Beregningsmetoderne til dokumentation af indeklimakrav i renoveringsklassen er de samme som for nybyggeri.

Ved boligrenovering skal kravene til indeklimaklasse *Standard* forsøges opfyldt. Hvis dette ikke er muligt på grund af renoveringsudfordringer, kan renoveringsklassen anvendes som alternativ for enkelte parametre.

Hvis der i forbindelse med en renovering ikke installeres et mekanisk ventilationsanlæg, bortfalder kravene til relativ luftfugtighed og træk. Det er dog vigtigt at tage højde for de potentielle udfordringer, der kan opstå i boliger uden mekanisk ventilation. For at forebygge problemer som høj luftfugtighed og risiko for skimmelsvamp skal brugerne informeres grundigt om god brugsskik og vedligeholdelse.

Det termiske indeklima kan godt, for renovering, evalueres i Sommerkomfort, eftersom der i resultat-filen for Be18 opgøres timer over 26°C, 27°C, 28°C og 29°C.



Figur 11: Sunde boliger. Fotokredit: Helene Høyer Mikkelsen



5.4 Atmosfærisk indeklima

Tabel 11. Kravspecifikation for atmosfærisk indeklima i bolig. Referencer til lovkrav mm. findes i appendiks J.

Indeklimaklasse	Renovering	Standard	Skærpet
Lufttilførsel			
Min. Udelufttilførsel		<i>Enten</i>	<i>Både</i>
Minimum ¹ i L/s pr. m ²	0,3	0,30 <i>eller</i>	0,30 og
L/s pr. person	-	5	7
Filterkvalitet	-	-	≥ ePM ₁ 50%
Emhætter			
Aftræk til det fri	Ja	Ja	Ja
Erstatningsluft	Manuelle åbninger ²	Krav i BR18	Krav i BR18
Krav til effektivitet ³ , <i>eller</i>	60% <i>eller</i>	65% <i>eller</i>	70% <i>eller</i>
Krav til luftmængde i L/s,			
Afstand til kilde 0-40 cm	≥ 60	≥ 60	≥ 75
Afstand til kilde 40-80 cm	≥ 65	≥ 65	≥ 90
Afstand til kilde ≥ 80 cm	≥ 100	≥ 100	≥ 120
Afgasning til indeklimaet			
Produktniveau ⁴	Kun for "nye" dele		
Formaldehyd i mg/m ³	< 0,06	< 0,06	< 0,06
Kræftfremkaldende VOC ⁵ i mg/m ³	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Test i færdigt byggeri	Frivilligt	Frivilligt	Krav
Formaldehyd i µg/m ³	< 100	< 100	< 100
TVOC i µg/m ³	≤ 1500	≤ 1500	≤ 1500
Radon			
Radon-niveau i Bq/m ³	100	100	100
Krav om måling	Ja	Frivillig	Ja

¹⁾ BR18 giver mulighed for 0,15 l/s pr. m² i en længere periode over døgnet, hvis boligen ikke er i anvendelse [BR18 §443]

²⁾ Kræver at der søges dispensation

³⁾ Effektiviteten dokumenteres efter Removal Efficiency (RE) iht. det informative annex i EN 13141-3 (opmålt med CO₂)

⁴⁾ Afgasning på produktniveau dokumenteres ved datablade for byggematerialer omfattet af kravet (se afsnit 5.4.3)

⁵⁾ Kræftfremkaldende flygtige organiske forbindelser i kategori 1A og 1B

Skærpet indeklima er relevant for projekter, der ønsker en høj kvalitet af indeklimaet, hvilket kan anvendes i alle typer boliger – ikke kun fx plejeboliger. Man kan vælge at opgradere nogle eller alle krav til *skærpet*, hvilket giver mulighed for at skræddersy indeklimaet efter de krav, der skaber størst værdi. Det er dog vigtigt at være opmærksom på balancen mellem højere krav til indeklima, energiforbrug og miljøpåvirkning.

5.4.1 Minimum Lufttilførsel

Et sundt indeklima opnås blandt andet ved hjælp af effektiv ventilation, som sikrer tilførsel af frisk luft og fjerner fugt samt forureninger. Den nødvendige mængde friskluft fastsættes ud fra minimumsluftskiftet og/eller antallet af personer i boligen.

Appendiks B1



Antallet af personer fastlægges ud fra indretning af soverum.

- Soverum indrettet med én seng svarer til én person
- Soverum indrettet med én dobbeltseng svarer til to personer.

Der skal altid være minimum 1 soverum med 2 personer på nær i studieboliger eller kollegier, som kun er beregnet til 1 person.

Ud fra bygningsreglementet kan boliger designes med indblæsning kun i værelserne, forudsat at luften frit kan passere fx under dørene, selv når de er lukkede (Bygningsreglementets vejledning om ventilation, § 420 - § 452). Dette kan dog udfordre nogle akustiske krav.

Filterkvalitet

Ved at sikre en god filterkvalitet, kan indeklimaet optimeres med færre pollen og udefrakommende forureninger. Filterklassen dokumenteres i henhold til ISO 16890.

5.4.2 Emhætte

Emhætter er afgørende for at opretholde god luftkvalitet ved at fjerne luftbårne forureninger fra madlavning, herunder fine og ultrafine partikler.

Appendiks B2



Hvis der i boligdesignet er projekteret en kogeplade, skal der være en emhætte med aftræk til det fri for at sikre korrekt fjernelse af partikler.



Figur 12. Udvikling af partikler sker specielt ved stegning (Johannsen et al. 2023). Fotokredit: AI



BVI's krav til emhætters luftmængder er fastsat for at sikre effektiv fjernelse af partikler i alle størrelser – også ultrafine. I indeklimaklasse *Renovering* og *Standard* kan en emhætte, med de definerede luftmængder, fjerne ca. 50% af de ultrafine partikler, mens luftmængderne i *Skærpet* kan øge effektiviteten af partikelfjernelse op mod 75% [Johannsen et al., 2023].

Som alternativ til de fastsatte luftmængder i BVI kan emhætters effektivitet dokumenteres gennem test af Removal Efficiency (RE) målt med CO₂ iht. EN 13141-3 (2017), informativt annex.

Der tillades ikke recirkulerende emhætter i BVI, eftersom disse ikke er i stand til at nedbringe partikelniveauet væsentligt. Dette lægger sig op ad Bygningsreglementet 2018 vejledningstekst til § 443, som beskriver at recirkulerende emhætter normalt ikke vil kunne opfylde kravet til afkast.



Figur 13. Jo større luftmængde, jo bedre fjernes partiklerne og jo tættere placering af emhætten på forureningskilden, jo mere effektiv er den [Johannsen et al. 2023]. Figurkredit: AI

5.4.3 Afgasning til indeklimaet

Byggematerialer kan indeholde kemiske stoffer, der afgasser og påvirker indeklimaet negativt ved at frigive forureninger, både ved installation og over tid. For at beskytte beboernes sundhed og komfort skal materialer med lavest mulig afgasning vælges [BR18 § 329 – 330]. Derfor stilles der, i BVI, krav på produktniveau og for test af indeklimaet.

Særligt flygtige organiske forbindelser (VOC), som kan være kræftfremkaldende, mutagene og reproduktionsskadelige, er vigtige at minimere. Der stilles krav om dokumentation af afgasning for formaldehyd og VOC. Disse krav tager udgangspunkt i EU-taksonomiens miljømål samt standarder som DS/EN 717-3 (1997) og DS/EN 16516 (2017), for at sikre, at afgasning fra materialer holder sig inden for sikre grænser.



Der stilles i BVI krav til følgende materialer:

- Maling og lakker, loftsplader, gulvbelægning, herunder tilknyttede klæbemidler og fugemasser, indvendig isolering og overfladebehandling, der anvendes under opførelsen af byggeriet og kan komme i kontakt med beboere.

Appendiks B3



Hvis genanvendte byggematerialer gennemgår en ny forarbejdning og anvendes, skal de testes på samme måde som nye produkter.

Direkte genbrugte byggematerialer

Når genbrugte byggematerialer anvendes til en renovering eller nybyg, er det ofte for dyrt at teste dem enkeltvis på produktniveau. I stedet bør man lave en vurdering af, om materialerne samlet set kan opfylde kravene.

Ved brug af mange genbrugsmaterialer anbefales det at måle luftkvaliteten (TVOC og formaldehyd) i det færdige byggeri. Dette hjælper med at tilpasse ventilationen (flush-out), hvis der er behov for at fjerne afgangningerne i højere grad pga. en øget belastning af den atmosfæriske kvalitet.



Figur 14. Genbrugt gulvbelægning. Fotokredit: AI

Test af afgangning i færdigt byggeri

Der foretages en funktionstest efter byggeriet afsluttes, af det samlede TVOC-indhold i indeklimaet. Testene skal, i BVI, **udføres senest 28 dage efter**, at et repræsentativt rum er erklæret færdigt. Dvs. lokalerne er færdigbearbejdede, -malet, -fugtet, -olieret, osv. Der er særlige krav til temperatur og luftfugtighed under prøvetagningen.

Appendiks B3



5.4.4 Radon

Radon kan hverken mærkes, smages, ses, lugtes eller føles, hvilket gør det svært at afgøre, om radonniveauet i boligen er forhøjet. Bygningsreglementet § 331 – 332 sætter en grænseværdi på 100 Bq/m³ for nybyggeri.

Specielt ved renovering er det relevant at tage hånd om radonproblemer. For at finde ud af, om en bolig er udsat for radon, anbefales det at foretage målinger for udsatte områder af boligen. I Bygningsreglementets vejledning om forureninger anbefales følgende for eksisterende byggeri opført før 2010:

Tabel 12. Radonindhold og anbefalinger for byggeriet opført før 2010 [BR18 vejledning om forureninger]

Radonindhold	Anbefaling
100 Bq/m ³ – 200 Bq/m ³	Iværksæt enkle og omkostningseffektive forbedringer for at reducere radonniveauet
> 200 Bq/m ³	Udfør mere effektive tiltag, fx installation af mekanisk ventilation, for at sikre lavere radonkoncentration.

Omfang af test kan findes i appendiks.

Hvis der er installeret et mekanisk ventilationsanlæg, er der som udgangspunkt ikke behov for måling af eller tiltag mod radon, da mekanisk ventilation normalt sikrer, at koncentrationen holdes tilstrækkeligt lavt.

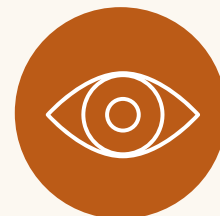
5.4.5 Renovering

Hvis en bygning renoveres, skal indeklimaklasse *standard* som minimum forsøges overholdt (jf. BVI).

Når en **kogeplade** er en del af boligdesignet, skal der etableres en emhætte med aftræk til det fri for effektivt at fjerne partikler. I tilfælde hvor det ikke er muligt at etablere aftræk, som fx i bevaringsværdige bygninger eller bygninger med begrænsede pladsforhold, kan kravet fraviges. Dette gælder kun som en sidste udvej af hensyn til sundhed og kun for renoveringsprojekter.

Appendiks B4





5.5 Visuelt indeklima

Tabel 13. Kravspecifikation for visuelt indeklima for bolig. Referencer til lovkrav mm. findes i appendiks J.

Indeklimaklasse	Renovering	Standard	Skærpet
Dagslys			
1:1 udskiftning af vinduer	LT $\geq 70\%$		
Korrigeret glas/gulv-areal i % ¹	≥ 10	≥ 10	
eller belysningsstyrke i lux ²	≥ 300	≥ 300	≥ 300
Udsyns krav til omgivelserne i opholdsrum	Ja	Ja	Ja

¹⁾ Lavere dagslys i soveværelser kan accepteres – Se BR18 for uddybning

²⁾ På mindst halvdelen af det relevante gulvareal i mindst halvdelen af dagslystimerne

Korrigeret glas/gulv-areal i %, kaldet 10%-metoden, er en relativt simpel beregning, som baseres udelukkende på de geometriske forhold. Beregningen tager derfor ikke højde for vinduernes orientering, årstid eller tidspunkt på dagen. Metoden siger heller ikke noget om, hvordan dagslyset fordeles i selve rummet. Som modsætning er belysningsstyrke i lux, kaldet 300 lux-metoden, en relativt kompleks og dynamisk beregning, som baseres på referencedata for vejrforhold og giver et billede af den faktiske dagslysfordeling i et rum. Se appendiks I.1.1 hvor de to metoder sammenlignes.

Indeklimaklasse **skærpet** er kun baseret på 300 lux-metoden, eftersom denne metode giver et mere retvisende billede af dagslysfordelingen end 10%-metoden.

I de følgende afsnit præciseres kravspecifikationen for det visuelle indeklima, samt områder, hvor det nuværende bygningsreglement er åbent for fortolkning.



Figur 15. Stue med vindue i facaden. Ibihaven. Fotokredit: Nicholas Løye/Mitvue

5.5.1 Relevant gulvareal og lokalplaner

Når man arbejder med dagslysberegninger i boliger, er det vigtigt at definere det relevante gulvareal. Dette gulvareal danner grundlaget for beregningerne i både 10%-metoden og 300 lux-metoden og angiver dermed det område, hvor dagslyset skal vurderes. Bygningsreglementets vejledning for lys og udsyn (§ 377 – 384) definerer det relevante gulvareal som følgende:

I beboelsesrum og køkkener er det relevante gulvareal den del af gulvet, der er omsluttet af rummets vægge.

Dette betyder, at hele gulvarealet inden for rummets afgrænsninger skal medregnes – nettoarealet fra væg til væg. Hvis 300 lux-metoden anvendes, må en randzone på 0,5 m fra væggene undtages i beregningsområdet (BR18). Se appendiks for eksempler.

For det "relevante gulvareal" gælder følgende:

- **Vinduesnicher**
Medregnes kun i gulvarealet, hvis vinduet går ned til gulvet; ved brystning under vinduet medregnes arealet for vinduesnichen ikke.
- **Væg til væg**
Gulvarealet skal være sammenhængende og uden afbrydelser, hvorfor hele gulvarealet inden for rummets vægge skal medregnes.
- **Vinduer og tilknytning**
Vinduet skal have direkte tilknytning til gulvarealet for at indgå i beregningen.
- **Indbygningsskabe**
Ikke-flytbare indbygningsskabe medregnes ikke i gulvarealet.
- **Køkkeninventar og skabe fra gulv til loft (ikke indbygget)**
Alt køkkeninventar som højskabe, ovne og underskabe samt fritstående skabe medregnes i gulvarealet.
- **Gangareal**
Ganglinjer igennem fx stuen til værelser er del af det relevante gulvareal og skal medregnes (efter væg til væg princip).
- **Entre**
Normalt ikke en del af relevant gulvarealet, medmindre fx entre og køkken er "slået sammen". I sådanne tilfælde vil entreen blive inddraget i det relevante gulvareal.
- **Hems**
Små hemse < 4,5 m² skal ikke medregnes i det relevante gulvareal. Store hemse ≥ 4,5 m² skal regnes med i det relevante gulvareal og må gerne regnes som en del af et tilstødende rum så længe hemsens og rummet er i åben forbindelse.

Appendiks C1



Lokalplaner

Hvis der eksisterer gældende lokalplaner for området, skal der i BVI, medregnes potentielle fremtidige skygger fra byggeri på nabomatrikler, da de kan påvirke dagslyset i boligen. Disse skyggeeffekter kan beregnes ved at anvende de angivne højdegrænser og volumenstudier i lokalplanerne, hvilket giver et realistisk estimat for fremtidige skyggepåvirkninger. Beregninger med kommende skygger giver et "worst-case" scenarie for dagslysf forholdene.



Figur 16. Let byggeri giver mulighed for skråfals som anvendt her i MiniCo2. Herved kan der optimeres på mængden af dagslys der kommer ind i boligen. Fotokredit: Realdania By & Byg / Helene Høyer Mikkelsen

5.5.2 10%-metoden

For 10%-metoden skal der, for **hvert** vindue i de kritiske rum, beregnes en resulterende korrektionsfaktor, FG_{kor} , som er produktet af alle relevante korrektionsfaktorer for det pågældende vindue. Metoden er nærmere beskrevet i *"Bygningsreglementets vejledning om korrektioner til 10%-reglen for dagslys"* (januar 2019). Til denne vejledning er der i BVI udarbejdet følgende specificeringer:

Appendiks C2



- **Vægtning af skygger**
Først vægtes skyggerne i henhold til deres udbredningsvinkel og herefter regnes en samlet korrektionsfaktor.
- **Horisontskygge vs. sideskygge**
Sideskygger medtages i hele deres udstrækning og afsluttes ikke ved ± 45 grader, hvilket er spændet, hvor horisontskygger skal beregnes. En skygge regnes kun som horisontskygge, hvis den er næsten parallel med vinduet.
- **Permanent blokering**
Hvis der er placeret noget permanent som blokerer vinduet, så som en radiator eller en bjælke foran vinduet, skal glassarealet bag fratrækkes.
- **Rumdybde**
Rumdybden defineres pr. vindue og ikke for boligen generelt. For ovenlys korrigeres der ikke for rumdybden.
- **Gennemlyst rum - vinduer i to facader.**
Hvis boligen har en rumdybde > 12 m kan man ikke anvende forøgelsesfaktoren for et gennemlyst rum.

5.5.3 Bevoksning

Ved beregning af dagslys i boliger skal enkeltstående træer og buske generelt ikke medregnes, da deres skyggevirksomhed vurderes at være begrænset.

Større, sammenhængende områder med træer skal indgå i beregningen som en skyggepåvirkning, fx skovbryn eller tæt beplantning.



Figur 17. Nybyggede rækkehuse lige op til en skov. Træerne tager en stor del af dagslyset i husene med deres højde og antal. Træerne skal indgå i dagslysberegningen som skygge. Fotokredit: NIRAS

5.5.4 300 lux-metoden

For beregning med 300-lux metoden henvises der til erhvervs-afsnittet for dagslys, hvor metoden er beskrevet (afsnit 6.5.1). Man skal dog være opmærksom på, at beregningsnettet skal placeres i et vandret plan 0,50 m over gulvet (BR18).

5.5.5 Udsyn

Der stilles ikke specifikke krav til udsynskvaliteten i en bolig. Udsynskvaliteten i boliger bør være indtænkt i forbindelse med udarbejdelsen af lokalplaner for området, da det er på dette stadie, at der er mulighed for at påvirke udsynet. Det er væsentligt, at udsynskvaliteten indtænkes ved ændringer i lokalplaner.

5.5.6 Renovering

Renovering er en vigtig faktor for at reducere bygningers miljøbelastning og bevare ressourcer. I renoveringsklassen er det derfor tilladt at udskifte vinduer 1:1 uden dagslysberegninger, så længe de nye vinduer har en lystransmittans på mindst 70%. Selvom overgangen fra etlags- eller tolagsruder til trelagsruder kan reducere mængden af dagslys, vurderes det, at en lystransmittans over 70% sikrer et tilfredsstillende niveau af naturligt lys. Dermed er der ikke behov for ekstra tiltag til forbedring af dagslyset, og de eksisterende vinduesåbninger kan bevares uden ændringer i størrelse, hvilket både kan spare tid og reducere omkostninger i renoveringsprocessen.

Hvis hele facaden udskiftes, vinduesstørrelsen ændres, eller lystransmittansen reduceres til under 70%, skal det forsøges at overholde indeklimaklasse standard. Som minimum må renoveringen ikke resultere i dårligere dagslysforhold end før.

Ved opsætning af altaner på eksisterende bygninger skal glasarealet i de berørte lejligheder overholde minimumskrav for 10%-metoden medregnet skygger fra den nye altan.



5.6 Akustisk indeklima

Akustisk indeklima er en afgørende faktor for komfort og trivsel i boliger. Bygningsreglementet (BR18) fastsætter specifikke krav til akustik i nybyggeri for at sikre tilstrækkelig akustisk kvalitet. Disse krav omfatter både luftlydisolation, trinlyd, reduktion af støj og efterklangstid.

Anbefalingerne i bygningsreglementet baserer sig på standarden DS 490 (2018) og ligger til grund for indeklimaklasse *standard*. De øvrige indeklimaklasser er også defineret efter lydklasserne i DS 490, dog med enkelte undtagelser.



Lydklasse D i DS 490 giver lydforhold, hvor ca. 25-40% af beboerne vil give en bolig en vurdering som dårlig. Derfor skal et projekt altid, som udgangspunkt, overholde Indeklimaklasse standard, der svarer til lydklasse C, hvor 20% vil give lydforholdene en vurdering som dårlig. Lydklasse B svarer til under 10% vil give lydforholdene en vurdering som dårlig.

Appendiks D



Indeklimaklasse *Renovering* fungerer som et nedre niveau og kan kun anvendes, hvor det ikke er muligt at opfylde *Indeklimaklasse Standard*. I forbindelse med renoveringsprojekter kan muligheder, begrænsninger og akustiske beregninger præsenteres for bygherre i en akustisk redegørelse. Ved renovering af gamle boliger, hvor etagedækket består af træbjælker, anbefales det at lave akustiske forbedringer af trinlyden, som oftest er en stor udfordring ved denne type konstruktion.

Indeklimaklasse *Skærpet* henvender sig til projekter med ekstra fokus på god akustik. Man kan også hæve enkelte parametre for at skræddersy indeklimaet. I modsætning til de øvrige indeklimatelementer (termisk, atmosfærisk og visuelt indeklima) er kravene til akustisk indeklima ikke præsenteret som en samlet tabel, eftersom akustik har mange krav. Kravene er herimod opdelt i tabeller for luftlydisolation, trinlyd, reduktion af støj og efterklangstid.

For nybyggeri med træ kan det være særligt udfordrende at opfylde lydkravene. Derfor er der lavet en note om at de tilladte niveauer for lave frekvenser for luftlydisolation og trindlyd, som er gældende i vejledningerne i bygningsreglementet, maksimalt må overskrides med 5 dB. Denne overskridelse tilgodeser træbyggeri ved luftlydisolation og trinlyd.

5.6.1 Luftlydisolation

Luftlydisolation refererer til en bygningskonstruktions evne til at hindre transmission af luftbåren lyd mellem rum eller enheder. I boliger er dette særligt vigtigt for at sikre privatliv og reducere generende støj fra omgivelserne. Bygningsreglementet fastsætter specifikke krav til luftlydisolation for at sikre, at boliger opfylder de nødvendige standarder for komfort og sundhed.

Tabel 14. Kravspecifikation for luftlydisolation for bolig. Referencer til lovkrav mm. findes i appendiks J.

Indeklimaklasse	Renovering	Standard	Skærpet
Mellem bolig/fællesrum og rum med særligt generende støj	$R'_w \geq 55 \text{ dB}$	$R'_w \geq 60 \text{ dB}$	$R'_w + C_{50-3150} \geq 63 \text{ dB}$
Mellem bolig og rum udenfor bolig / indbyrdes mellem fælles ophold	$R'_w \geq 50 \text{ dB}$	$R'_w \geq 55 \text{ dB}^*$	$R'_w + C_{50-3150} \geq 58 \text{ dB}$
Dør mellem bolig og fællesrum / mellem fællesrum og gange/trappe	$R'_w \geq 32 \text{ dB}$	$R'_w \geq 32 \text{ dB}$	$R'_w \geq 32 \text{ dB}$

* BR anbefaler for lette konstruktioner i lejlighedsskel at Luftlydisolation overholder $R'_w + C_{50-3150} \geq 53 \text{ dB}$

5.6.2 Trinlyd

Trinlyd refererer til den lyd, der opstår, når man går på gulvet, og som transmitteres gennem bygningskonstruktioner. Dette kan være særligt generende i etagebyggerier, hvor lyden kan forplante sig til underliggende eller tilstødende rum. Bygningsreglementet kræver, at trinlydniveauet holdes på et niveau, der sikrer et komfortabelt akustisk indeklima.



Figur 18. Fremtidens biobaserede etagedæk. Fotokredit: Realdania By & Byg / Claus Fisker

Tabel 15. Kravspecifikation for trinlyd for bolig. Referencer til lovkrav mm. findes i appendiks J.

Indeklimaklasse	Renovering	Standard	Skærpet
Til beboelsesrum/køkken/fælles opholdsrum fra rum med særligt generende støj	$L'_{n,w} \leq 53 \text{ dB}$	$L'_{n,w} \leq 48 \text{ dB}$	$L'_{n,w} + C_{1,50-2500} \leq 43 \text{ dB}$
Til beboelsesrum/køkken fra andre boliger og fra fællesrum	$L'_{n,w} \leq 58 \text{ dB}$	$L'_{n,w} \leq 53 \text{ dB}^*$	$L'_{n,w} + C_{1,50-2500} \leq 48 \text{ dB}$
Til beboelsesrum/køkken/fælles ophold fra trappe / altan / tagterrace / gange / toilet / baderum i andre boliger	$L'_{n,w} \leq 63 \text{ dB}$	$L'_{n,w} \leq 58 \text{ dB}$	$L'_{n,w} + C_{1,50-2500} \leq 53 \text{ dB}$

* BR anbefaler for lette konstruktioner i lejlighedsskel at Trinlydniveau overholder $L'_{n,w} + C_{1,50-2500} \leq 53 \text{ dB}$

5.6.3 Støj fra forskellige kilder

Minimering af støj er afgørende for at opretholde et behageligt akustisk indeklima. Støj deles generelt op i:

- Trafikstøj
- Støj fra tekniske installationer
- Støj fra andre enheder (mellem rum)

For indeklimaklasse *skærpet* er der sat et krav til støj fra installationer i soverum, som ligger ud over anbefalingerne i BR18. Minimering af støj fra installationer i soverum er vigtigt af følgende grunde:

- Søvnkvalitet: Støj kan forstyrre søvnen, hvilket reducerer søvnkvaliteten og gør det sværere at føle sig udhvilet. Specielt for børn er god søvn afgørende for deres vækst og læring
- Sundhed: Langvarig støjeksponering kan føre til helbredsproblemer som forhøjet blodtryk og stress

Tabel 16. Kravspecifikation for støj fra forskellige kilder. Referencer til lovkrav mm. findes i appendiks J.

Indeklimaklasse	Renovering	Standard	Skærpet
Støj fra trafik (med lukkede vinduer)			
– Til beboelsesrum / køkken / fælles ophold	$L_{den} \leq 38 \text{ dB}$	$L_{den} \leq 33 \text{ dB}$	$L_{den} \leq 28 \text{ dB}$
– I soverum	$L_{den} \leq 33 \text{ dB}$	$L_{den} \leq 33 \text{ dB}$	$L_{den} \leq 28 \text{ dB}$
Støj fra tekniske installationer			
– Til beboelsesrum / køkken / fælles ophold	$L_{Aeq} \leq 30 \text{ dB}$	$L_{Aeq} \leq 30 \text{ dB}$	$L_{Aeq} \leq 30 \text{ dB}$
– I soverum	-	-	$L_{Aeq} \leq 25 \text{ dB}^*$
– I øvrige opholdsrum	-	-	$L_{Aeq} \leq 30 \text{ dB}$
Støj fra interne fællesaktiviteter			
– Til beboelsesrum fra fitnessrum og lign**	-	$L_{Aeq,10min} \leq 30 \text{ dB}$ $L_{pAmax} \leq 45 \text{ dB}$	$L_{Aeq,10min} \leq 25 \text{ dB}$ $L_{pAmax} \leq 40 \text{ dB}$

* Umøbleret

** Anvendes rummene i natperioden kl. 22:00 og 07:00 skærpes kravene med 5 dB.

Bemærk at brugen af ventilationsvinduer med lydreducerende tiltag (fx russervinduer) vil reducere støjen udefra, men at vinduet samtidig også reducerer

luftmængden gennem vinduet, og derfor kræver særlig opmærksomhed i forhold til termisk komfort. Uddybning af denne problematik findes i afsnittet omkring "Udluftning og støj på facader" i afsnit 5.3.1.

5.6.4 Efterklangstid

Efterklangstid refererer til den tid, det tager for lyd at dø ud i et rum efter, at lydkilden er stoppet. Efterklang skyldes refleksioner af lydbølger fra rummets overflader.

Tabel 17. Kravspecifikation for efterklangstid. Referencer til lovkrav mm. findes i appendiks J.

Indeklimaklasse	Renovering	Standard	Skærpet
I trapperum	$\leq 1,3$ s (500-2000 Hz)	$\leq 1,3$ s (500-2000 Hz)	$\leq 1,0$ s (500-2000 Hz)
I gangarealer der i nogen grad anvendes til ophold (fx plejehjem)	$\leq 0,9$ s (500-2000 Hz)	$\leq 0,9$ s (500-2000 Hz)	$\leq 0,9$ s (500-2000 Hz)
Fælles opholdsrum (møbleret)	Ingen krav	$\leq 0,6$ s (125-4000 Hz)	$\leq 0,6$ s (125-4000 Hz)

5.6.5 Renovering

De akustiske krav til renoveringsprojekter træder kun i kraft for nye eller tilførte komponenter og bygningsdele, nyindrettede områder samt ændrede konstruktioner og de konsekvenser, som disse kan have for det akustiske indeklima. Eksisterende indretninger og konstruktioner uden ændringer udløser derimod ingen ekstra akustiske krav.

Kravene til støj fra erhvervsenheder i boliger, er krav fra Miljølovgivningen, som gælder for alle bygninger uanset opførelsestidspunkt.



Figur 19. Umeus ved rolighedsvej

5.7 Indeklimadokumentation, bolig

Indeklimaet kan dokumenteres på følgende måder:

Tabel 18. Dokumentation af indeklimaet

Indeklimaparametre	Dokumentation
Renovering	Der skal argumenteres for løsninger, der ikke ligger i indeklimaklasse <i>standard</i> i indeklimarapporten. Renoveringsklassen dokumenteres herudover på samme måde som andre indeklimaparametre evt. med økonomiske betragtninger ift. forbedring af indeklimaet. Rapporten er primært henvendt bygherre. Dette gælder både for den akustiske redegørelse og indeklimarapporten.
Termisk indeklima	
– Operativ temperatur	Indeklimarapport med krav, kritiske rum for bebyggelsen, inputparametre og resultater af beregningerne i enten et forenklet eller dynamisk program
– Træk	Afsnit i indeklimarapport og dokumentation med indreguleringsrapporter ift. luftmængder og data for ventilationsanlæg ift. varmegenvindingsgraden.
– Relativ luftfugtighed	Kort notits i indeklimarapport hvor fx tabelopslag er anvendt til dokumentation af den relative luftfugtighed eller afsnit i indeklimarapport der præsenterer forudsætninger og resultater af simulering
– Robusthed	Afsnit i indeklimarapport der præsenterer forudsætninger og resultater af simulering
Atmosfærisk indeklima	
– Udelufttilførsel	Afsnit i indeklimarapport
– Emhætte	Indreguleringsrapport og energiramme
– Afgasning til indeklimaet	Datablade som dokumentation for alle krav på produktniveau overholdes samt en selvstændig rapport hvis der foretages funktionstest
– Radon	Selvstændig rapport
Visuelt indeklima	
– 10%-metoden	Dagslysrapport med de kritiske rum, inputparametre og resultater
– 300 lux-metoden	Dagslysrapport med de kritiske rum, inputparametre og resultater
– Udsyn	Kræver ikke dokumentation
Akustisk indeklima	
– Lufttydisolation	Akustiskrapport med de kritiske rum, inputparametre og resultater
– Trinlyd	Akustiskrapport med de kritiske rum, inputparametre og resultater
– Støj fra forskellige kilder	Akustiskrapport med de kritiske rum, inputparametre og resultater
– Efterklangstid	Akustiskrapport med de kritiske rum, inputparametre og resultater

6 Erhverv

Erhvervsbyggerier er sædvanligvis kendetegnet ved, at indeklimaet, og forhold der påvirker det, er mere komplekst end for boliger. I erhvervsbygninger skal der tages højde for funktionalitet, brug, udstyr og processer. Brugere er mere bundne i forhold til, 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 høj produktivitet understøttet af bl.a. godt indeklima.

Den bedste forudsætning for at opnå et godt indeklima skabes ved at krav til indeklima og de tilhørende forudsætninger for brug, aftales og specificeres med bygherre, som noget af det allerførste både ved nybyggeri og renovering. Krav og forudsætninger for indeklimaet danner grundlag for beregningerne og indgår aktivt i det videre design og detaljering af både bygning og systemer. Allerede fra starten inddrages alle forhold og virkemidler, herunder indretning, geometri, klimaskærm, materialer og installationer. Løbende opfølgning gennem projektet sikrer det endelige optimale og planlagte resultat.



Termisk

Temperatur
Træk
Fugt



Atmosfærisk

Forurening fra personer
Andre skadelige stoffer



Visuelt

Dagslys
Udsyn
Blænding
Solafskærmning
Elektrisk belysning



Akustisk

Rumakustik
Luftlydsisolation
Støj

6.1 Indeklimaklasser

Ved projektering af erhverv i henhold til branchevejledningen anvendes følgende indeklimaklasser:

Minimum

Renovering

Standard

Skærpet

Indeklimaklasse Minimum kan alene benyttes i rum, hvor der **ikke** er fast personophold, hvor man opholder sig i kortere perioder, hvor man er i bevægelse, og i rum, hvor der er en grad af frihed til, hvor i rummet man opholder sig. Det kan fx være i kantiner, te-køkkener og gangområder. I denne type områder kan

der accepteres større variation i indeklimaet, hvilket kan medvirke til at spare energi og ressourcer.

Indeklimaklasse Renovering kan alene benyttes i forbindelse med renoveringer, hvor det rent byggeteknisk ikke er muligt eller uforholdsmæssigt dyrt at leve op til alle krav i indeklimaklasse Standard. Indeklimaklasse Renovering må kun vælges for de parametre, hvor det er nødvendigt, da hvert forhold påvirker oplevelsen af de øvrige, som en cocktail-effekt. Høje temperaturer påvirker fx den oplevede luftkvalitet negativt. Se afsnit 3.3 for yderligere forklaring.

Indeklimaklasse Standard omfatter kontorer, møderum, samlingslokaler og øvrige arbejdsrum, som opføres i overensstemmelse med det gældende Bygningsreglement. Dette er rumtyper med fast personophold, arbejdspladser samt møderum. Standard fastlægger en robust og jævn afvejning af de forskellige indeklimaparametre til et ensartet kvalitetsniveau og er afvejet i forhold til at undgå unødigt materiale- og energiforbrug. Kvalitetsniveauet i Standard giver sædvanligvis anledning til en høj grad af tilfredshed - også i lokaler, hvor der er mange brugere.

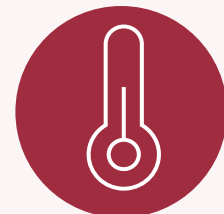
Indeklimaklasse Skærpet, eller udvalgte parametre fra den, vælges for rum med særligt høje krav til indeklimaet, for rum med begrænset mulighed for at tilpasse beklædning eller flytte sig et andet sted hen, eller for rum hvor der opholder sig særligt sensitive personer. Det kan fx være lokaler med krav til beklædning af hygiejniske årsager. Højere krav til indeklimaet vil som regel påvirke anlægs- og driftsøkonomi samt klimabelastning og energiforbrug. Det kan derfor være en god ide at kombinere indeklimaklasserne og udvælge hvilke parametre, der er vigtigst eller giver mest værdi og kun hæve disse til indeklimaklasse Skærpet, mens de øvrige holdes i Standard.

6.2 Baggrund

Baggrunden (standarder og lovtekst) for kravene i branchevejledning er listet i appendiks J.

Appendiks J





6.3 Termisk indeklima

Tabel 19. Kravspecifikation for termisk indeklima i erhverv. Referencer til lovkrav mm. findes i appendiks J.

Indeklimaklasse	Minimum	Renovering	Standard	Skærpet
Operativ temperatur i °C				
Sommer (maj – september)	22,0 – 27,0	22,0 – 27,0	22,0 – 26,0	22,5 – 25,5
Overgang (april og oktober)	21,0 – 27,0	21,0 – 27,0	21,0 – 26,0	21,0 – 25,5
Vinter (november – marts)	21,0 – 25,0	21,0 – 25,0	21,0 – 24,5	21,0 – 24,0
Trækrisiko / draught rate i % ¹	≤ 25 *	≤ 25 *	≤ 20	≤ 15
Relativ fugtighed i % ²		≥ 20	≥ 20	≥ 25
Kritisk overfladetemperatur i °C ³				
Fugtbelastningsklasse 2	≥ 13,0	≥ 13,0	≥ 13,0	≥ 13,0
Fugtbelastningsklasse 3	≥ 16,2	≥ 16,2	≥ 16,2	≥ 16,2
Robusthedsanalyse	Anbefales	Anbefales	Anbefales	Ja

* Lever ikke op til krav i bygningsreglementet og kræver afklaring med den lokale byggemyndighed

¹⁾ Må maksimalt overskrides 6% af brugstiden på årsbasis, 8% på månedsbasis og 10% på ugebasis. For mekanisk vent kan dette sædvanligvis betragtes som overholdt, når trækrisiko er overholdt for scenarier i Tabel 21. For naturlig ventilation skal det dokumenteres, hvordan overskridelserne er fordelt over året.

²⁾ Skal overholdes 95% af brugstiden.

³⁾ Hvis U-værdier i BR18 §257 er overholdt behøver overfladetemperaturen ikke beregnes. Der skal dog være opmærksomhed på kuldebroer, som kan medføre udfordringer.

Indeklimaklasse *Standard* passer til de fleste arbejdspladser, hvor personerne har mulighed for at tilpasse deres beklædning på varme dage.

Indeklimaklasse *Renovering* tillader højere temperaturer og fordrer derfor en større accept af uformel beklædning, der i højere grad afspejler årets temperaturvariationer.

De opstillede indeklimakrav er gældende for personer med et aktivitetsniveau på ca. 1,0 - 1,5 met og ved en påklædning på ca. 0,5 clo om sommeren og 1,0 clo om vinteren. For fx industri- og fabriksarbejde, hvor aktivitetsniveau og/eller påklædning er væsentligt anderledes, skal temperaturniveauerne tilpasses.

6.3.1 Operativ temperatur

Temperaturerne opstillet i kravspecifikationen, angiver et interval som temperaturen må variere indenfor.

De opstillede temperaturintervaller giver mulighed for at udnytte bygningens termiske masse som buffer, ved at starte med den laveste temperatur om morgenen. Det tillades, at den nedre temperatur underskrides den første time med maksimalt 1°C om sommeren for at optimere natkøling.

Natkøling

- ... har størst effekt i tungt byggeri og ringe effekt i let byggeri
- ... er en passiv metode i bygninger med naturlig ventilation
- ... er ved brug af mekanisk ventilation **ikke** en passiv metode, fordi energiforbruget til ventilatoren bliver ganske stort

Temperatursvingninger over dagen er noget, der påvirker brugerne i en grad så det ofte medfører klager. Derfor bør temperaturvariationer i løbet af en dag evalueres i forbindelse med simuleringerne. Specielt i overgangsperioden, hvor der tillades et større temperaturspænd, bør det undersøges, hvor meget temperaturen svinger/stiger i løbet af en enkelt dag.

Toleranceoverskridelser

Det tillades, at den øvre temperaturgrænse overskrides et antal timer per år, typisk på de varmeste dage. En stram overholdelse uden overskridelse af temperaturgrænsen ville kræve en væsentlig forøget kapacitet af klimastyringsanlæggene, som kun ville blive benyttet få timer, hvilket er u hensigtsmæssigt i forhold til både ressourceforbrug og økonomi.

Antallet af timer, hvor temperaturgrænsen overskrides, opgøres og dokumenteres for hhv. sommer- og overgangsperiode, og vinterperiode.

Tabel 20. Tilladelige toleranceoverskridelser for operativ temperatur i brugstiden.

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	Maks 140
- timer med overskridelse af øvre temperaturgrænse + 1°C	Maks 25	Maks 35
<i>Vinterperiode (november – marts)</i>		
- timer med overskridelse af øvre temperaturgrænse	Maks 50	Maks 70
- timer med overskridelse af øvre temperaturgrænse + 1°C	Maks 10	Maks 14

Antallet af timer med toleranceoverskridelser fastlægges som udgangspunkt i forhold til antallet af dage bygningen er i brug, uanset om bygningen benyttes fra kl. 0 til kl. 24 eller fra kl. 8 til kl. 16. Dette skyldes, at de varme timer som regel forekommer i løbet af dagtimerne.

Ved væsentligt kortere brugstid (under fire timer pr. dag) anvendes toleranceoverskridelser svarende til 5% af brugstiden over den øvre grænse i perioden april-oktober og øvrige justeres tilsvarende.

Appendiks E1



Appendiks E2



Appendiks E2



Simulering af termisk indeklima

Dynamiske indeklimasimuleringer baseres på de aktuelle konstruktionsopbygninger og brugsprofiler for rummene. Alle disse informationer samt andre antagelser rapporteres sammen med resultaterne af simuleringerne.

Appendiks E2



Ved dimensionering af bygningen og dens systemer simuleres der med de forudsætninger og belastninger, hvor de opstillede indeklimakrav ønskes overholdt.

Sædvanligvis foretages dynamiske indeklimasimuleringer i værktøjerne BSim, IES-VE eller IDA ICE. Analyserne udføres på timebasis for alle 8760 timer i vejrdatabåret. I henhold til bygningsreglementet benyttes nyeste DRY vejrdatabase, og der simuleres for det angivne kalenderår.

Ved termiske beregninger medregnes kun skygger fra eksisterende og igangsatte byggerier. Fremtidige projekter fra lokalplaner udelades pga. usikkerhed. Skygger fra enkeltstående træer og buske medtages ikke i beregningerne.

Udvælgelse af rum til indeklimasimuleringer

Der bør udføres termiske simuleringer for både **kritiske rum** og **repræsentative rum** i bygningen i forhold til dimensionering af facader og systemer. Dette sikrer, at dimensionering af anlæg ikke alene baseres på kritiske rum.

Brugsprofiler og varmebelastninger i indeklimasimuleringer

Indeklimasimuleringerne danner grundlag for dimensioneringen af fx ventilations- og kølesystemer, valg af vinduesglas og solafskærmningsløsning. Det skal derfor være de dimensionerende forhold, der benyttes i simuleringerne og ikke forhold der svarer til en gennemsnitlig brug.

I appendiks er opstillet forslag til brugsprofiler for en række forskellige rumtyper.

- Kontorer 1-2 personer samt fokus-/stillerum
- Kontorer til flere personer
- Mødelokaler
- Kantine
- Konferencerum

Appendiks G



Brugsprofilerne viser belastningen i løbet af en dag for personer og udstyr ved almindelig brug og ved intensiv brug.

Personer regnes at have en tør varmeafgivelse på 100 W. Dette svarer til varmeafgivelsen fra en gennemsnitlig voksen mand med et aktivitetsniveau på 1,2 met (stillesiddende arbejde). 100 W anbefales som minimum, men bør øges ved højere aktivitetsniveauer.

Den dimensionerende udstyrsbelastning baseres på hvilket udstyr, der forventes at komme i rummet. Hvis de reelle størrelser for udstyrets varmeafgivelse ikke er kendte, kan der benyttes værdier opstillet i appendiks.

Solafskærmning i indeklimasimuleringer

For at sikre udsyn en tilfredsstillende del af tiden, må solafskærmning kun benyttes en begrænset del af brugstiden både i indeklimasimuleringerne og i daglig brug. Dette gælder både for solafskærmning af hensyn til blænding og af hensyn til at minimere solvarmetilførslen. Uanset hvilken afskærmningstype der

Appendiks F



benyttes, skal timerne tælles med i solafskærmningstiden, hvis den indgår til regulering af det termiske indeklima. Udenfor brugstid kan solafskærmning benyttes uden begrænsninger. Krav til solafskærmningstiden er angivet under visuelt indeklima afsnit 6.5.2.

Afskærmningsfaktoren, angiver andelen af solvarme, som passerer solafskærmningen ligesom g-værdien for en rude. En afskærmningsfaktor på 0,8 tillader 80% af solvarmen at passere, mens en afskærmningsfaktor på 0,3 kun tillader 30% at passere. Afskærmningsfaktoren for en given solafskærmning vil variere afhængig af ruden den benyttes sammen med. Afskærmninger er generelt mere effektive sammen med en rude med høj g-værdi, mens afskærmningsfaktoren bliver højere (og effekten dermed mindre), hvis den benyttes sammen med en rude med lav g-værdi. Ved anvendelse af indvendig solafskærmning med reflektive og/eller lavemissionsbelægninger, bør afskærmningsfaktoren vurderes med forsigtighed. Den reelle effekt afviger ofte fra de beregnede værdier, da disse ikke fuldt ud kan tage højde for randeffekter samt de faktiske luftstrømninger langs, omkring og gennem solafskærmningen. Det anbefales derfor, at valg og dimensionering sker med omtanke, og at en ekstra sikkerhed evt. indregnes. For yderligere beskrivelser og beregninger henvises til kapitel 5 i SBi-anvisning 264 (2016) *Solafskærmninger*.

Appendiks F



Ved automatisk styret solafskærmning anbefales det at opdele facaderne i sektioner med samme skyggeforhold, for at undgå at køre afskærmningen for vinduer, hvor der ikke er behov. Hvis solafskærmningen styres i sektioner af maks. 5 meter i bredden og én etage i højden, tillades det, at afskærmningen benyttes 5%-point mere end angivet i kravtabellen i afsnit 6.5 for solafskærmningstiden.

Appendiks F3



Solafskærmning med mulighed for udsyn kan benyttes mere end solafskærmning, der blokerer helt for udsynet. Dette er nærmere beskrevet under visuelt indeklima, afsnit 6.5.1.

Der kan med fordel benyttes forskellige setpunkter for aktivering af solafskærmningen i løbet af året. I foråret står solen lavt og kan bidrage signifikant til at øge temperaturen i bygningen. Dette kan medføre høje temperaturer i slutningen af vinterperioden, hvor brugerne stadig er i vinterbeklædning. Derfor kan det være en fordel at sænke setpunktet for solafskærmningen i fx marts. Dette gælder i indeklimasimuleringerne, men er en oplysning, som også skal videregives til den fremtidige drift, da situationen også vil opstå i den færdige bygning.

6.3.2 Trækrisiko

Træk betegner oplevelsen, der opstår når en luftstrømning giver anledning til afkøling af dele af kroppen. Træk vil oftest vurderes forskelligt afhængig af om brugerne selv har indflydelse på reguleringen (fx mulighed for at lukke et vindue) eller ikke har indflydelse på kilden til træk (fx træk fra et indblæsningsarmatur) [SBi-anvisning 202, 2002].

Appendiks E3



Der er forskellige tilgange til evaluering af træk fra mekanisk og naturlig ventilation, som uddybes i de følgende afsnit. Fælles for vurderingerne gælder, at krav til trækrisiko, og dermed de tilfælde, hvor der opleves træk, accepteres overskredet 6% af brugstiden på årsbasis for nybyg [DS 447, 2021]. Overskridelsen må dog ikke være mere end 8% på månedsbasis og 10% på ugebasis, se Tabel 21.

Tabel 21. Acceptable afvigelser i forhold til trækrav. Nybyg iht. DS 447 (2021).

	Afvigelse	Uge	Måned	År
Nybyg	Andel af brugstiden	10%	8%	6%
	Ved brugstid på 40 timer	4 timer	14 timer	126 timer
Renovering	Andel af brugstiden	12%	10%	7%
	Ved brugstid på 40 timer	5 timer	18 timer	150 timer

Mekanisk ventilation

Evaluerings af trækrisiko kan ikke foretages med bygningssimuleringsprogrammerne, der benyttes til de termiske årssimuleringer. I stedet benyttes enten konkrete forsøgsoptstillinger eller tabelopslag for tre kritiske situationer, som indikation af, at krav til trækrisiko er overholdt.

Krav til trækrisiko kan forventes opfyldt, når de driftssituationer, der er opstillet i Tabel 22, overholder grænseværdierne.

Tabel 22. Trækrisikoen udregnes for følgende scenarier.

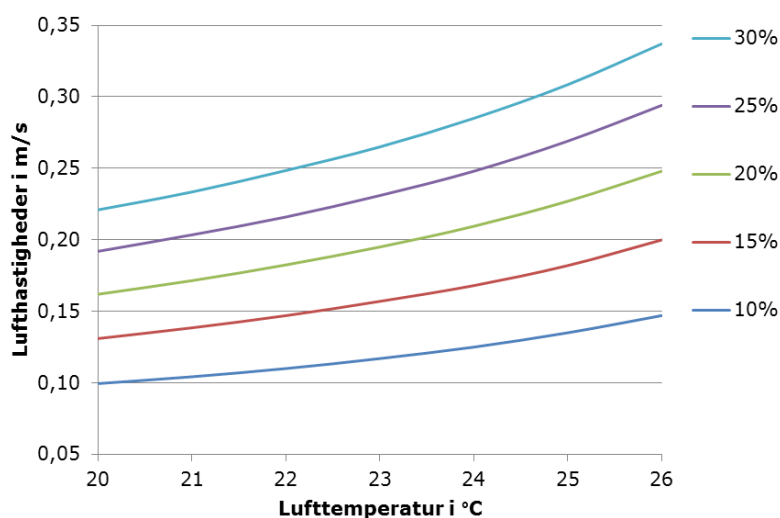
Scenarie	Rumtemperatur	Indblæsningstemperatur	Luftmængde
Sommer varm	Øvre grænse	Minimum	Maksimum
Sommer middel	Middel af øvre og nedre grænse	Minimum	Minimum
Vinter middel	Middel af øvre og nedre grænse	Maksimum	Maksimum

Risiko for træk i et rum afhænger af flere faktorer bl.a. rummets geometri, armaturernes placering, luftmængder, varmekilder, rumtemperaturen og indblæsningstemperaturen. Lufthastigheder bestemmes ud fra kastelængder og øvrige data for de *konkrete* armaturer og med den *konkrete* placering af armaturer i rummet.

I figuren nedenfor er trækrisikoen optegnet ved en turbulensintensitet på 40%, som svarer til opblandingsventilation. I appendiks er vist en graf for turbulensintensitet på 20% (svarende til fortrængningsventilation) samt tabeller for både turbulensintensitet på 20% og 40%.

Appendiks E3





Figur 20. Sammenhæng mellem lufttemperatur og lufthastigheder ved trækrisiko på 10% - 30%. Sammenhængene gælder ved en turbulensintensitet på 40%, svarende til opblandingsventilation.

Naturlig ventilation

Ved benyttelse af naturlig ventilation skal åbningerne placeres, fordeles og udformes i forhold til at opnå en god opblanding og fordeling af luften samt minimering af trækrisikoen. Af hensyn til træk bør åbninger placeret lavere end 2,0 m eller sidehængte vinduer kun indgå i den naturlige ventilation, når udeluften er varmere end 18°C, medmindre det dokumenteres, at der ikke opstår træk.

Åbningerne skal styres automatisk afhængig af ude- og indeforhold. Åbningerne skal have mulighed for manuel overstyring i sektioner af op til ca. 5 m eller 1 moduls bredde for områder med arbejdspladser, svarende til to bordgrupper.

Manuelt betjente vinduer anses ikke som naturlig ventilation, men som udluftning. For manuelt betjente vinduer gælder at disse først kan forventes åbnet i den allerøverste del af det optimale operative temperaturspænd og i øvrigt ikke kan betjenes når der ikke er ophold i lokalet – derfor kan manuelt betjente vinduer ikke medtages i eftervisningen af termiske indeklima i erhvervsbyggeri.

For erhvervsbyggeri gælder:

- **Automatisk** styring af vinduer betragtes som **naturlig ventilation**
- *Manuel* åbning af vinduer betragtes som *udluftning*

I perioder med lave udetemperaturer vil åbning af vinduer næsten altid medføre, at kravet til trækrisiko / draught rate overskrides. Fordi naturlig ventilation er lettere at forstå og interagere med for mange brugere, vil brugerne i højere grad kunne acceptere dette i kortere perioder. Accepten er dog betinget af, at de har mulighed for at overstyre de vinduer, der giver dem træk (jfr. sektioner på fx 5 m).

Træk ved naturlig ventilation evalueres i forhold til andelen af brugstiden, hvor trækkriteriet må overskrides (jfr. Tabel 21). Det forventes, at åbning af vinduer vil resultere i træk, når udetemperaturen er lav. I perioder med lav

Appendiks E4



udetemperatur skal krav til atmosfærisk og termisk indeklima derfor kunne overholdes samtidig med at vinduerne ikke åbnes i længere tid end angivet i Tabel 21.

I overgangsperioderne kan der være kølebehov på grund af solindfald, samtidig med, at udetemperaturen er lav. For disse situationer skal det tydeligt synliggøres hvor meget, hvor længe og hvornår, der er behov for, at vinduerne er åbne og ved hvilke inde- og udetemperaturer.

Naturlig ventilation kan i varme perioder medvirke til at skabe større luftskifter og dermed et mere behageligt termisk indeklima end mekanisk ventilation. Som det ses i Figur 20 øges tolerancen for lufthastighed, når temperaturen er højere.

Ved at kombinere mekanisk og naturlig ventilation, er det muligt at opnå større luftskifter om sommeren og minimere trækrisikoen om vinteren.

6.3.3 Relativ luftfugtighed

Den relative luftfugtighed i indeklimaet er primært relevant i vintermånederne i forhold til gener fra statisk elektricitet samt oplevelsen af tørre slimhinder.

Den relative fugtighed i indeluften kan modelleres dynamisk i samme modeller, som anvendes til at vurdere det termiske indeklima. Forhold der har indflydelse på fugten, herunder bl.a. fugtafgivelse, fugtgenvinding og overfladetemperaturer på køleflader mm skal i så fald simuleres korrekt. Den grundlæggende metodik for fugt simulering fremgår af appendiks A9. Hvis der benyttes affugtning eller befugtning i ventilationsanlægget, skal den relative fugtighed ligge inden for intervaller specificeret i Tabel B.16 i DS/EN 16798-1 (2019), medmindre der indgår fugtfølsomme materialer, som kræver en specifik relativ fugtighed.

Ved høje relative luftfugtigheder stiger risikoen for fugt og skimmel, derfor stilles der krav til mindste kritiske overfladetemperatur.

Appendiks A9



6.3.4 Kritisk overfladetemperatur

Den kritiske overfladetemperatur benyttes for at forebygge fugt og skimmel på indvendige overflader, typisk forårsaget af kuldebroer eller utilstrækkelig isolering af en konstruktion. Bygningsreglementet kræver, at nybyggeri og renoveringer udføres fugtteknisk forsvarligt [BR18 § 334]. Branchevejledningen fastsætter derfor en kritisk overfladetemperatur, altså minimumstemperaturer til indvendige overflader, afhængig af rummets fugtbelastningsklasse jf. SBI-277 (2023) (se Appendiks A10).

Den indvendige overfladetemperatur skal beregnes for de mest udsatte (koldeste) flader i et rum, enten ved stationære eller dynamiske beregninger, hvorved det skal sikres, at disse ikke underskrider den kritiske grænse (den kritiske overfladetemperatur). Kravet stilles for at undgå skimmel og/eller kondens på de indvendige overflader, der eksponeres mod indeklimaet.

Appendiks A10



6.3.5 Robusthedsanalyse

Indeklimasimuleringer viser, hvordan indeklimaet forventes at blive ved de valgte forudsætninger. Virkeligheden svarer dog sjældent præcist til de valgte forudsætninger. Brugere opfører sig anderledes, driftspersonalet justerer på sætpunkterne, klimaet bliver varmere og indretningen ændres.

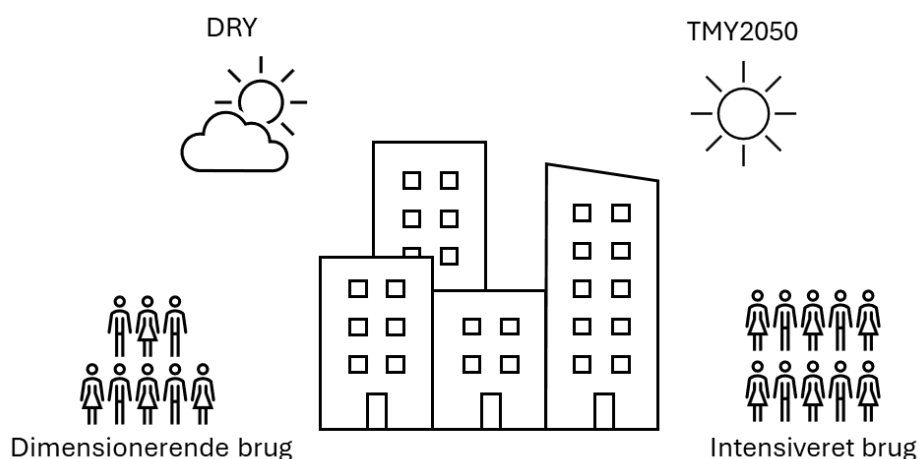
En robusthedsanalyse fremhæver, hvilke parametre der er kritiske og særligt følsomme for den konkrete bygning ved de dimensionerende forhold.



For at illustrere hvad fremtidens forhold kan betyde for bygningens indeklima, udføres simuleringer med mere intensiv brug og med fremskrevne klimadata. Der udføres tre ekstra simuleringer: øget brug, fremskrevne klimadata og øget brug + fremskrevne klimadata.

Med udgangspunkt i simuleringerne opstilles en liste med forslag til tiltag, der vil kunne bruges til at imødekomme de udfordringer, der forventes at opstå med indeklimaet i fremtiden.

Robusthedsanalysen kan med fordel foretages for alle rum, som er simuleret, men skal som minimum omfatte rum, der er kritiske for bygningens funktion og rum med store glasarealer.



Figur 21. Ved en robusthedsanalyse simuleres indeklimaet med vejrdata for 2050 og ved mere intensiv brug af bygningen. Der køres simuleringer med ændringerne hver for sig og sammen, altså tre ekstra simuleringer.

Robusthedsanalyser er ikke en standardydelse og indgår ikke i forbindelse med eftervisning af bygningsreglementets krav. Men det anbefales at udføre analyserne, da det giver værdifuld viden for bygherre i forhold til bygningens robusthed for fremtidige scenarier.

Med robusthedsanalysen i hånden kan bygherre på et oplyst grundlag vælge, om der fx skal laves ændringer i glasarealer og design eller gøres tiltag, så bygningen lettere kan tilpasses, så den også i fremtiden kan opretholde et tilfredsstillende indeklima.

6.3.6 Renovering

Ved renovering kan der være eksisterende forhold der gør det vanskeligt at overholde krav til termiske indeklima herunder etagehøjde og mulighed for etablering af føringsveje.

I praksis kan det vise sig vanskeligt at overholde kombinationer af indeklimateklasse og forudsætninger for brug, som ellers kan håndteres ved nybyggeri.

Flere forhold bør overvejes i den henseende - men særligt intensiteten af og placering af arbejdspladser. I forhold til nybyggeri kan der være behov for at etablere færre arbejdspladser (lavere brutto/netto) og tilsvarende kan antallet af arbejdspladser etableret ved facaden være lavere end for nybyggeriet.

Andre overvejelser i forhold til det eksisterende byggeri kunne være – efter dialog med myndighederne - at gå på kompromis med føringsvejsareal til ventilationsfremføring og dermed tillade højere specifikt elforbrug til ventilation (SEL værdi). Således kan tilstrækkelige luftmængder sikres på mindre føringsvejsareal.

Endelig kan det overvejes at reducere indeklimakrav til termisk indeklima under indeklimaklassen Standard – i så fald bør det sikres, at der ikke samtidigt reduceres urealistisk på forventninger til brug og brugsprofiler. I samme henseende pointeres det, at det kan være problematisk både at reducere krav til termisk og atmosfærisk indeklima, idet brugerne er langt mere følsomme for dårlig luftkvalitet ved høje temperaturer.



6.4 Atmosfærisk indeklima

Tabel 23. Kravspecifikation for atmosfærisk indeklima. Referencer til lovkrav mm. findes i appendiks J.

Indeklimaklasse	Minimum	Renovering	Standard	Skærpet
Lufttilførsel				
CO ₂ -koncentration i ppm (ved udeniveau på 400 ppm)	1200	1499 ¹	1000	1000
Luftmængde pr. person i L/s pr person ²	≥ 7,1	≥ 5,2	≥ 9,4	≥ 9,4
Afgasning fra materialer				
Produktniveau		for "nye" dele		
Formaldehyd i mg/m ³		< 0,06	< 0,06	< 0,06
Kræftfremkaldende VOC ³ i g/m ³		< 0,001	< 0,001	< 0,001
Test i færdigt byggeri		Frivilligt	Frivilligt	Krav
Formaldehyd i µg/m ³		< 100	< 100	< 100
TVOC i µg/m ³		≤ 1500	≤ 1500	≤ 1500

¹⁾ Skal overholdes ved 100% belastning i rummet. Iht. Arbejdstilsynet tillades maksimalt 0,1% og derfor må denne ikke overskrides ved fuld belastning [AT-vejledning A.1.2-1, 2018].

²⁾ Luftmængde ved aktivitetsniveau på 1,2 met svarende til kontorarbejde. Ved højere aktivitetsniveau skal luftmængden justeres for at overholde krav til CO₂-koncentrationen.

³⁾ Flygtige organiske forbindelser i kategori 1A og 1B.

6.4.1 Lufttilførsel

Krav til CO₂-koncentrationen skal overholdes i hele brugstiden ved dimensionerende forhold. For brug, der ligger udenfor dimensionerende forhold, tillades overskridelser. Hvis en kantine fx benyttes til julefrokost med højere personbelastning end til dagligt, skal overholdelse af kravene eftervises for det daglige scenarie. For enkeltstående/særlige arrangementer skal det vises, hvor høj CO₂-koncentration bliver og den bør ikke overstige 1499 ppm.

De opstillede grænser for CO₂-koncentrationer er med udgangspunkt i en udeluftkoncentration på 400 ppm. Ved beregning af de tilsvarende luftmængder er der anvendt en CO₂-afgivelse på 20,4 L/h pr. person svarende til stillesiddende aktivitet (1,2 met) for en voksen person [BR18, vejledning om ventilation, §447]. Ved højere aktivitetsniveauer stiger CO₂-afgivelsen proportionalt med aktivitetsniveauet.

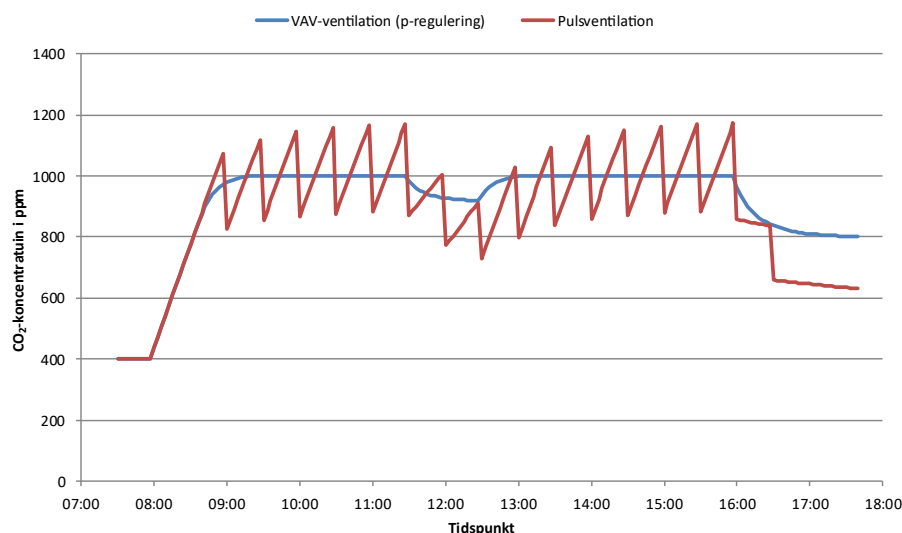
Ønsker man at skabe en bygning, der er mere robust i forhold til ændret brug i fremtiden, kan man dimensionere efter et brugsprofil med intensiv brug, selvom dette ikke afspejler den nuværende brug.

Naturlig ventilation

Hvis der ventileres med naturlig ventilation og der benyttes pulsventilation, skal CO₂-koncentrationens forløb i løbet af en vinterdag beregnes. Beregningen skal sikre, at CO₂-koncentrationen i gennemsnit, i løbet af brugstiden, overholder det ønskede niveau i iht. kravspecifikationen med det ønskede brugsmønster (se Figur 22 for et eksempel). Derudover skal beregningen vise, at CO₂-koncentrationen ikke overskrider 1499 ppm, heller ikke ved fuld belastning.

Appendiks H1





Figur 22. Eksempel på forløbet af CO₂-koncentration i løbet af en arbejdsdag med VAV-ventilation med p-regulering og med pulsventilation hver halve time i 3 minutter. Arbejdstid kl. 8-16, en times frokostpause med halv belastning. Begge systemer aktiveres ved et CO₂-niveau over 800 ppm.

På varme, vindstille sommerdage vil der være timer, med meget små eller ingen drivkræfter for den naturlige ventilation, og hvor der trods fuldt åbne vinduer ikke kan etableres tilstrækkeligt luftskifte. For timer med både vindhastighed ≤ 1 m/s og udetemperatur $\geq 22^\circ\text{C}$ accepteres det, at CO₂-koncentrationen overskrider 1499 ppm.

6.4.2 Afgasning fra materialer

Friskluftmængderne angivet i Tabel 23 (kravspecifikation for atmosfærisk indeklima) er fastsat ud fra CO₂-koncentrationen angivet i BR18. Kravet til lufttilførsel i BR18 forudsætter, at bygningens materialer ikke afgiver skadelige stoffer, og at afgasningen fra konstruktioner og overflader er lav.

Fra Bygningsreglementets vejledning om forureninger (§329-§333):

Koncentrationen af forurening fra byggematerialerne i indeluften bør primært sænkes ved at mindske kildestyrken og alternativt ved at øge fortyndingen med tilført udeluft.

Der bør altid benyttes byggematerialer med den lavest mulige afgivelse af forureninger til indeklimaet.

Ved renoveringer skal eksisterende materialer undersøges med henblik på afgivelse af skadelige stoffer til indeluften og til omgivende materialer. Herudover skal der ved renovering undersøges for fx PCB, asbest, tungmetaller, klorerede paraffiner og radon.

Afgasning til indeklimaet fra materialer skal holdes nede og det anbefales at bygningen ventileres grundigt inden indflytning, så hovedparten af de afgivne stoffer er fjernet.

Appendiks H2



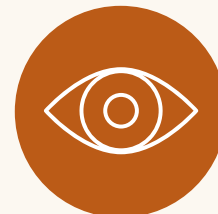
6.4.3 Renovering

I forbindelse med renoveringer kan der være pladsproblemer, som gør, at det ikke er muligt at føre tilstrækkelig luft frem til at sikre 1000 ppm. I så fald kan der dimensioneres efter arbejdstilsynets maksgrænse på 0,1%, som kan strækkes

til 1499 ppm [AT-vejledning A.1.2-1, 2018]. Da der er tale om en maksgrænse, må den ikke overskrides og derfor skal den overholdes med fuld personbelastning i rummet.

Hvis det ikke er muligt at overholde krav til både SEL-værdi og CO₂-koncentration i forbindelse med en renovering, fordi der ikke er plads til større kanaler, så bør der først gås på kompromis med SEL-værdien og kun hvis dette ikke er tilstrækkeligt gås på kompromis med CO₂-koncentrationen. Se desuden kapitel 3.

Ved renovering ses der alene på afgangning fra nye materialer og dele, som tilføjes rummet. En stor fordel ved renovering er, at bygningens eksisterende materialer som regel allerede er afgasset. Udgangspunktet for et sundt indeklima er dermed ofte bedre end for nybyggeri.



6.5 Visuelt indeklima

Tabel 24. Kravspecifikation for visuelt indeklima. Referencer til lovkrav mm. findes i appendiks J.

Indeklimaklasse	Minimum	Renovering	Standard	Skærpet
Dagslys¹				
Korrigeret glas/gulv-areal i % eller belysningsstyrke i lux ²	≥ 8 *	≥ 10	≥ 10 ≥ 300	≥ 300
Udsyn¹				
Vægtet solafskærmningstid i forhold til brugstid i % ³	≤ 25	≤ 25	≤ 20	≤ 15
Solafskærmningstid i forhold til brugstid i %, ved styring i felter af maks. 5 m i bredden og 1 etage i højden + manuel overstyring ³	≤ 30	≤ 30	≤ 25	≤ 20
Blændingsafskærmning ⁴		Ja	Ja	Ja
Udsynskvalitet	Minimum	Minimum	Middel	Høj
Elektrisk belysning⁵				
Belysningsstyrke på arbejdsfeltet i lux	-	≥ 500 ⁶	≥ 500 ⁶	≥ 500 ⁶
Farvegengivelse for belysning, Ra	≥ 90	≥ 90	≥ 90	> 95
Blænding fra elektrisk belysning	≤ 19	≤ 19	≤ 19	≤ 19
Flicker/flimmer fra elektriske lyskilder				
PstLM	≤ 1,0	≤ 1,0	≤ 1,0	≤ 1,0
SVM ⁷	≤ 0,4	≤ 0,4	≤ 0,4	≤ 0,4
Belysningsstyrkens regelmæssighed på arbejdsfeltet		0,6	0,6	0,6
Automatisk styring ⁸		Dagslys	Dagslys	Døgnrhythme ⁹
Manuel overstyring af belysning	On/off	On/off	Lysstyrke (dæmpning)	Lysstyrke og farvetemperatur ¹⁰

* Lever ikke op til krav i bygningsreglementet og kan for nogle rumtyper kræve afklaring med den lokale byggemyndighed

¹⁾ Dagslys- og udsynskrav er ikke gældende for møderum

²⁾ På 50% af det relevante gulvareal i halvdelen af dagslystimerne

³⁾ For den del af brugstiden, der ligger mellem kl. 7 og kl. 18. For afskærmninger med delvist udsyn kan benyttes vægtningsfaktorer angivet i Appendiks F. Solafskærmende glas er en form for solafskærmning.

⁴⁾ Skal let tilgængeligt kunne reguleres af brugerne i felter på maksimalt fem meter i bredden og én etage i højden.

⁵⁾ For elektrisk belysning er der også krav til belysningsstyrke på vægge og loft, møderum og andre rumtyper og brug, se DS/EN 12464-1 (2021)

⁶⁾ Cylindrisk lysstyrke min 150 lux.

⁷⁾ Ved fuld belastning.

⁸⁾ BR18 § 382 kræver bevægelsesmeldere, hvor der kun er lejlighedsvis benyttelse (gælder også baderum og toiletter i tilknytning til arbejdsrum mv)

⁹⁾ Giver værdi i rum som benyttes tidlig morgen, aften og nat

¹⁰⁾ Variation i farvetemperatur fra 2700 K til 6500 K

Udsyn til omgivelserne og et godt, naturligt lys er nogle af de forhold, som personer sætter allermost pris på og som påvirker mest positivt i indeklimaet.

Vinduer, solafskærmning og belysning er de primære parametre, der påvirker det visuelle indeklima, men disse har også stor betydning for det termiske

indeklima og energiforbruget i byggeriet. Ønsker og krav til det visuelle indeklima skal derfor vælges og vægtes i forhold til konsekvenserne på andre forhold i bygningen.

Dagslysanalyser bør inddrages tidligt i designfasen for at undgå, at bygningsdesignet bliver en begrænsende faktor i forhold indretningen af arbejdspladser.

Solafskærmning påvirker både dagslys og udsyn, derfor er der stillet krav til, hvor meget den benyttes. Visse typer solafskærmende glas farver udsynet og dagslyset, og de tæller derfor med som solafskærmning.

6.5.1 Dagslys

Bygningsreglementet stiller krav til, at der skal være tilstrækkeligt dagslys i arbejds- og spiserum, og anviser to metoder til dokumentation af overholdelse af kravet. Den simple 10%-metode og den mere detaljerede 300 lux-metode. Det er dog tilladt at benytte andre metoder til dokumentation [BR18 § 379].

10%-metoden

10%-metoden er baseret på korrigeret glasareal i forhold til gulvareal. Metoden forholder sig ikke til indretning og dagslysets fordeling i lokalet og skal derfor anvendes med forsigtighed.

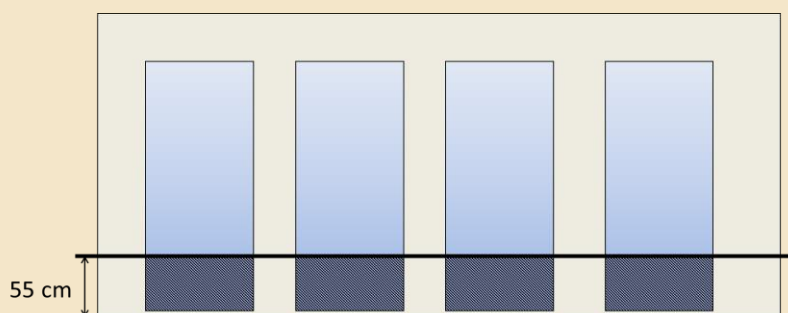
10%-metoden er udviklet for og til rum og bygninger med en simpel geometri og med *hensigtsmæssig* placering af vinduer. Hensigtsmæssig placering indebærer bl.a. en jævn fordeling af vinduerne i forhold til indretningen, og at glasset sidder i en højde, hvor dagslyset når arbejdsfladen.

For arealer med kompleks geometri, eller hvor der er mere end 6-8 m fra facade til bagkant af arbejdsarealer er 10%-metoden *ikke* egnet.

Appendiks I1



For erhvervsbygninger med skrivebordsarbejde er glas under bordniveau uhensigtsmæssigt, fordi det kun bidrager minimalt til lys på arbejdsbordet. For at sikre et godt dagslys på bordene i arbejdsrum, indgår glas under 55 cm ikke i beregningerne i forbindelse med 10%-metoden i rum med skrivebordsarbejde.



For andre rum kan glas til gulv medregnes, hvis glasset bidrager med dagslys i forhold til det arbejde, der udføres. I fx daginstitutioner, kantiner og fællesarealer medregnes glas til gulv.

Appendiks I2



For indeklimaklasse Renovering kan det accepteres at medregne glas til gulv, men det anbefales at forsøge at komme i mål uden den del, som ligger under 55 cm over gulv, for rum med skrivebordsarbejde, idet glasareal under 55 cm kan påvirke både det termiske og det akustiske indeklima i negativ retning.

300 lux-metoden

300 lux-metoden er baseret på beregning af dagslysstyrken i et net af punkter i rummet over et helt år. Metoden giver en kvalificeret fordeling af dagslyset i rummet og tager hensyn til rummets geometri, vinduernes udformning og omgivelserne. Metoden giver et godt udgangspunkt for indretning af rummet.

For arealer med kompleks geometri, eller hvor der er mere end 6-8 m fra facade til bagkant af arbejdsarealer benyttes 300 lux-metoden.

Uanset beregningsmetode indgår mobil solafskærmning ikke i beregningerne. Herved bliver man ikke straffet for brug af solafskærmning udenfor brugstid, fx i weekender eller afskærmning mod en lav morgensol på en østvendt facade før bygningen er taget i brug. Øvrige faste, skyggende elementer skal medtages i beregningen. For at sikre dagslyset reelt er til stede, er der opstillet krav til maksimal brug af solafskærmning i brugstiden.

Appendiks I3



Skyggende elementer skal medtages i beregningerne, både for 10%-metoden og 300 lux-metoden.



Det kan fx være silketryk og film på ruden, eller en radiator placeret så den dækker en del af vinduet.

Beregningerne skal afspejle forholdene i det færdige byggeri, så brugssituationen ikke afviger væsentligt fra beregningen. Det betyder at hvis fx overfladernes refleksionsfaktorer ændres i løbet af projektet, så de afviger fra de anvendte værdier i dagslysdokumentationen, skal beregningen revideres, så den matcher de faktiske refleksionsfaktorer i den færdige bygning.

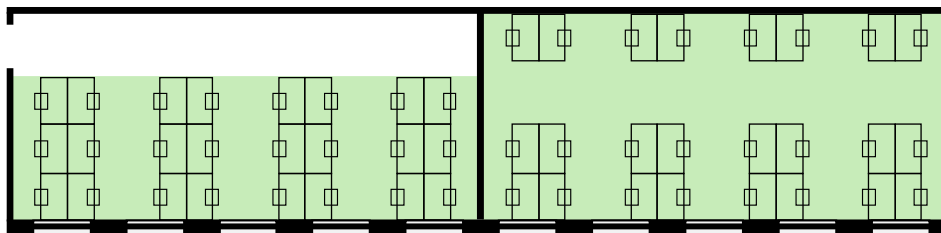
Relevant gulvareal og fast arbejdsplads

Krav til dagslys skal overholdes for "det relevante gulvareal". For erhvervsbyggeri er det relevante gulvareal dér, hvor der placeres arbejdspladser (se appendiks I.4 for eksempler).

Definition af en arbejdsplads i hht. Arbejdstilsynets vejledning:

"En stationær arbejdsplads, det vil sige en arbejdsplads, hvor medarbejderne arbejder længere end få minutter ad gangen og samlet mere end 1-2 timer næsten dagligt."

I det relevante gulvareal indgår hele det sammenhængende areal fra facaden til bagkant af fjerneste skrivebord.



Figur 23. Det relevante gulvareal går fra facaden og vinkelret ind til bagkant af bagerste arbejdsplads.

I appendiks er vist en række yderligere eksempler på, hvordan relevant gulvareal opgøres for forskellige rum.

Hvis et areal ikke har indgået i beregning af dagslys, kan det ikke senere indruges til arbejdspladser, medmindre nye dagslysberegninger viser, at dagslyset er tilstrækkeligt.

Lokalplaner

I dagslysberegninger medtages potentielle skygger fra fremtidige bygninger i henhold til gældende lokalplaner. Skyggerne indarbejdes i forhold til lokalplanens højdegrænser og volumenstudier. Dette giver det bedste estimat for fremtidige dagslysforhold og viser det værste scenarie.



Figur 24. Potentielle skygger fra fremtidige bygninger iht. gældende lokalplan indgår i dagslysberegningerne. Fotokredit: Al

Hvis det ikke er muligt at overholde krav til dagslys på grund af krav i en lokalplan til fx bebyggelsesprocent, udformning og geometri for bygningerne, skal dagslysforholdene *altid optimeres*, så dét dagslys, der er, udnyttes bedst muligt.

Appendiks I4



Vejledningen til bygningsreglementet:

"I specielle tilfælde kan det være svært at overholde dagslyskravet i alle rum, for eksempel som følge af lokalplaner, der pålægger en bestemt bebyggelsesgrad eller bygningsgeometri. I sådanne tilfælde må der indledes en dialog med den lokale bygningsmyndighed om en evt. dispensation for disse rum. Selvom der gives dispensation skal dagslysforholdene altid optimeres så, at dagslyset udnyttes bedst muligt i det enkelte rum. I disse tilfælde hvor enkelte rum har mindre dagslys end de niveauer som bygningsreglementet foreskriver, bør det tilstræbes, at de angivne niveauer i stedet er overholdt for bolig- eller erhvervsenheden som helhed. Det henstilles i øvrigt til, at der ved planlægning af byggeri og fastlæggelse af lokalplaner tages hensyn til, at bygningsreglementets krav til dagslysforhold i bygningerne kan overholdes."

6.5.2 Udsyn

Der er lovmæssigt krav om udsyn til det fri fra bl.a. arbejdsrum og spiserum. Udsyn til det fri og visuel forbindelse til omgivelserne udenfor bygningen er vigtigt for oplevelsen af rum og tilfredsheden med indeklimaet. Udsynet giver os mulighed for at orientere os om omgivelserne, aktiviteter, vejr og tid på døgnet.

Udsynet fra en arbejdsplads vurderes i forhold til:

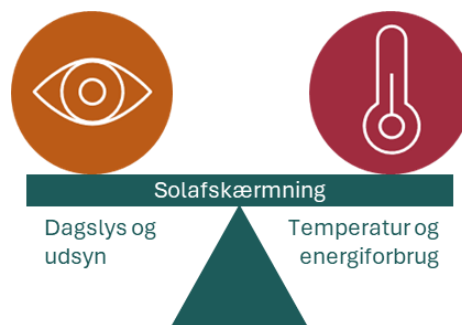
- Udsynsbredde - bredden af vandret udsynsvinkel
- Udvendig udsynsafstand - hvor langt kan man se
- Antal udsynslag - terræn, landskab, himmel
- Forstyrrelse af udsyn fra glas eller solafskærmning

Appendiks I5



Solafskærmning

Solafskærmning er en balance mellem det visuelle og det termiske indeklima.



Solafskærmning holder unødigt solvarme ude, men mindsker samtidig dagslys og udsyn.

Mobil solafskærmning påvirker alene udsyn og dagslys, når solindfaldet til rummet er et problem, mens der resten af tiden er udsyn og dagslys. Automatisk styring sikrer, at solafskærmningen aktiveres på forkant, inden solindfaldet er blevet et problem uanset om lokalerne er i brug eller ej. Fx en tidlig morgen for et østvendt vindue.

Appendiks F



Bygningsreglementets krav til udsyn en tilfredsstillende del af brugstiden er i indeklimaklasserne omsat til en maksimal andel af brugstiden, hvor solafskærmningen er i brug:

Bygningsreglementet §378:

"... Vinduer og solafskærmning skal projekteres og udføres, så det sikres, at der kan opretholdes udsyn til omgivelserne i en tilfredsstillende del af brugstiden."

Solafskærmning har følgende overordnede krav (gengivelse af Tabel 24):

Tabel 25. Krav til brugen af solafskærmning

Indeklimaklasse	Øvrige	Fast personophold		
	Minimum	Renovering	Standard	Skærpet
Solafskærmningstid i forhold til brugstid i % ¹	≤ 25	≤ 25	≤ 20	≤ 15
Solafskærmningstid i forhold til brugstid i %, ved styring i felter af maks. 5 m i bredden og 1 etage i højden + manuel overstyring ¹	≤ 30	≤ 30	≤ 25	≤ 20
Blændingsafskærmning ²		Ja	Ja	Ja

¹⁾ For den del af brugstiden, der ligger mellem kl. 7 og kl. 18. For afskærmninger med delvist udsyn kan benyttes vægtningsfaktorer angivet i Appendiks F. Solafskærmende glas er en form for solafskærmning.

²⁾ Skal let tilgængeligt kunne reguleres af brugerne i felter på maksimalt fem meter i bredden og én etage i højden.

Procentsatsen for brug af solafskærmning opgøres for den del af brugstiden, som ligger mellem kl. 7.00 og kl. 18.00. Hvis hele brugstiden ligger indenfor dette tidsrum, anvendes procentsatserne angivet i tabellen, uanset om brugstiden er 11 timer eller 4 timer. Hvis en del af brugstiden ligger udenfor dette tidsrum indgår den del af brugstiden ikke i analysen af solafskærmningstid.

Som udgangspunkt skal en automatisk styret solafskærmning suppleres med blændingsafskærmning. Blændingsafskærmning kan fx være et indvendigt gardin. Hvis den automatisk styrede solafskærmning manuelt kan overstyres på vinduesniveau eller maks. 5 meter i bredden kan denne dog også benyttes som blændingsafskærmning.

De angivne procentsatser (Tabel 25) er gældende ved solafskærmning, som helt blokerer for udsynet. Solafskærmning med delvist udsyn kan benyttes mere.

Vægtningen af en afskærmningstime afhænger af solafskærmningens udsyns-klasse. Jo bedre udsyn, jo mindre vægter en afskærmningstime.

Solafskærmende glas påvirker udsynet og anses som solafskærmning. Vægtningsfaktoren afhænger af, hvordan glasset afskærmer i det synlige spektrum.

Appendiks F1-F3



Appendiks F2



Tabel 26. Sammenhæng mellem vægtning af en afskærmningstime og udsynsklasse i henhold til SBI-anvisning 264 "Solafskærmninger" (2016) og DS/EN 14501 (2021).

	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

Appendiks indeholder en oversigt over udsynsklasser for forskellige afskærmningstyper. En lukket persienne ligger fx i udsynsklasse 0, mens en solafskærmende rude kan ligge i klasse 3 eller 4 afhængig af typen.

Appendiks F1



Solafskærmende glas begrænser, hvor meget tid **mobil afskærmning** kan benyttes.

I Tabel 27 er udregnet hvor meget solafskærmningen kan være i brug for hver af udsynsklasserne. Tallene i tabellen er gældende, hvis der kun benyttes én type afskærmning.

Tabel 27. Sammenhæng mellem udsynsklasse og den reelle tilladte procent af brugstiden når den vægtede brugstid iht. kravspecifikationen er hhv. 25%, 20% og 15%. Tallene er alene gældende, hvis der kun regnes på én afskærmningstype. Hvis der både benyttes solafskærmende glas og en variabel solafskærmning henvises til det tilsvarende beregningseksempel i appendiks F2.

	Udsynsklasse for solafskærmning	Vægtet brugstid på		
		25% Minimum/Renovering	20% Standard	15% Skærpet
Afskærmning med blokeret udsyn	0	25%	20%	15%
	1	26%	21%	16%
	2	31%	25%	19%
	3	42%	33%	25%
Afskærmning med bedst udsyn	4	100% ¹	100% ¹	100% ¹

¹⁾ Afskærmning i udsynsklasse 4 kan benyttes i hele brugstiden for alle indeklimaklasser, men faktoren på 0,15 begrænser, hvor meget tid supplerende afskærmning kan benyttes.

I appendiks er opstillet tabeller, der viser, hvor meget solafskærmningen kan benyttes afhængig af udsynsklasse og i tilfælde af solafskærmende glas sammen med supplerende afskærmning.

Indenfor hver udsynsklasse er der store variationer i hvordan solafskærmningen påvirker udsynet og hvor effektiv solafskærmningen er til at holde solen ude. Solafskærmende glas kan ligge i udsynsklasse 3 eller 4, udvendige persienner i

Appendiks F3



vandret stilling er i udsynsklasse 4 og en indbygget persienne i vandret stilling er i udsynsklasse 3.



Figur 25. Illustration af hvordan forskellige afskærmninger påvirker udsynet.

Solafskærmningen må benyttes 5%-point mere, hvis styringen opfylder både:

- Styres i felter af maks. 5 meters bredde og én etage i højden
- Brugerne har let adgang til overstyring, fx i form af kontakter ved facaden

For bygninger med naturlig ventilation skal placering af åbninger afstemmes i forhold til valg af solafskærmning. Det er væsentligt, at de ønskede åbningsarealer er frie både når solafskærmningen er i brug og når den er inaktiv.

Udsynskvalitet

Der er lovmæssigt krav om udsyn fra bl.a. arbejdsrum og spiserum, men der er ikke krav til kvaliteten af udsynet. Dog stiller en del bæredygtighedsordninger krav til udsynskvaliteten, som kan vurderes iht. DS/EN 17037 (2018).

Udsyn til det fri skal vurderes fra referencepunkter, der svarer til opholdspositioner i rummet. For at sikre høj kvalitet i udsyn skal følgende kriterier minimum opfyldes:

- Udsynsåbningens glasmateriale bør give et udsyn, der opfattes som klart, ikke forvrænget og med neutral farve
- I det anvendte areal bør udsynsåbning(er) set fra udsynets referencepunkt have en samlet vandret synsvinkel, der er større end minimumsværdien, jvf. Tabel 28
- Den udvendige udsynsafstand bør være større end minimumsværdien, jvf. Tabel 28
- I det anvendte areal bør det være muligt at se et mindste antal lag

Appendiks I5



Anbefalede værdier for udsyn er angivet i nedenstående tabel.

Tabel 28. Vurdering af udsyn fra et bestemt referencepunkt i hht. DS/EN 17037:2018 (Danish Standards Association, 2018).

Anbefalingsniveau for udsyn	Vandret synsvinkel	Udvendig udsynsafstand	Antal lag, der skal kunne ses fra mindst 75% af det anvendte areal:
Minimum	$\geq 14^\circ$	$\geq 6,0$ m	Landskabslaget er som minimum omfattet (by og/eller natur)
Middel	$\geq 28^\circ$	$\geq 20,0$ m	Landskab og enten himmel eller terræn i samme udsynsåbning
Højt	$\geq 54^\circ$	$\geq 50,0$ m	Landskab, himmel og terræn i samme udsynsåbning

For et rum med en rumdybde på mere end 4 meter, anbefales det, at den respektive sum af udsynsåbningernes mål er mindst 1,0 meter x 1,25 meter (bredde x højde)

For at udsynskvaliteten fx kan vurderes som værende "Middel" og leve op til "Standard"-klassen, skal der være minimum 28° vandret synsvinkel, en udvendig udsynsafstand på minimum 20 m og mindst ét yderligere udsynslag i samme udsynsåbning udover landskabslaget. I nogle situationer, fx tæt bebyggelse, vil det ikke altid være muligt at opnå hverken Middel eller Højt niveau grundet bygningens placering og afstand til andre bygninger. I disse situationer bør bedst mulige niveau tilstræbes.

6.5.3 Elektrisk belysning

Den elektriske belysning i bygninger har til formål at tilføre det lys, som bygningen skygger for og derved skabe forhold inde i bygningen, hvor vi kan se, arbejde og opholde os. Det meste belysning afspejler det lys, som man ville opleve udenfor midt på dagen, eller hvis man opholdt sig tæt på ækvator, for det er det, vores hjerne bedst kan lide, og som gør os vågne.

Ved design af elektrisk belysning til erhverv skal anvendelse og rumtype tages med i betragtningen, når krav til disse defineres. Krav til belysning findes i hhv. BR18 og DS/EN 12464-1 (2021) og omfatter bl.a. belysningsstyrke, regelmæssighed, farvegengivelse, farvetemperatur, blænding, flimmer og styring af belysningen.

En optimal belysning er den, der afspejler lyset udenfor nogenlunde. Det vil sige mere rødtligt morgen og aften, og mere blåligt midt på dagen. Mange arbejdspladser er hovedsageligt i brug mellem kl. 8 og kl. 16. I det tidsrum er det kun om vinteren, at man når at opleve det rødlige lys udenfor, eller lysets farve svarende til dag og derfor giver det kun begrænset værdi at installere lys, som kan ændre farven på lyset.

Døgnrytmebelysning, hvor farven og intensiteten varierer over døgnet, vil oftest kun være relevant på plejecentre og hospitaler. Erfaringerne med døgnrytmebelysning viser, at denne form for lysstyring har en opkvikkende effekt på patienterne i dagtimerne og resulterer i bedre nattesøvn. Samtidig bidrager døgnrytmebelysning også til forbedret arbejdsmiljø for plejepersonalet, som bl.a. oplever forbedret søvn efter nattevagter med denne form for belysning.

Appendiks I6



6.5.4 Renovering

Forståelsen af dagslysets indflydelse på indeklimaet og kravene hertil er løbende blevet udviklet og skærpet. Ved renovering og nyindretning i det eksisterende vil muligheden for etablering af tilstrækkelige dagslysforhold ofte være begrænsende for ny indretning og funktionalitet.

Undersøgelser viser at gode dagslysforhold samt adgang til udsyn af høj kvalitet er blandt de indeklimaparametre brugerne prioriterer højt – vi ved samtidigt at gode dagslysforhold har betydning for produktivitet samt sundhed og trivsel.

I forbindelse med ændret indretning og/eller renovering er det således et væsentligt forhold at etablere gode forhold for dagslys og udsyn.

Flere forhold kan påvirke dagslyset eksempelvis:

- 1:1 udskiftning af vinduer med en LT mindre end 70%
- Ændret indretning
- Ombygning fra cellekontor til storrumskontor
- Ændret facade (nye vinduesstørrelser)

Generelt bør dagslysniveauet på arbejdspladser ikke reduceres til under hvad der svarer til bygningsreglementets 10% metode. I praksis kan kravet til dagslys således udgøre en ikke uvæsentlig begrænsning i forbindelse med renovering.

Eksempelvis stiller indretningen af tredje arbejdsplads fra facaden sædvanligvis så store krav til etagehøjde og facadedisponering, at det kun sjældent kan lade sig gøre ved renovering af eksisterende byggeri.

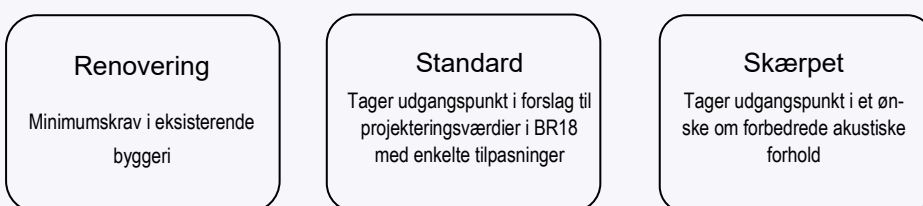


6.6 Akustisk indeklima

Akustisk indeklima er en væsentlig faktor for komfort og trivsel i kontor- og erhvervsbyggeri. Erhvervsbyggeri er ikke omfattet af specifikke krav i bygningsreglementet (BR18), men der er forslag til projekteringsværdier for lydisolation, indendørs støj fra trafik, støj fra tekniske installationer samt efterklangstid og absorptionsareal i kontorbyggeri. Iht. bygningsreglementet skal det dog sikres, at de personer der opholder sig i bygningen ikke generes af lyd fra tilgrænsende rum, fra bygningens installationer eller fra nærliggende veje og jernbaner. AT-vejledning D.6.1-6 angiver desuden hvordan støjgener kan håndteres.

Til dette formål opstilles projekteringsværdier for byggeriets akustiske parametre. Parametrene er opstillet i 3 klasser og tager udgangspunkt i BR18 vejledningstekst, SBI-anvisning 272 (2020) samt lydkrav i de øvrige nordiske lande.

De 3 klasser er som anført i nedenstående.



Indeklimaklasse *Renovering* fungerer som minimumskrav, og skal kun anvendes ved renovering af eksisterende erhvervsbygninger i de situationer hvor et eller flere krav i Indeklimaklasse *Standard* ikke kan overholdes. Renoveringsklassen kan fraviges, hvis der er særlige æstetiske hensyn eller at bygningen er bevaringsværdig.

Indeklimaklasse *Skærpet* er rettet mod projekter med ekstra fokus på god akustik. Man behøver ikke benytte alle de skærpede krav, men kan også hæve enkelte parametre for at skræddersy indeklimaet.

Udover de nævnte krav skal man være opmærksom på, at der kan være supplerende eller skærpede krav til trafikstøj i lokalplanen for området.

Inspiration og uddybende anbefalede krav kan findes i svenske standard SS 25268:2017, norsk NS 8175:2019 eller DS/EN ISO 3382-3.

Anbefalingerne omfatter:

- Trafikstøj
- Støj fra tekniske installationer
- Ekstern støj
- Lavfrekvent støj
- Luftlydisolation
- Trinlydniveau
- Efterklangstid/absorptionsareal

Det er vigtigt, at de akustiske forhold kontrolleres efterfølgende ved målinger. Det er også vigtigt, at målingerne gennemføres af en kvalificeret fagperson, eller i det mindste at rigtigheden af resultaterne af målingerne kontrolleres af en kvalificeret fagperson.

6.6.1 Luftlydisolation

Luftlydisolation refererer til en bygningskonstruktions evne til at hindre transmission af luftbåren lyd mellem rum eller enheder. Denne vejledning angiver forslag, som vil sikre gode akustiske forhold i kontorlokaler. Det skal dog understreges, at selvom et kontorlokale overholder de angivne forslag til krav, vil antallet af personer i lokalet, samt deres opførsel (fx højrøstet tale), have stor betydning for oplevelsen af de akustiske forhold.

Generelt er der opstillet mindre restriktive krav til lydisolationen af glasvægge end gipsvægge. Baggrunden herfor er at den visuelle kontakt mellem to rum giver brugerne en tryghed i løbende at kunne konstatere eventuel tilstedeværelse på den anden side af væggen – om nogen skulle lytte med – og dermed et mindre oplevet behov for høj lydisolation.

Med træbyggeri vil man typisk få en lavere lydisolation, da fx CLT-elementer ikke giver den samme lydisolation som tungere materialer som beton. Dette kan dog ofte kompenseres ved at opsætte forsatsvægge af gips, men dette bevirker, at træet kun er synligt i et begrænset omfang.

Ved etablering af fitness rum bør man være særligt opmærksom på muligheden for høj musik samt støj og vibrationer fra f.eks. udstyr til vægttræning. Således bør der projekteres med ekstra støjdæmpende foranstaltninger, eller også bør det specificeres, at fitness med høj musik og tunge løft ikke kan foregå samtidig med koncentreret arbejde i de omkringliggende lokaler. Generelt er det vigtigt, at der sker en strategisk planlægning/placering af de støjende rum tidligt i projekteringen.

Hvis der ønskes døre med en høj lydisolation til lokaler med fx støjfølsomme samtaler, anbefales det, at der ikke benyttes glasdøre, men pladedøre da disse giver en bedre tæthed.

Det anbefales ikke at reducere kravet til $R'_w \geq 48$ dB for rum med fortrolighed, heller ikke ved renovering.

Når man bestemmer krav til lydisolationen af vinduer i forhold til trafikstøj til et storrumskontor, har det stor betydning, hvilket volumen der benyttes i beregningerne. Det anbefales, at der ikke vælges for stort et volumen, men et volumen der kun omfatter skriveborde nærmest facaden/vinduerne.

Tabel 29. Kravspecifikation for vandret luftlydisolation. Referencer til lovkrav mm. findes i appendiks J.

Indeklimaklasse	Renovering	Standard	Skærpet
Mellem kontorer og andre rum (uden dørforbindelse)	$R'_w \geq 40$ dB	$R'_w \geq 40$ dB	$R'_w \geq 48$ dB
Mellem kontorer og andre kontorer (med dørforbindelse)	$R'_w \geq 30$ dB	$R'_w \geq 35$ dB	$R'_w \geq 40$ dB
Mellem kontorer og gangarealer (med dørforbindelse)	$R'_w \geq 30$ dB	$R'_w \geq 30$ dB	$R'_w \geq 35$ dB
Mellem møderum og andre rum (uden dørforbindelse)	$R'_w \geq 44$ dB	$R'_w \geq 48$ dB	$R'_w \geq 52$ dB
Mellem møderum og andre rum med folde- og mobilvægge	$R'_w \geq 36$ dB	$R'_w \geq 44$ dB	$R'_w \geq 48$ dB
Mellem møderum og andre rum			
Krav til dør	$R'_w \geq 30$ dB	$R'_w \geq 35$ dB	$R'_w \geq 40$ dB
Krav til glas	$R'_w \geq 32$ dB	$R'_w \geq 37$ dB	$R'_w \geq 42$ dB
Krav til væg	$R'_w \geq 44$ dB	$R'_w \geq 48$ dB	$R'_w \geq 52$ dB
Mellem rum med krav om fortrolighed og andre rum	$R'_w \geq 48$ dB	$R'_w \geq 52$ dB	$R'_w \geq 55$ dB
Mellem toiletfaciliteter og omliggende rum uden dørforbindelse	$R'_w \geq 40$ dB	$R'_w \geq 48$ dB	$R'_w \geq 48$ dB
Mellem toiletfaciliteter og omliggende rum med dørforbindelse			
Krav til dør	$R'_w \geq 30$ dB	$R'_w \geq 35$ dB	$R'_w \geq 35$ dB
Krav til væg	$R'_w \geq 40$ dB	$R'_w \geq 48$ dB	$R'_w \geq 48$ dB
Auditorier og større møde- og video-konferencerum	$R'_w \geq 48$ dB	$R'_w \geq 52$ dB	$R'_w \geq 55$ dB
Teknikrum	Projektkrav	Projektkrav	Projektkrav
Mellem kontorer og møderum mod tilgrænsende rum i andre erhvervsenheder eller rum med støjende aktiviteter i samme virksomhed	Projektkrav	$R'_w \geq 55$ dB	$R'_w \geq 60$ dB

Tabel 30. Kravspecifikation for lodret luftlydisolation. Referencer til lovkrav mm. findes i appendiks J.

Indeklimaklasse	Renovering	Standard	Skærpet
Mellem kontorer og møderum mod tilgrænsende rum i andre erhvervsenheder eller rum med støjende aktiviteter i samme virksomhed	Projektkrav	$R'_w \geq 55$ dB	$R'_w \geq 60$ dB
Etagedæk mellem andre rum end nævnt ovenfor	$R'_w \geq 51$ dB	$R'_w \geq 51$ dB	$R'_w \geq 55$ dB

6.6.2 Trinlyd

Trinlyd refererer til den lyd, der opstår, når man går på gulvet, og som transmitteres gennem bygningskonstruktioner. Dette kan være særligt generende i etagebyggerier, hvor lyden kan forplante sig til underliggende eller tilstødende rum.

Tabel 31. Kravspecifikation for trinlydniveau. Referencer til lovkrav mm. findes i appendiks J.

Indeklimaklasse	Renovering	Standard	Skærpet
I kontorer og møderum fra gulve i gangarealer og trapper	$L'_{n,w} \leq 63$ dB	$L'_{n,w} \leq 58$ dB	$L'_{n,w} \leq 53$ dB
I kontorer og møderum fra gulve og dæk i andre rum	$L'_{n,w} \leq 63$ dB	$L'_{n,w} \leq 63$ dB	$L'_{n,w} \leq 58$ dB
Auditorier og større møde- og videokonferencerum	$L'_{n,w} \leq 63$ dB	$L'_{n,w} \leq 58$ dB	$L'_{n,w} \leq 53$ dB
I kontorer og møderum fra tilgrænsende rum i andre erhvervsenheder	Projektkrav	$L'_{n,w} \leq 58$ dB	$L'_{n,w} \leq 53$ dB

6.6.3 Støj fra forskellige kilder

Minimering af støj er afgørende for at opretholde et behageligt akustisk indeklima. Støj deles generelt op i:

- Trafikstøj
- Støj fra tekniske installationer, intern
- Støj fra tekniske installationer, ekstern

Der er for installationsstøj kun opstillet ét krav, som iht. SBI-anvisning 217 2. udgave (2019) gælder ved den mest støjende driftstilstand. Dette kan evt. suppleres med et krav til normal drift.

Hvis der er små stillerum, som er specielt støjfølsomme, kan der opstilles skærpede krav til installationsstøj på $L_{Aeq} \leq 25$ dB(A).

Tabel 32. Kravspecifikation for støj fra forskellige kilder. Referencer til lovkrav mm. findes i appendiks J.

Indeklimaklasse	Renovering	Standard	Skærpet
Trafikstøj indendørs			
- Kontorer, møderum o. lign.	$L_{den} \leq 38 \text{ dB}$	$L_{den} \leq 38 \text{ dB}$	$L_{den} \leq 33 \text{ dB}$
- Videokonferencerum, auditorier	$L_{den} \leq 38 \text{ dB}$	$L_{den} \leq 33 \text{ dB}$	$L_{den} \leq 33 \text{ dB}$
- Kantiner, receptioner, atrier	$L_{den} \leq 38 \text{ dB}$	$L_{den} \leq 38 \text{ dB}$	$L_{den} \leq 38 \text{ dB}$ For kantiner, der benyttes til mødefaciliteter anbefales $\leq 33 \text{ dB}$.
Støj fra tekniske installationer			
- Kontorer	$L_{Aeq} \leq 35 \text{ dB}$	$L_{Aeq} \leq 35 \text{ dB}$	$L_{Aeq} \leq 30 \text{ dB}$
- Møderum, videokonferencerum og auditorier	$L_{Aeq} \leq 35 \text{ dB}$	$L_{Aeq} \leq 30 \text{ dB}$	$L_{Aeq} \leq 30 \text{ dB}$
- Receptionsareal, gangarealer mv.	$L_{Aeq} \leq 35 \text{ dB}$	$L_{Aeq} \leq 35 \text{ dB}$	$L_{Aeq} \leq 35 \text{ dB}$
- Kantine	Projektkrav	Projektkrav For kantiner, der benyttes til mødefacilitet, anbefales $L_{Aeq} \leq 35 \text{ dB}$.	Projektkrav For kantiner, der benyttes til mødefacilitet, anbefales $L_{Aeq} \leq 35 \text{ dB}$.
- Øvrige rum	Projektkrav	Alle rum hvor der opholder sig mennesker $L_{Aeq} \leq 40 \text{ dB}$.	Alle rum hvor der opholder sig mennesker $L_{Aeq} \leq 40 \text{ dB}$.
Ekstern støj fra tekniske installationer			
- På udendørsophold og foran vinduer der kan åbnes	$L_{Aeq} \leq 50 \text{ dB(A)}$	$L_{Aeq} \leq 40 \text{ dB(A)}$	$L_{Aeq} \leq 40 \text{ dB(A)}$

6.6.4 Efterklangstid og absorptionsareal

Efterklangstid refererer til den tid, det tager for lyd at dø ud i et rum efter, at lydkilden er stoppet. Efterklang skyldes refleksioner af lydbølger fra rummets overflader. Efterklangstiden bør i projekteringsfasen bestemmes ved simuleringer i 3D beregningsprogrammer, da beregninger ved hjælp af Sabines formel ofte ikke vil være tilstrækkelig og retvisende.

I kantiner, der ofte ønskes udført med højt til loftet og med store glaspartier, kan det være svært at holde efterklangstiden passende kort. Dette resulterer ofte i en lav taleforståelighed. I praksis kan det være meget vanskeligt at etablere gode akustiske forhold i kantiner - de typisk højtsiddende absorbenter i loftet er mindre effektive og belastningerne er stor i forhold til rummets størrelse. Supplerede absorbenter placeret på vægge i opholdshøjden er et effektivt virkemiddel, tilsvarende er naturligvis bearbejdning af geometri, størrelse og indretning.

Som alternativ til at bruge efterklangstiden som mål for passende akustiske forhold, kan der anvendes begrebet akustisk kapacitet, som foreslået i SBI-anvisning 272 (2020).

Tabel 33. Kravspecifikation for efterklangstid. Kravet gælder i alle frekvensbånd, dog + 20% ved 125 Hz. Referencer til lovkrav mm. findes i appendiks J.

Indeklimaklasse	Renovering	Standard	Skærpet
Kontorer (1-4 personer) og møderum	$T_{250-4000\text{Hz}} \leq 0,8 \text{ s}$	$T_{250-4000\text{Hz}} \leq 0,6 \text{ s}$	$T_{125-4000\text{Hz}} \leq 0,6 \text{ s}$
Gange	$T_{250-4000\text{Hz}} \leq 0,9 \text{ s}$	$T_{250-4000\text{Hz}} \leq 0,8 \text{ s}$	$T_{250-4000\text{Hz}} \leq 0,8 \text{ s}$
Trapperum	Ingen krav	$T_{500-2000\text{Hz}} \leq 1,3 \text{ s}$	$T_{500-2000\text{Hz}} \leq 1,0 \text{ s}$
Reception	$T_{250-4000\text{Hz}} \leq 0,8 \text{ s}$	$T_{250-4000\text{Hz}} \leq 0,6 \text{ s}$	$T_{125-4000\text{Hz}} \leq 0,6 \text{ s}$
Auditorier, videokonferencerum	Projektkrav	Projektkrav	Projektkrav
Cafeteria/kantine	Projektkrav	Projektkrav	Projektkrav Der bør gennemføres vurderinger/beregninger af den akustiske kapacitet
Storkøkkener	Projektkrav (AT krav 0,8 sek.)	Projektkrav (AT krav 0,8 sek.)	Projektkrav (AT krav 0,8 sek.)

Tabel 34. Kravspecifikation til absorptionsareal. Kravet gælder i alle frekvensbånd, dog + 20% ved 125 Hz. Referencer til lovkrav mm. findes i appendiks J.

Indeklimaklasse	Renovering	Standard	Skærpet
Storrumskontor	$A_{250-2000\text{Hz}} \geq 0,9 \times \text{gulvareal}$	$A_{250-4000\text{Hz}} \geq 1,1 \times \text{gulvareal}$	$A_{125-4000\text{Hz}} \geq 1,2 \times \text{gulvareal}$
Atrier	Projektkrav	Projektkrav	Projektkrav

6.6.5 Lavfrekvent støj

Lavfrekvent støj er støj, hvor en væsentlig del af lydenergien findes i frekvensområdet under ca. 160 Hz. Typiske kilder til lavfrekvent støj er ventilations- og køleanlæg samt kompressorer.

Tabel 35. Kravspecifikation til lavfrekvent støj fra Miljøstyrelsens orientering nr 9 (1997).

Indeklimaklasse	Renovering	Standard	Skærpet
I alle rum hvor der opholder sig mennesker	$L_{pA,LF} \leq 35 \text{ dB}$	$L_{pA,LF} \leq 30 \text{ dB}$	$L_{pA,LF} \leq 25 \text{ dB}$

6.6.6 Renovering

Etablering af et godt akustisk indeklima stiller væsentlige krav til såvel konstruktioner og overflader. En række eksisterende forhold kan gøre det vanskeligt

eller decideret umuligt at overholde alle de opstillede krav til lyd og akustik ved renovering – typisk krav til luftlydisolation og trinlyd men også andre parametre.

I mange situationer kan det eksisterende byggeris konstruktioner og overflader opgraderes eksempelvis ved påbygning. Omfanget heraf bør afvejes i forhold til materialeforbrug, geometri og termisk masse set i forhold til den reelle kvalitetsforbedring.

6.7 Indeklimadokumentation, erhverv

Indeklimaet kan dokumenteres på følgende måder:

Tabel 36. Dokumentation af indeklimaet

Indeklimaparametre	Dokumentation
Renovering	Det skal argumenteres for de løsninger der ikke ligger i indeklimaklasse <i>standard</i> i indeklimarapporten. Renoveringsklassen dokumenteres herudover på samme måde som andre indeklimaparametre. Dette gælder både for den akustiske redegørelse og indeklimarapporten.
Termisk indeklima	
– Operativ temperatur	Indeklimarapport med krav, kritiske rum for bebyggelsen, inputparametre og resultater af beregningerne
– Træk	Afsnit i indeklimarapport og dokumentation med indreguleringsrapporter ift. luftmængder og data for ventilationsanlæg ift. varmegenvindingsgraden.
– Relativ luftfugtighed	Afsnit i indeklimarapport der præsenterer forudsætninger og resultater af simulering
– Solafskærmning	Afsnit i indeklimarapport med forudsætninger og resultater af simulering
– Robusthed	Afsnit i indeklimarapport der præsenterer forudsætninger og resultater af simulering
Atmosfærisk indeklima	
– CO ₂ -koncentration	Afsnit i indeklimarapport og resultater pr. rum
– Afgasning til indeklimaet	Datablade som dokumentation for alle krav på produktniveau overholdes samt en selvstændig rapport hvis der foretages funktionstest
Visuelt indeklima	
– 10%-metoden	Dagslysrapport med de kritiske rum, inputparametre og resultater
– 300 lux-metoden	Dagslysrapport med de kritiske rum, inputparametre og resultater
– Udsyn	Iht. DS/EN 17037
Akustisk indeklima	
– Lufttydisolation	Akustiskrapport med de kritiske rum, inputparametre og resultater
– Trinlyd	Akustiskrapport med de kritiske rum, inputparametre og resultater
– Støj fra forskellige kilder	Akustiskrapport med de kritiske rum, inputparametre og resultater
– Efterklangstid	Akustiskrapport med de kritiske rum, inputparametre og resultater

6.7.1 Indeklimarapporten

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 rumkategorier, 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 omhandle flest mulige input, og særlig de der har størst indflydelse på resultaterne.

7 Design

Fokus, krav og rammerne for indeklimaet har ændret sig de seneste år.

I boliger er der kommet mere fokus på dagslys, udsyn og håndtering af forureninger i indeklimaet. I dag er de største udfordringer i forhold til optimeringen af boliger balancen mellem tilstrækkeligt dagslys og udsyn mod risikoen for overtemperaturer. Dette øger fokus på at kunne etablere de rette luftskifter til håndtering af overtemperatur og ventilation til effektiv bortledning af fugt og emissioner fra aktiviteter som madlavning.

Inden for erhvervsbyggeri er kravene til indeklimaet ligeledes intensiveret. Udnyttelsen af bygningers arealer optimeres løbende, hvilket medfører, at der i stigende grad arbejdes med åbne kontormiljøer med forskellige aktivitetszoner og fleksible arbejdspladser, hvor flere brugere kan benytte samme arbejdsstation. Denne udvikling stiller øgede krav til klimastyring, så de indendørs forhold til enhver tid understøtter brugernes komfort og bygningens funktionalitet.

7.1 Integreret design

Indeklimaet i et byggeri indgår som en del af en kompleks balance mellem arkitektur, funktionalitet, bygge- og installationstekniske løsninger, anvendelse, energiforbrug og alle indeklimaets parametre. Optimalt set optimeres byggeriet omkring disse parametre i en integreret designproces, hvor det nye fokus på klimabelastning i byggeriet også indgår.

I den optimale designproces bearbejdes design, geometri, facader og materialer i tæt samspil med de installationstekniske løsninger. Målet er at skabe gode indeklimaforhold, hvor temperatur og atmosfærisk luftkvalitet balanceres med dagslys, udsyn og akustik, samtidig med det lavest mulige ressourceforbrug.

En grundlæggende præmis for designprocessen er sædvanligvis at skabe mest muligt funktionalitet og flest mulige arbejdspladser indenfor byggeriets rammer, økonomiske såvel som arealmæssige. Med den viden og de lovgivningsmæssige rammer vi i dag har for dagslys og udsyn, bliver dagslystilgangen til de funktionelle arealer i bygningen prioriteret meget højt. Det giver anledning til store glasarealer i facaden og til løsninger der i designprocessen overprioriterer dagslys i forhold til andre parametre, typisk kølebehov og tilhørende energiforbrug.

I den balance ses det i praksis ofte, at de begrænsende parametre i designet er behovet for solafskærmning samt den køleeffekt, der kan tilføres trækfrit i forhold til at overholde de ønskede indeklimakrav med tilhørende brugsmønstre.

7.2 Dimensionering af klimastyring

I erhvervsbyggeri er klimastyingsbehovet dynamisk og individuelt område for område. Behovet afhænger af byggeriets udformning samt variationen i interne belastninger og solindfaldet. Klimastyingskapacitet dimensioneres sædvanligvis ved dynamisk simulering under hensyn til en retvisende repræsentation af alle de parametre, der påvirker det.

Dimensionering af klimastyring sker i forhold til termisk og atmosfærisk indeklima.

Det atmosfæriske indeklima domineres af forurening fra personer. Forureningernes størrelse er proportional med CO₂-emissionen fra respiration, som dermed anvendes som proxy for atmosfærisk indeklima. I områder med mange personer udvikler CO₂-koncentrationen sig hurtigt og opnår derfor hurtigt asymptotiske forhold.

Det atmosfæriske indeklima løses ved etablering af friskluftskifte, som i praksis dimensioneres efter fortyndingsligningen. Beregningen laves ud fra antallet af personer og det fastsatte acceptkriterie for CO₂-koncentration i indeluften (i kravet om 1000 ppm indgår allerede indirekte en hensynsstagning til atmosfæriske forureninger fra materialer). Dimensioneringen af det atmosfæriske indeklima foretages således, at alle rum med fast ophold er retmæssigt repræsenteret eller dækket af de foreliggende analyser.

Dimensionering af det termiske indeklima sker under hensyntagen til byggeriets og de enkeltes zoners udformning, facader, materialer, de opstillede interne belastninger samt udeklimaets variation. Dimensioneringen foretages sædvanligvis i et anerkendt modelleringsværktøj til dynamisk simulering på basis af modelopbygning og årssimulering på basis af vejrdatabaser.

Som minimum foretages analyse for kritiske rum. Alle rum med fast ophold bør være repræsenteret eller dækket af de udførte simuleringer. Ønskes dimensioneringen af klimastyringen optimeret udover behovet for de kritiske rum, bør der foretages supplerende simuleringer – sædvanligvis for de typiske rum og rumtyper mod de enkelte orienteringer.

Ved at foretage supplerende simulering udover de kritiske rum kan kravene til klimastyring differentieres mellem rumtyper og der kan opnås betydelige projektoptimeringer.

Erfaringsmæssigt giver det ofte mening at supplere med simuleringer for de forskellige typiske rumtyper (møderum / storrumskontorer / cellekontorer) fordelt på de fire hovedorienteringer.

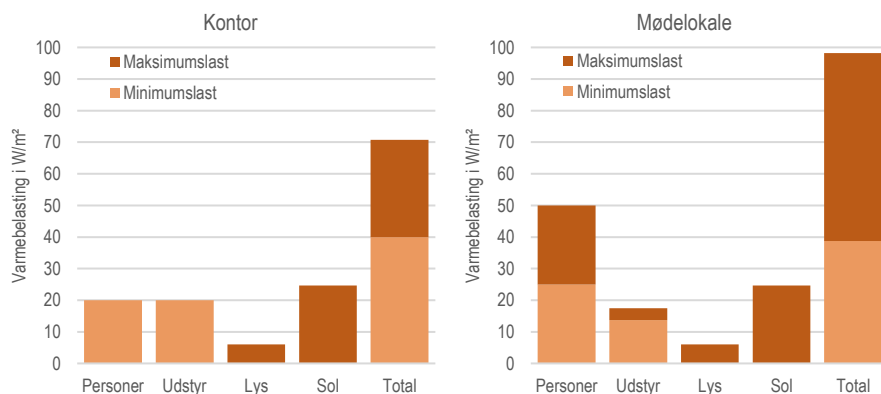
For alle rum, med fast ophold, bør der forelægges simuleringer, der er repræsentative herfor.

7.3 Klimastyrings kapacitet

Med dimensioneringen af det termiske indeklima bestemmes klimastyrings kapacitet til at håndtere de termiske belastninger, til et niveau hvor kravet for toleranceoverskridelse kan overholdes.

I

Figur 26 er opstillet de typiske termiske belastninger for kontorer og møderum i erhvervsbyggeri, hvis disse specificeres iht. nærværende branchevejledning.



Figur 26. Typiske varmebelastninger for kontorer og møderum i erhvervsbyggeriet

De termiske belastninger i brugstiden varierer fra omkring 40 W/m² op til knap 100 W/m² afhængigt af samtidighed og håndtering af solindfald fra facaden. Disse effekter afspejler sig ikke 1:1 i klimastyrings kapacitet. Termisk masse, rummenes dynamik og solens variation betyder, at klimastyrings kapacitet kan afvige noget, men sjældent meget, fra de i figurerne anførte effekter og kun yderst sjældent til under minimumslasten (i bygninger med meget høj termisk masse).

7.4 Klimastyringsanlæggets samtidighed

Ved dimensionering af klimastyringsanlægget diskuteres ofte muligheden for at medregne samtidighed mellem zoner og derved kunne reducere distributionsanlæggets kapacitet til under 100% af den samlede dimensionerende kapacitet for de områder, som anlægget forsyner.

I praksis er dialogen særlig relevant for ventilationen, idet pladsbehovet til førringsveje er stort. Som udgangspunkt øges muligheden for at arbejde med lavere samtidighed end 1, jo større og mere forskelligartede zoner anlægget betjener.

Samtidigheden kan ligge forskellige steder i anlægget, i den enkelte zone, i fordelingskanalerne, i hovedkanalerne og på aggregatniveau.

Som udgangspunkt bør samtidigheden altid stige mod 1 fra aggregatet mod de enkelte zoner. Sædvanligvis bør også anvendes en samtidighed på 1 for distributionskanaler, med mindre det kan dokumenteres, at forskelle i orientering på de betjente zoner og dermed belastninger fra sol, i sig selv kan dokumentere et lavere behov.

Hovedkanaler kan dimensioneres med en samtidighed på under 1, hvis det kan dokumenteres, at der i de af hovedkanalen betjente zoner kan eftervises ikke samtidigt forekommende behov, som følge af variation i orientering og solindfald.

I særlige situationer kan medtages yderligere samtidighed på hovedkanaler, hvis der kan påvises så betydelige forskelle i anvendelse, at dette med sikkerhed ikke giver anledning til problemer i den efterfølgende drift.

Der bør ikke tillægges yderligere samtidighed på aggregatniveau udover hvad ovenstående giver anledning til.

7.5 Klimastyringssystemer

Indeklimaet kan styres med en række forskellige teknologier og systemer, det rigtige valg afhænger af den konkrete situation. De forskellige teknologier har en række karakteristika og opmærksomhedspunkter, herunder deres kapacitet i forhold til at håndtere de termiske og atmosfæriske belastninger og dermed levere et godt indeklima.

Ved valg af strategi for klimastyring skal der tages højde for bygningens udformning, geometri og indretning samt brugsmønstre, robusthed, energi- og ressourceforbrug.

7.6 Idriftsætning og commissioning

For at opnå et optimalt indeklima, hvor krav, ønsker og forudsætninger integreres, er det nødvendigt med velfungerende tekniske installationer. Implementeringen heraf kan dog udgøre en betydelig udfordring.

Under design- og projekteringsfasen fastsættes der en række krav, forudsætninger og valg, hvilket kan gøre det udfordrende at sikre, at disse bliver implementeret korrekt i byggeprocessen og ved den efterfølgende drift og regulering. I den forbindelse spiller commissioning, indregulering, funktionsafprøvning og idriftsættelse en vigtig rolle for at opnå det ønskede indeklima.

Bygningsreglementet fastsætter minimumskrav for funktionsafprøvning af flere installationer, herunder nødvendig indregulering og idriftsættelse. I hvert enkelt tilfælde bør det vurderes, om dette omfang er tilstrækkeligt, eller om supplerende initiativer, såsom yderligere commissioning, ønskes implementeret. Det bemærkes, at visse former for commissioning kan være et resultat af krav om bæredygtigheds certificering af byggeriet.

Ved valg af behov og omfang for supplerende funktionsafprøvning og commissioning bør der tages højde for bygningens forventede kompleksitet samt for de metoder, der bedst understøtter håndteringen af relevante udfordringer i den konkrete bygning.

Funktionsafprøvning og eventuel commissioning skal planlægges, så de skaber mest mulig værdi, passer til byggeriet og er integreret i projektet. Forberedelsen skal ske allerede under projekteringsfasen.

Det er vigtigt, at mulighederne for funktionsafprøvning og commissioning tænkes ind i design og projektering for at sikre velfungerende anlæg og effektiv

drift. Bygherre og projekterende bør udpege særlige fokusområder, især hvor der er særlige krav, så komplekse løsninger tjekkes og dokumenteres før ibrugtagning. Testparadigmer skal tilpasses det enkelte byggeri, og inddragelse af de projekterende i udarbejdelsen kan øge værdien.

Ved commissioning og idriftsættelse er det vigtigt, at bygningen og de tekniske anlæg indreguleres og idriftsættes i henhold til de projekterendes forudsætninger. Dette bør undergå grundig kontrol, herunder om CTS/BMS styringen afspejler den styring, som er fastlagt ved design og projektering af det termiske indeklima. For eksempel integrerer CTS/BMS i rumregulering af ventilation ofte en forskydning af setpunkter, når rummet ikke anvendes – et forhold der sjældent indgår i projekteringsforudsætninger for indeklima og derfor ikke bør forekomme. Det er væsentligt, at der allerede under projekteringen sikres overensstemmelse mellem forudsætningerne for klimaberegninger og funktionsbeskrivelsen af de tekniske anlæg, som efterfølgende testes inden idriftsættelse.

Litteratur

Aggerholm, S et al. (2018). SBI-anvisning 213 Bygningers energibehov. Beregningsvejledning, (6. udgave). Statens Byggeforskningsinstitut, Aalborg Universitet

Andersen, KT et al. (2002). SBI-anvisning 202. Naturlig ventilation i erhvervsbygninger. 1. udgave. Statens Byggeforskningsinstitut, Aalborg Universitet.

AT-vejledning A.1.2-1 (2018). Indeklima. Arbejdstilsynets AT-vejledning om de hyppigste årsager til indeklimagener samt mulige løsninger. <https://regler.at.dk/at-vejledninger/indeklima-a-1-2/>

AT-vejledning D.6.1-6 (2023). Støj - De vigtigste regler om, hvordan du som arbejdsgiver skal forebygge, at dine ansatte bliver udsat for gener og risiko for skader ved udsættelse for støj. <https://regler.at.dk/at-vejledninger/stoej-d-6-1/>

Bygningsreglementets vejledning om korrektioner til 10 pct.-reglen for dagslys (2019). Trafik-, Bygge- og Boligstyrelsen. https://www.bygningsreglementet.dk/media/ak-xpf4xm/vejledning-dagslys-10-pct-regel-tbst_110119-a.pdf

BR18, Bekendtgørelse nr. 1399 af 01/07/2025 Bekendtgørelse om bygningsreglement 2018 (BR18). København: Social og boligstyrelsen

By-, Land- og Kirkeministeriet (2024) [Planloven]. Bekendtgørelse af lov om planlægning (LBK nr. 572 af 29/05/2024): <https://www.retsinformation.dk/eli/lta/2024/572#P15a>

DGNB Renovering og nybyggeri (version 2025.2.0.0). Manual. Rådet for bæredygtigt Byggeri

DMI, Klimaatlas (2025). <https://www.dmi.dk/klima-atlas/data-i-klimaatlas/?param-type=temp&maptype=kom>.

DS 418 (2011). Beregning af bygningers varmetab. Dansk Standard.

DS 447 (2021). Ventilation i bygninger – Mekaniske, naturlige og hybride ventilationssystemer. Dansk Standard.

DS 474 E (1995), Norm for specifikation af termisk indeklima. Dansk Standard.

DS 490 (2018), Lydklassifikation af boliger. Dansk Standard.

DS/CEN/TR 16798-2 (2019). Bygningers energieffektivitet – Ventilation i bygninger – Del 2: Fortolkning af kravene i EN 16798-1 – Indeklimamæssige inputparametre til beregning og evaluering af bygningers energieffektivitet i forbindelse med indendørs luftkvalitet, termisk miljø, belysning og akustik (Modul M1-6). Dansk Standard.

DS/EN 717-3 (1997). Træbaserede plader. Bestemmelse af formaldehydemission. Del 3: Formaldehydemission ved flaskemetoden. Dansk Standard.

DS/EN ISO 7730 (2006). Ergonomi inden for termisk miljø – Analytisk bestemmelse og fortolkning af termisk komfort ved beregning af PMV- og PPD-indekser og lokale termiske komfortkriterier. 2. udgave. Dansk Standard.

DS/EN 12464-1 (2021). Lys og belysning – Belysning ved arbejdspladser – Del 1: Indendørs arbejdspladser. Dansk Standard.

DS/EN 13141-3 (2017) + informativt annex. Ventilation i bygninger – Ydeevneprøvning af komponenter/produkter til boligventilation – Del 3: Emhætter uden ventilator til boliger. Dansk Standard.

DS/EN 14501 (2021). Skodder, rullegardiner, persienner og markiser – Termisk og visuel komfort – Bestemmelse af ydeevne og klassifikation. Dansk Standard.

DS/EN 16516 (2017) + A1 (2020). Byggevarer: Vurdering af afgivelse af farlige stoffer – Bestemmelse af emissioner i indendørs luft. Dansk Standard.

DS/EN 16798-1 (2019) og DK NA (2021). Bygningers energieffektivitet – Ventilation i bygninger – Del 1: Indeklimamæssige inputparametre til beregning og evaluering af bygningers energieffektivitet i forbindelse med indendørs luftkvalitet, termisk miljø, belysning og akustik – Modul M1-6 – Nationalt anneks NA i henhold til EN 16798-1. Dansk Standard.

DS/EN 16798-7 (2017). Bygningers energieffektivitet – Ventilation i bygninger – Del 7: Beregningsmetoder til bestemmelse af luftvolumenstrøm i bygninger, inklusiv infiltration (Modul M5-5). Dansk Standard.

DS/INF 418-2 (2014). Beregning af bygningers varmetab – Del 2: Beregning af effektiv varmekapacitet for bygninger. Dansk Standard

DS/ISO 16000-3 (2022). Indendørsluft – Del 3: Bestemmelse af formaldehyd og andre karbonylforbindelser i indendørs- og prøvekammerluft – Aktiv prøveudtagning. Dansk Standard.

DS/ISO 16000-6 (2021). Indendørsluft – Del 6: Bestemmelse af flygtige organiske forbindelser (VVOC, VOC, SVOC) i indendørsluft og luft i prøvekammer ved hjælp af aktiv prøveopsamling på adsorptionsrør og efterfølgende termisk desorption og gaskromatografisk analyse udført med MS eller med MS-FID. Dansk standard

DS/EN ISO 13788 (2013). Byggekomponenters og -elementers hygroteermiske ydeevne – Indvendig overfladetemperatur for at undgå kritisk overfladefugtighed og kondensdannelse i hulrum – Beregningsmetoder. Dansk Standard.

DS/EN ISO 17037 (2018/2021). Dagslys i Bygninger. Dansk Standard.

DS/EN ISO 52016-1 (2017). Bygningers energieffektivitet – Energibehov til opvarmning og afkøling, indetemperature og mærkbare og latente varmebelastninger – Del 1: Beregningsprocedure.

DS/EN ISO/IEC 17025 (2017). Generelle krav til prøvnings- og kalibreringslaboratoriernes kompetence. Dansk Standard.

DS/EN IEC 61591 (2023). Emfang – Metoder til måling af ydeevne. Dansk Standard.

Ecodesign - Kommissionens forordning (EU) (2019/2020). Krav til miljøvenligt design af lyskilder og separate styreanordninger hertil. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DA/TXT/?toc=OJ%3AL%3A2019%3A315%3ATOC&uri=uri-serv%3AOJ.L_2019.315.01.0209.01.DAN

ENØK i bygninger: effektiv energibruk (2007), NTNU, SINTEF, udgave 3

Erik Brandt et al. (2023). SBI-anvisning 277. Fugt i bygninger – Teori, beregning og undersøgelser, BUILD Aalborg Universitet København, 1 udgave

Hansen, E.J.d.P et al. (2020), SBI-anvisning 272. Anvisning om Bygningsreglementet 2018. BUILD, Aalborg Universitet.

Hansen, E.J.d.P et al. (2024), SBI-anvisning 280. Varmeisoleringsmaterialer og deres anvendelse. 1 udgave. BUILD, Aalborg Universitet.

Homicks, Viktor et. al. (2014). Be10 med termisk beregning - en første analyse af Sommerkomfort: *HVAC Magasinet – Sommerkomfort*, Nr. 8 August 2014 Årgang 50

Hvordan bestemmes det effektive åbningsareal ved tværventilation? (2025) [FAQ-svar om tværventilation] (5/9/2025). BUILD. <https://www.build.aau.dk/til-byggebranchen/software/be18/faq#effektivt-%C3%A5bningsareal-ved-tv%C3%A6rventilation>

Johannsen, K. B. et al. (2023). Emhætters evne til effektiv fjernelse af partikler i indeklimaet. Publikation Realdania, 21.12.2023

Johnsen, K (2016). SBI-anvisning 264. Solafskærmninger. 1. udgave. Statens Byggeforskningsinstitut, Aalborg Universitet

Kristensen, J. et al. (1989). SBI-anvisning 166. Bygningsakustik. Teori og praksis. Statens Byggeforskningsinstitut

Miljøstyrelsen Nr. 4 (2007). Vejledning nr. 4. Støj fra veje. Miljøstyrelsen. Hentet fra https://mst.dk/media/asxfobqt/stoej_fra_veje_2007.pdf

Miljøstyrelsen. Orientering nr. 9 (1997). Lavfrekvent støj, infralyd og vibrationer i eksternt miljø.

Miljøstyrelsens Referencelaboratorium for Støjmålinger (2015). Indendørs støjniveau med åbne vinduer, Orientering Nr. 46, 2 udgave

Nielsen, T.R et al. (2009). Behovstyret ventilation til enfamiliehuse. DTU. <https://backend.orbit.dtu.dk/ws/portalfiles/portal/4035455/339-30%20Behovstyret%20boligventilation%20FINAL.pdf>

Petersen, C.M. et al. (2014). SBI-anvisning 245. Lydisolering i bygninger – teori og vurdering. 1 udgave. Statens Byggeforskningsinstitut, Aalborg Universitet København

Rasmussen, B. et al. (2011) SBI-anvisning 237. Lydisolering mellem boliger – Nybyggeri. 1 udgave. Statens Byggeforskningsinstitut, Aalborg Universitet

Rasmussen, B. et al. (2014). SBI-anvisning 243. Lydisolering mellem boliger – Eksisterende byggeri. 1 udgave. Statens Byggeforskningsinstitut, Aalborg Universitet København

Rasmussen, B. et al. (2014). SBI-anvisning 244. Lydisolation af klimaskærmen. 1 udgave. Statens Byggeforskningsinstitut, Aalborg Universitet København

Rasmussen, B et al. (2017). SBI-anvisning 217. Udførelse af bygningsakustiske målinger. 2. udgave. Statens Byggeforskningsinstitut, Aalborg Universitet

Rasmussen, T.V. (2018) SBI-anvisning 270. Måling af radon i bygninger. Statens Byggeforskningsinstitut, Aalborg Universitet København

Svensk Ventilation (2025). *Osuppfångning i spiskåpor och köksfläktar för bostäder – vägledning* 4. udgave. Publiceret 29. april 2025.

Taksonomiportalen for bygge- og ejendomsbranchen (besøgt juni 2025). M5. Forebyggelse og bekæmpelse af forurening. Erhvervsstyrelsen. <https://taksonomiportalen.dk/emne/forebyggelse-og-bek%C3%A6mpelse-af-forurening-1682408596263x555707480891981800>

Vorre, M. H. et al. (2017). Branchevejledning for indeklimaberegninger, 1 udgave, Publikation BUILD

Vorre, M.H. et al. (2021). Branchevejledning for indeklima i skoler, 1 udgave, publikation Teknologisk institut

Wies van Mil (2020). Imke. Artificial Lighting Design for Primary Learning Environments, PhD-afhandling, Royal Danish Academy

Worm, A. et al. (2023), Dagslys i det bebyggede miljø: Publikation Realdania, 2023

World Health Organization Regional Office for Europe. (2019). *Environmental Noise Guidelines for the European Region* (Guideline, 30 January 2019). WHO Regional Office for Europe. ISBN 978-92-8-905356-3



Figur 27: Lisbjerg bakke, boliger. Fotokredit: Thomas Mølvig

Branchevejledning for Indeklima

Appendiks

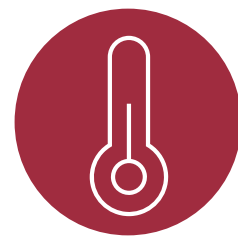


Appendiks Indhold

A. Appendiks A – Termisk indeklima, Bolig	3
A.1 Beregningsmetoder	3
A.2 Dokumentationsforudsætninger	6
A.3 Termisk masse	9
A.4 Skygger	11
A.5 Mekanisk ventilation	15
A.6 Udluftning af rum	18
A.7 Reelle forudsætninger	36
A.8 Træk	42
A.9 Relativ fugtighed	45
A.10 Kritisk overfladetemperatur	47
A.11 Robusthed	52
B. Appendiks B – Atmosfærisk indeklima, Bolig	55
B.1 Minimum lufttilførsel	55
B.2 Emhætter	57
B.3 Afgasning til indeklimaet	60
B.4 Radon	62
C. Appendiks C – Visuelt indeklima, Bolig	63
C.1 Relevant gulvareal	63
C.2 10%-metoden	65
D. Appendiks D – Akustisk indeklima, Bolig	70
D.1 Akustiske bilag	70
E. Appendiks E – Termisk indeklima, Erhverv	71
E.1 Toleranceoverskridelser	71
E.2 Simulering af termisk indeklima	74
E.3 Træk	76
E.4 Naturlig ventilation	79
E.5 Robusthedsanalyse	83
F. Appendiks F – Solafskærmning, Erhverv	86
F.1 Udsynsklasser for solafskærmning	87
F.2 Solafskærmende glas	92
F.3 Styring af solafskærmning	94
G. Appendiks G – Belastninger og samtidigheder, Erhverv	99
G.1 Personer	99
G.2 Udstyr og belysning	100
G.3 Samtidigheder og brugsprofiler	101
H. Appendiks H – Atmosfærisk indeklima, Erhverv	108
H.1 Luftmængder og CO ₂ -koncentration	108
H.2 Afgasning	112
I. Appendiks I – Visuelt indeklima, Erhverv	114
I.1 Dagslys	114
I.2 10%-metoden	119
I.3 300 lux-metoden	120
I.4 Relevant gulvareal	123

I.5 Udsynskvalitet.....	125
I.6 Elektrisk belysning	129
J. Appendiks J – Baggrund for krav	132
J.1 Bolig	132
J.2 Erhverv.....	135

Appendiks A – Termisk indeklima, Bolig



Dette appendiks omhandler beregningsmetoder for og eksempler på hvordan man beregner termisk indeklima i en bolig.

I forhold til overophedning i boliger har brugerne en høj grad af frihed til at tilpasse sig, fx ved at justere beklædningen eller opholde sig i andre dele af boligen. Kravene til termisk indeklima afspejler derfor beboernes muligheder for at agere og tilpasse sig selv og sine omgivelser.

Lette byggematerialer bliver mere populære på grund af behovet for at minimere bygningers CO₂-belastninger. På grund af det lette byggeris lavere termiske masse, kræves ofte større åbningsarealer og flere passive tiltag, som fx solafskærmning, for at opfylde de termiske indeklimakrav. Det er derfor vigtigt at vurdere det termiske indeklima tidligt i processen, specielt for let byggeri.

A.1 Beregningsmetoder

For en bolig er det tilladt at dokumentere termisk komfort på grundlag af en "forenklet beregning" som Sommerkomfort, jævnfør Bygningsreglementet (2018). Derfor kan evaluering af termisk komfort både dokumenteres ved:

- Sommerkomfort
- Dynamiske simuleringsprogrammer

Sommerkomfort er baseret på en simplificeret beregningsmodel beskrevet i DS/EN ISO 52016-1 (2017) og antager, at varmetilskud fra interne varmekilder og solindstråling absorberes i rumluften, hvorefter varmen påvirker rummets overflader og masse.

Dynamiske simuleringsprogrammer er mere detaljerede og kræver flere input-data, til gengæld medregner de effekten af temperatursvingninger og den termiske masses indflydelse på indeklimaet, fugtforhold samt diverse styringer.

A.1.1 Sammenligning af beregningsmetoder

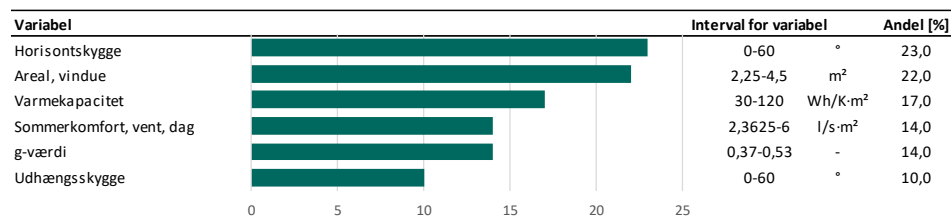
For at vurdere de mest følsomme parametre for termisk komfort i en bolig, er der gennemført en følsomhedsanalyse baseret på 20.000 dynamiske simuleringer i BSim, hvor alle parametre er blevet varieret og sammenlignet med tilsvarende beregninger i Sommerkomfort. For begge beregningsmetoder er det beregnede antal af varme timer optalt og anvendt som sammenligningsgrundlag.

Figur A.1 viser resultatet af analysen. Her angiver %-delen, hvor meget variationen af de enkelte faktorer kan påvirke resultatet (antal overtemperaturer). Figuren giver dermed et billede af, hvilke faktorer der har størst betydning for, om Bsim og Sommerkomfort beregner ens. Jo højere %-del, desto større indflydelse har den pågældende variabel på forskellen mellem de to beregningsmetoder.

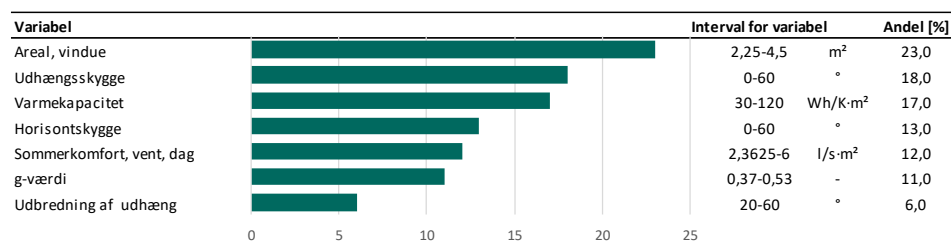
Følsomhedsanalysen er lavet for 3 orienteringer; øst, syd og vest. Generelt er tendensen at:

- Mod syd er det vinduets areal og herefter udhængsskygge, der har størst indflydelse på, om beregningsmetoderne regner ens
- Mod øst og vest er det både horisontskyggen og vinduets areal, der påvirker, hvor ens beregningsmetoderne regner

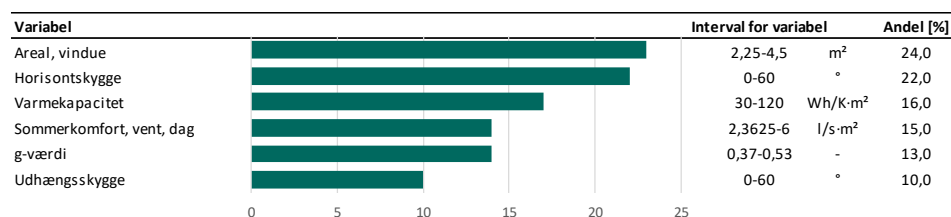
ØST



SYD



VEST



Figur A.1: Følsomhedsanalyse fra dynamisk simulering (x-aksen er i procent). %-delen er et mål for hvor meget variationen af de enkelte faktorer kan påvirke resultatet. "Interval for variabel" indikerer det spænd de forskellige variable er varieret indenfor. Nordvendte orienteringer er ikke medtaget, da kritiske rum sjældent har den orientering.

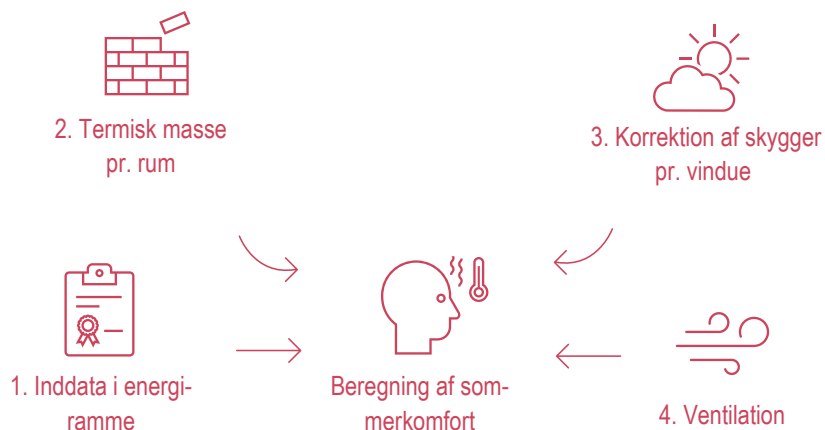
Af figurene fremgår det, at variation i vinduesstørrelsen er den parameter, som er mest følsom for antallet af overtemperaturer. Denne faktor er dog sjældent behæftet med store indtastnings-usikkerheder. Derimod er følgende parametre ofte særligt følsomme, og de er samtidig parametre, som enten er meget forsimplede eller skjulte i Sommerkomfort-beregningen:

- Udhængsskygge
- Varmekapacitet
- Horisontskygge
- Naturlig ventilation, dag (Sommerkomfort, vent, dag)

I denne vejledning vil der derfor være fokus på disse parametre, da de er afgørende for præcisionen og pålideligheden af Sommerkomfort-beregninger og for at opnå resultater, der ligger tættest på resultaterne med dynamiske simuleringer.

Sommerkomfort

Til beregning af den operative temperatur, anvender Sommerkomfort det gennemsnitlige varmetab for bygningen. Derfor er det meget vigtigt, at man laver sommerkomfortberegningerne på baggrund af en energiramme for bygningen, hvor skemaer til vægge, fundamenter, vinduer og yderdøre og "anden generel data" er udfyldt. Processen for beregninger i Sommerkomfort er:



1. Udfør energirammen (som minimum det generelle bygningsskema på forsiden og hele bygningens data under *Klimaskærm*).
2. Pr. rum laves en ny kopi af energiramme, hvor den termiske masse er tilpasset det individuelle rum og ikke bygningens masse som helhed. Eksempel på beregning af den termiske masse findes i appendiks A.3. Tilpasning af den termiske masse anvendes udelukkende i forbindelse med indeklimaberegninger. For den egentlige energirammeberegning anvendes fortsat bygningens samlede termiske masse i henhold til SBI-anvisning 213.
3. Skygger korrigeres for deres faktiske udbredelse således solbelastningen i rummet er retvisende.
4. Den naturlige og mekaniske ventilation regnes for dag og nat og sættes ind i sommerkomfort.

A.2 Dokumentationsforudsætninger

Til dokumentation af Bygningsreglementets krav til det termiske indeklima i boliger anvendes forudsætninger fra SBi-anvisning 213, uanset om beregningerne udføres med Sommerkomfort eller dynamiske simuleringsprogrammer. Mange af disse forudsætninger er allerede integreret i koden til Sommerkomfort og kan derfor ikke ændres. Forudsætninger, som gælder for både Sommerkomfort og dynamiske simuleringer, er opsummeret i tabellen nedenfor.

Tabel A.1. Forudsætninger til indeklimateberegninger (baseret på Sommerkomfort Be18 version 10.19.7.22)

Forudsætninger	
Setpunkt for naturlig ventilation	Naturlig ventilation aktiveres med halv luftmængde ved en operativ temperatur over 23,5°C og med fuld luftmængde ved 24,5°C hele året
Brugstid for naturlig ventilation	Hele tiden dvs. alle årets måneder, sommer som vinter KI. 08.00-24.00 anvendes luftmængden <i>Sommer, dag</i> KI. 00.00-08.00 anvendes luftmængden <i>nat</i>
Interne belastninger	Efter SBi 213. Disse kan ikke ændres i Sommerkomfortberegningen
Solafskærmning	Solafskærmningen aktiveres ved direkte solindstråling, som nogenlunde kan omskrives til 150 W/m ²
Infiltration	Infiltration indgår ikke i sommerkomfort og skal derfor ikke medregnes

Det betyder, at de ovenstående forudsætninger skal anvendes til beregninger i dynamiske simuleringsprogrammer hvis indeklimaet skal dokumenteres iht. Bygningsreglementet. Hvis formålet derimod er at vurdere det reelle indeklima, kan disse forudsætninger fraviges for at opnå et mere realistisk billede af indeklimaforholdene.

En bolig anses for at være i brug hele tiden, og denne præmis ligger til grund for standardforudsætninger i SBi-anvisning 213 (2018), som er fastlagt for dokumentation af boligens energiramme såvel som for evalueringen af termisk komfort.

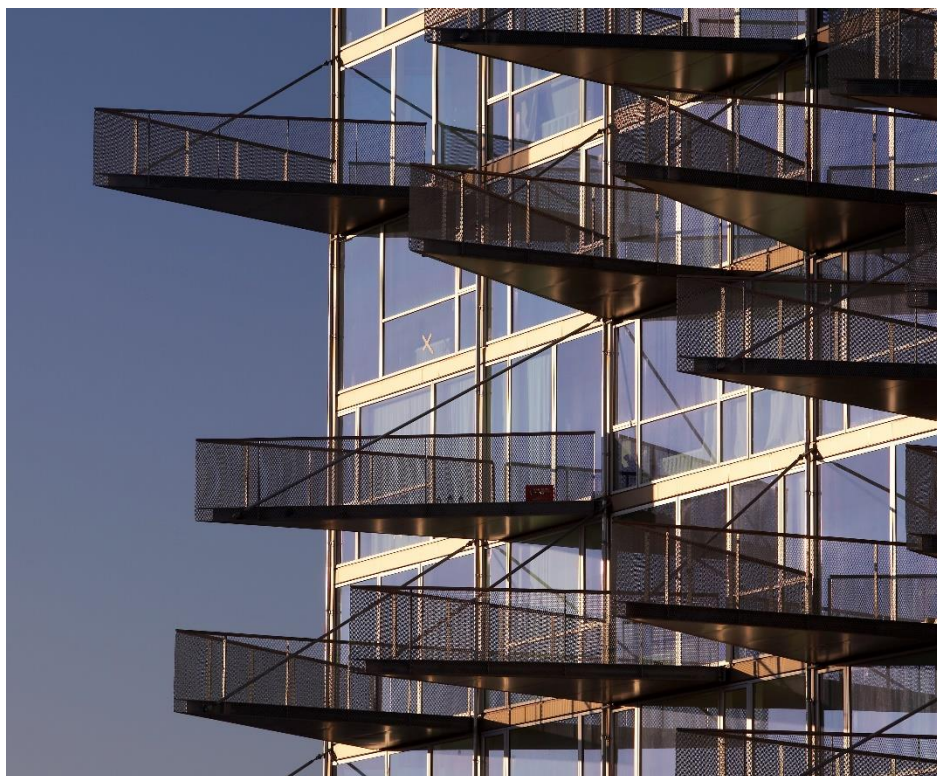
Det er vigtigt at bemærke, at selvom ventilationsniveauet i Sommerkomfort benævnes "*Sommer, dag*" anvendes denne ventilationsmængde faktisk året rundt, så snart setpunktet for den operative temperatur overskrides. På samme måde anvendes *ventilation*, *vinter* også hele året når temperaturen er under setpunktet. Sommerkomfort kunne derfor lige så vel betegnes som en "*års-komfort*", da den ikke begrænser sig til sommerperioden, men regulerer indeklimaet på tværs af sæsoner.

De interne belastninger fra personer og udstyr fastlægges i henhold til SBi-anvisning 213 og gælder uanset valg af beregningsmetode. Disse er også fastlåste værdier i Sommerkomfort, som ikke kan ændres af brugere.

Tabel A.2. Interne belastninger jf. SBI-anvisning 213 (2018)

Belastning	Tidsrum	Effekt
Personer ¹	Kl. 0-24 (ens hele døgnet)	1,5 W/m ²
Udstyr	Kl. 0-24 (ens hele døgnet)	3,5 W/m ²

Beregningerne for termisk komfort i boliger udføres jf. BR18 på grundlag af det nyeste gældende DRY-år.



Figur A.2. VM husene (bolig)

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 Sommerkomfort, fx dynamiske facader, kompleks skyggegeometri, køling eller evaluering af specifikke brugsmønstre. Her kan det være nødvendigt at anvende et mere avanceret dynamisk simuleringsværktøj som BSim, IES-VE, IDA ICE eller lignende.

I det følgende gennemgås et eksempel, hvor de nødvendige forudsætninger for udarbejdelse af dokumentation i henhold til Bygningsreglementets krav bliver beskrevet.

¹ For rumstørrelser under ca. 30–35 m² bliver den interne personbelastning i Sommerkomfort undervurderet. Det skyldtes, at sommerkomfort anvender en gennemsnitsværdi på 1,5 W/m², mens en person reelt afgiver omkring 100 W i sensibel varme. Værdien på 1,5 W/m² er baseret på et døgnmiddel brugsprofil samt et gennemsnitligt personantal i boligen og afspejler derfor ikke reelt belastningen i små kritiske rum. Dette kan medføre, at risikoen for overtemperaturer undervurderes. For sådanne rum kan det være relevant at supplere med en dynamisk beregning baseret på reelle forudsætninger.

Eksempel A1

Dokumentation af Bygningsreglementets krav

For en lejlighed ønskes det at dokumentere overholdelsen af det termiske indeklima ved hjælp af et detaljeret simuleringsprogram. Nedenstående er et eksempel på input til denne beregning:

Forudsætninger:

- 2 personer i lejligheden
- Luftmængden ved naturlig ventilation om dagen er beregnet til 5,0 L/s pr. m²
- Luftmængden ved naturlig ventilation om natten er på 0,6 L/s pr. m²
- Mekanisk ventilation er beregnet for hele lejligheden til 0,38 L/s pr. m²
- Ingen solafskærmning

Tabel A.3. Eksempel på inputs til dynamisk beregning efter SBI 213

Input til dynamisk beregning	Data
Naturlig ventilation	Den naturlige ventilation kan aktiveres hele året når set-punktet overskrides Der regnes en tværv ventilation på maksimalt 5,0 L/s pr. m ² om dagen og 1,2 L/s pr. m ² om natten. Kl. 08.00-24.00 anvendes luftskifte for naturlig ventilation om dagen Top $\geq 23,5^{\circ}\text{C}$ og $< 24,5^{\circ}\text{C}$ = 2,5 L/s pr. m ² * Top $\geq 24,5^{\circ}\text{C}$ = 5,0 L/s pr. m ² * Kl. 00.00-08.00 anvendes luftskifte for naturlig ventilation om natten Top $\geq 23,5^{\circ}\text{C}$ og $< 24,5^{\circ}\text{C}$ = 0,6 L/s pr. m ² Top $\geq 24,5^{\circ}\text{C}$ = 1,2 L/s pr. m ²
Mekanisk ventilation	Aktiv hele året kl. 0.00-24.00 med 0,38 L/s pr. m ²
Interne belastninger	Aktiv hele året kl. 0.00-24.00 Personer = 1,5 W/m ² Udstyr = 3,5 W/m ²

* I BSim angives et setpunkt for udluftningen. Beregningen søger at holde dette setpunkt, hvorfor udluftningen kan aktiveres før setpunktet nås. Derfor anbefales at sætte setpunktet til 24°C med faktor 0,5 (halvt luftskifte) og 25°C med faktor 1 (fuldt luftskifte) når BSim benyttes.

A.3 Termisk masse

For at opnå mere retvisende beregninger af antallet af timer med overophedning, er det nødvendigt at bestemme den specifikke termiske masse for hvert enkelt rum, der regnes på i Sommerkomfort. Den specifikke termiske masse for rummet sættes ind i stedet for bygningens termiske masse i den generelle fane i Be18. Herefter udføres sommerkomfortberegningerne. For den egentlige energirammeberegning anvendes fortsat bygningens samlede termiske masse i henhold til SBi-anvisning 213.

Derfor skal der pr. rum laves en specifik beregning af den termiske masse jævnfør metodikken i SBi-anvisning 213 eller DS/INF 418-2. Data for materialernes varmekapacitet kan findes i kilder som SBi-anvisning 280, produktdatablade eller andre pålidelige databaser, hvor materialernes termiske egenskaber er specificeret. Dette sikrer, at beregningerne tager udgangspunkt i rumspecifikke data og ikke fx etageejendommens samlede termiske masse, som kan påvirkes af tunge kældre eller andre bygningsdele.

Rummets varmekapacitet beregnes ud fra de faktiske arealer (m^2) af de forskellige bygningsdele i rummet.



Figur A.3. Væg af træ og beton. Termisk masse kan med fordel placeres i indervægge og gulv, hvor solens stråler ofte rammer, for at få den mest optimale udnyttelse.

Sommerkomfort bruger bygningens termiske masse som en sum af gulve, ydervægge, loft og indervægge og tager derfor ikke hensyn til hvor solens stråler vil aktivere den termiske masse.

Rummets termiske masse kan bestemmes som i nedenstående eksempel:

Eksempel A2

Udregning af vægtet varmekapacitet

Tabel A 4. Vægtet varmekapacitet

Indvendige overflader	Varmekapacitet (efter SBI-anvisning 213)
Loft (Gipsplader af 2 lag)	3 Wh/Km ²
Gulv (Trægulv med dug på beton)	17 Wh/Km ²
Ydervægge (to lag gipsplader i et lille rum)	4 Wh/Km ²
Skillevægge (4 m ² tung væg med beton, 2 m ² let skillevæg med to lag gips i et lille rum)	Arealvægtet: 49 Wh/Km ² (67 Wh/Km ² × 4m ² + 13 Wh/Km ² × 2m ²) / 6m ²
Inventar (fast værdi)	10 Wh/Km ²
I alt	83 Wh/Km²

Placeringen af termisk masse er afgørende for, hvor høj udnyttelse af effekten man kan opnå (såfremt de er blotlagte). Materialer med høj varmekapacitet, placeret der, hvor solens stråler kan ramme dem – fx i gulve og indervægge – har en stor indflydelse på det termiske indeklima.

I dynamiske simuleringer tages der højde for, hvor solens stråler vil aktivere den termiske masse. Sommerkomfort derimod tager ikke højde for dette og kan derfor overvurdere betydningen af termisk masse i beregningen, hvis den primært ligger i ydervægge eller lofter, hvor solens stråler sjældent rammer.



Figur A.4. Sluseholmen Syd. Fotokredit: Artelia

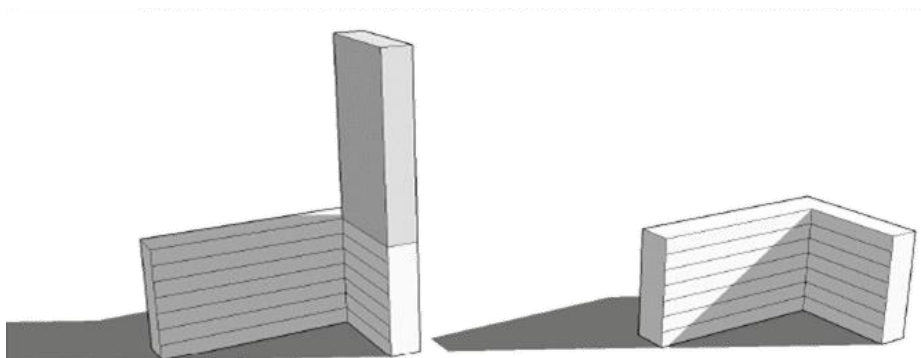
A.4 Skygger

A.4.1 Beregning med skygger efter SBI-anvisning 213

Ved forenklet beregning med Sommerkomfort, anvendes metoden for fastlæggelse af skygger jf. SBI-anvisning 213 (2018). Metoden er baseret på indtastning af vinkler mellem skyggende objekter og vinduets lodrette center (sideskygge) og vandrette center (horisont- og udhængsskygge). Metoden har derfor nogle begrænsninger, idet skyggens udbredelse ikke tages i betragtning. Dermed regnes skyggen uendelig lang/høj, hvilket kan gøre, at skyggernes effekt overestimeres.

Ved at regne skyggerne som uendelig lange/høje og ikke korrigerer for deres faktiske udbredelse, risikeres at Sommerkomfort underestimerer antallet af overophedningstimer. Denne tendens er specielt tydelig for udhæng og sideskygger for rum beliggende imod S, SV, SØ – de kritiske rum. Derfor er det vigtigt, at skygger i Sommerkomfort korrigeres for deres faktiske udbredelse.

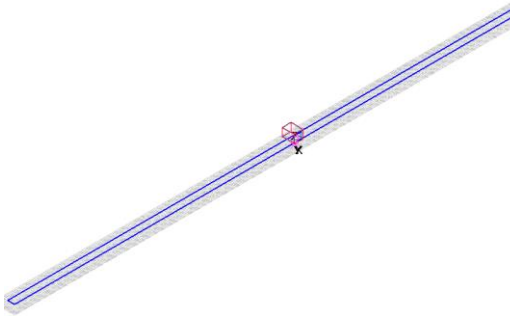
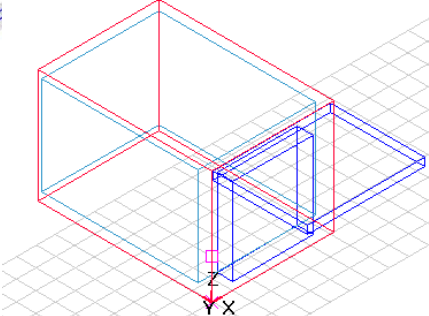
Problemstillingen er illustreret for en karrébygning i 7 etager på nedenstående figur. På figuren til højre, ses det, at det reelt set kun er halvdelen af facaden mod vest, som opnår en skyggende effekt fra sideskyggen. Men på figuren til venstre ses hvordan Sommerkomfort regner sideskyggen uendelig høj, hvorved stort set hele vestfacaden står i skygge.



Figur A.5. Betydningen af overestimering af skygger i Sommerkomfort. Figuren til højre viser venstreskyggens reelle effekt for en sydvendt sol, hvor figuren til venstre viser, hvordan den medregnes i Sommerkomfort.

Nedenstående figurer er et eksempel på betydningen af, om skyggen fra en altan regnes som uendelig eller med faktisk udbredelse ift. antallet af overophedningstimer. Altanen ligger over et vindue i et kritisk rum imod syd.

Tabel A.5. Eksempel på hvordan uendelige skygger vs. reelle skygger for en altan overvurderer det termiske indeklima

BSim med uendelige skygger (Svarende til Sommerkomfort)	BSim med faktisk udbredelse af skyggen
	
Resultatet: 154 timer > 27°C	Resultatet: 241 timer > 27°C

Forskellen i antallet af timer skyldes, at et uendeligt udhæng i princippet fungerer som sideskygger både om formiddagen og eftermiddagen for sydvendte facader.

A.4.2 Korrektion af skygger i sommerkomfort-beregninger

Skygger anvendt til sommerkomfortberegninger skal korrigeres, så de afspejler den faktiske solbelastning til rummet pga. den pågældende skygge (dvs. afhængig af udbredelsen). Korrigerede skygger anvendes kun til sommerkomfortberegninger og ikke til energiberegningen. Korrektioner kan udføres via:

- Modellering i dynamiske simuleringsprogrammer
- Estimeringer vha. *Bygningsreglementets vejledning om korrektioner til 10 pct.-reglen for dagslys*

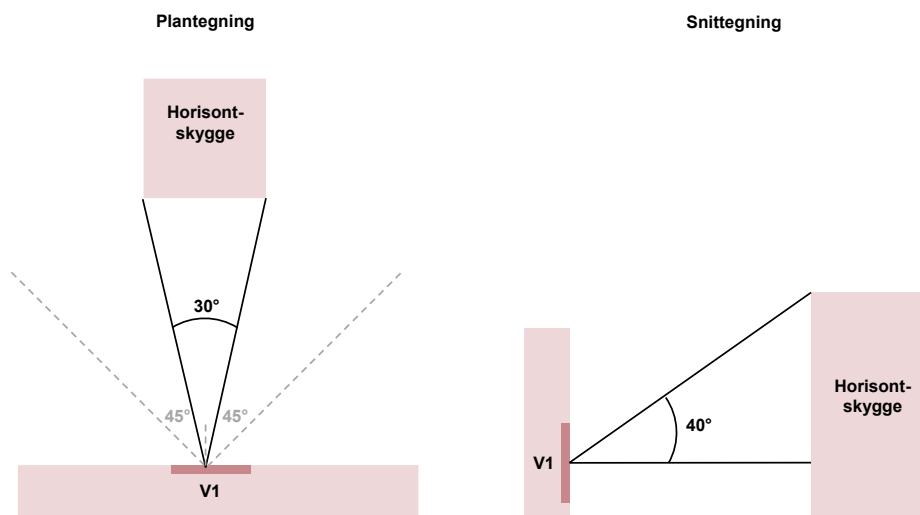
Hvis Bygningsreglementets vejledning om korrektioner til 10 pct.-reglen for dagslys anvendes til et estimat kan det gøres på følgende måde:

- Korrektionsfaktoren for de aktuelle horisontskygger, udhængs- og sideskygger findes (som normalt når der skal regnes dagslys)
- Hver korrektionsfaktor omregnes (tilbagekonverteres) til en vinkelprofil for horisont-, udhængs- eller sideskygge vha. tabeller for **uendeligt** lange/høje skygger (s. 11, 12 og 17 i *Bygningsreglementets vejledning om korrektioner til 10 pct.-reglen for dagslys*).
- Disse korrigerende skygge-værdier anvendes til sommerkomfortberegning

Se nedenstående eksempel for metodik:

Eksempel A3 Korrektion af skygger

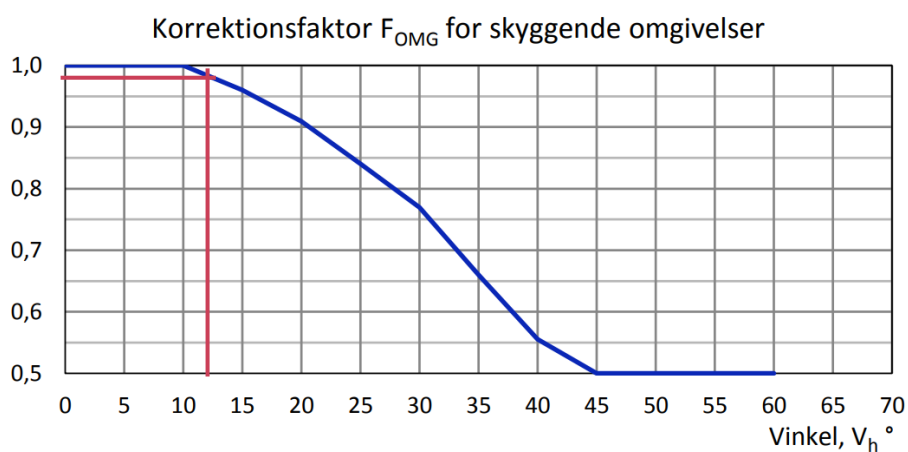
Plantegningen viser en horisontskygge i kun 30° af det vandrette udsynsfelt på ± 45° samt en vinkelprofil svarende til 40°:



Ud fra den faktiske udbredelse beregnes korrektionsfaktoren efter *Bygningsreglementets vejledning om korrektioner til 10 pct.-reglen for dagslys*, til:

$$40^\circ \cdot \frac{30^\circ}{90^\circ} + 0^\circ \cdot \frac{60^\circ}{90^\circ} = 13,3^\circ \rightarrow \text{korrektionsfaktor p\u00e5 0,97}$$

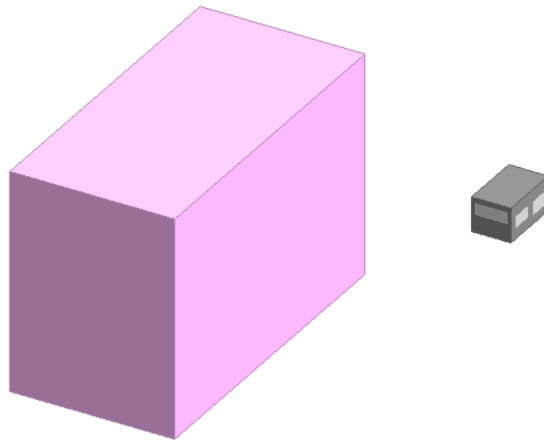
Denne korrektionsfaktor omregnes tilbage til en vinkel vha. *bygningsreglementets vejledning om korrektioner til 10 pct.-reglen for dagslys (2019)*. Der tages udgangspunkt i tabellen for uendeligt lange skygger (side 11 i vejledningen). Her svarer en korrektionsfaktor p\u00e5 0,97 til en korrigeret horisontskygge p\u00e5 12°, som indtastes i sommerkomfortberegningen i stedet for 40°.



Korrektion af horisontskygge ud fra tabel side 11 i *Bygningsreglementets vejledning om korrektioner til 10 pct.-reglen for dagslys (2019)*

A.4.3 Skygger i dynamiske simuleringsprogrammer

Ved komplekse skyggeforhold anbefales det, at anvende dynamiske beregninger, da Sommerkomfort ikke kan håndtere disse forhold korrekt. I en detaljeret evaluering skal skygger altid modelleres som objekter i beregningsprogrammet. Det skyldes, at når skygger modelleres som objekter indgår de med reel størrelse og placering i forhold til rummet, der regnes på.



Figur A.6. Termisk zone (grå bygning til højre) og modelleret objekt som skygge (lyserød bygning til venstre).

A.5 Mekanisk ventilation

Den mekaniske ventilation i beboelsesrum og for hele boligen skal mindst være 0,30 l/s pr. m² opvarmet etageareal [BR18]. Den mekaniske ventilation fastlægges primært ud fra udsugning i badeværelse, wc-rum, køkken og bryggers eller antallet af personer.

Til beregninger af det termiske indeklima i en bolig kan der, for mekanisk ventilation, enten tages udgangspunkt i den faktiske indblæsning i det mest kritiske rum eller den gennemsnitlige basisluftmængde for hele boligen (inkl. gang, entre, toilet mv.). Beregningerne skal i begge tilfælde baseres på bruttoarealer jf. SBI-anvisning 213 (2018).

De mekaniske luftmængder til sommerkomfortberegningerne skal baseres på basisluftmængderne. Derfor skal følgende ikke medregnes i luftmængderne

- Forceret drift af emhætter i 2% af tiden
- Forceret drift ved fugtstyring

For at kunne medregne 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, som rummet er dimensioneret for. Hvis der eksempelvis er projekteret en friskluftsindblæsning på 10 L/s i et soveværelse på 14 m², kan der medregnes et mekanisk bidrag på ca. 0,7 L/s pr. m².

I det følgende er der 2 eksempler på udregning af den mekaniske ventilation:

Eksempel A4

Beregning af mekanisk ventilation i kritisk rum ud fra den faktiske indblæsning i rummet:

Tabel A.6. Mekanisk ventilation efter reel indblæsningsmængde i et værelse

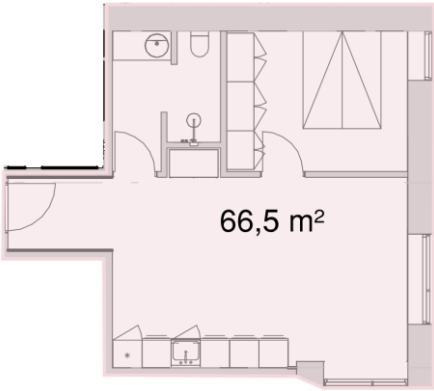
Kritisk rum (markeret med rød)	Mekanisk ventilation
	Input: - Basis indblæsning med 5 L/s pr. person - 1 persons seng. Eftersom der altid skal være minimum 1 soverum regnet for 2 personer (krav i atmosfærisk indeklima), regnes der med 2 personer i soveværelset = 10 L/s i alt. - Bruttoareal på 15,1 m² Mekanisk ventilation: $10 \text{ L/s} / 15,1 \text{ m}^2 = 0,66 \text{ L/s pr. m}^2$

Den totale mekaniske basisluftmængde for en bolig kan anvendes som en generel værdi for luftmængderne i samtlige rum i boligen.

Eksempel A5

Beregning af mekanisk ventilation for hele boligen

Tabel A.7. Mekanisk ventilation beregnet ud fra hele boligen

Bolig (markeret med rød)	Mekanisk ventilation
	Input:
	- Basis udsugning for bad + wc: på 15 L/s - Basis udsugning + indblæsning for køkken: 20 L/s - Bruttoareal for bolig på 66,5 m²
	Mekanisk ventilation: $q_m = 35 \text{ l/s} / 66,5 \text{ m}^2 = 0,53 \text{ L/s pr. m}^2$

A.5.1 Regulering af basisluftskiftet

Hvis ventilationsanlægget i boligen er udstyret med fugtstyring eller en regulering af grundluftskiftet i køkkenet, som sikrer en reduceret basisventilation fx på 0,30 l/s pr. m², skal de beregnede luftmængder til sommerkomfort justeres i overensstemmelse hermed. Denne justering kan foretages på følgende måde:

Eksempel A6

Korrigeret luftmængde på grund af fx fugtstyring

Tabel A.8. Korrigeret basisluftmængde pga. fugtstyring eller regulering af grundluftskiftet. Forceret drift af emhætte indgår ikke i disse beregninger.

Parameter	Bolig, samlet	Soveværelse	Værelse	Køkken-alrum
Bruttoareal	80 m²	15 m²	11 m²	27 m²
Dimensionerende luftmængden (forceret drift)	35 L/s (0,44 L/s pr. m²)	10 L/s	5 L/s	20 L/s
Nedjusteret basisluftmængde	24 L/s (0,30 L/s pr. m²)			
Korrektionsfaktor	0,69 [-]			
Korrigeret basisluftmængde, q_m		6,9 L/s (0,46 L/s pr. m²)	3,5 L/s (0,31 L/s pr. m²)	13,8 L/s (0,51 L/s pr. m²)

A.5.2 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, 2009].

Det er desuden en forudsætning for anvendelsen af *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 varmevekslerens effekt. Alternativt skal dokumentationen ske med et mere detaljeret simuleringværktøj, som kan tage højde for, at aggregatet ikke har mulighed for by-pass. I praksis kan ventilation uden by-pass korrigeres iht. nedenstående ligning.

$$q_{m, reduceret} = q_m \times (1 - \eta)$$

Eksempel A7 **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 for at tage højde for den reelle køleeffekt:

$$q_{m, reduceret} = 0,35 \text{ L/s pr. m}^2 \times (1 - 0,85)$$

$$q_{m, reduceret} = 0,05 \text{ L/s pr. m}^2$$

A.6 Udluftning af rum

Fastlæggelsen af ventilation ved udluftning gennem vinduer og døre er en afgørende inputparameter, som overordnet bestemmes efter metoderne beskrevet af SBI-anvisning 213. I dette afsnit gennemgås beregningsmetoder og eksempler i følgende rækkefølge:

- Princip for fastlæggelse af luftmængder
- Beregning af det effektive åbningsareal
- Fastlæggelse af åbningsareal og gunstig vindretning
- Scenarier for udluftning
- Udluftning af rum – eksempler
- Solafskærmning
- Støj udefra

Muligheden for naturlig ventilation ved tværv ventilation gennem vinduer og døre fastlægges i forhold til rummets eller boligens bruttogulvareal for følgende 2 situationer:

1. Boligen som helhed
2. Det kritiske rum

Den mindste af de beregnede ventilationsmængder ved udluftning for enten det enkelte rum eller for boligen som helhed, skal anvendes til beregningerne i sommerkomfort. For ensidet ventilation regnes kun for det kritiske rum.

Opmærksomhedspunkter

Mængden af naturlig ventilation ved udluftning kan være udfordret af forhold, der reducerer det effektive åbningsareal. I stueetagen kan nem adgang fra offentlige veje eller stier medføre, at vinduer ikke kan stå fuldt åbne af hensyn til sikkerhed mod tyveri. I høje bygninger kan overtryk skabe et kraftigt sug, som gør det nødvendigt at sikre vinduerne med hasper, hvilket også begrænser det effektive åbningsareal. Disse udfordringer bør nøje overvejes i designfasen.

Hoveddøre må ikke anvendes som åbningsareal til naturlig ventilation, og døre i stueplan kan heller ikke regnes som åbne om natten, medmindre de er udstyret med en egnet låsemekanisme. Dette skyldes flere væsentlige årsager.

For det første er der sikkerhedsmæssige overvejelser; en åben hoveddør eller en åben dør i terrænniveau om natten kompromitterer sikkerheden i en bolig, da den giver nem adgang for ubudne gæster og potentielt øger risikoen for indbrud. Herudover betyder setpunkterne for naturlig ventilation, at døren vil skulle stå åben i store dele af forår, sommer og efterår for at opnå tilstrækkelig ventilation for et behagelig termisk indeklima. Det er derfor ikke kun på de varmeste dage døren vil være åben.

I stedet skal der findes alternative løsninger for åbningsarealer til naturlig ventilation, som ikke involverer hoveddøren, for at sikre både effektiv ventilation og beboernes tryghed.

Maksimal luftmængde om dagen

Uanset hvilke luftmængder man teoretisk set kan beregne sig frem til, vil det reelle luftskifte være afhængigt af slutbrugerens adfærd og de reelle vejrforhold.

Den samlede ventilation består af mængden af udluftning gennem vinduer samt den mekaniske ventilation. Er den mekaniske ventilation behovsstyret, fx efter fugtbelastning, er det kun basis-ventilationen, som kan medregnes.

Ventilation, 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 om det enkelte vindues funktioner, området og placering i forhold til terræn, tilgængeligheden for udefrakommende, samt eventuelle støjgener i trafikerede områder.

I beregningen tillægges bidraget fra den mekaniske ventilation.



Figur A.7. Kollegiebolig - Håndværkskollegium i Herning. Kredit: Dorte Mandrup

A.6.1 Princip for fastlæggelse af luftmængder

Luftmængder, til beregning af Sommerkomfort i en bolig, skal fastlægges i henhold til SBI-anvisning 213 afsnit 5.12.3. Luftmængden er summen af den mekaniske ventilation, $q_{m,s}$ og naturlig ventilation ved udluftning gennem vinduer og døre, $q_{n,s}$.

Tabel A.9 angiver de luftmængder for udluftning, som anvendes til beregningerne.

Tabel A.9. Luftmængder ved udluftning. I et rum kan der ikke være både tværventilation og ensidet ventilation. Definitionen af effektivt åbningsareal kan ses under A.6.3. Kilder: SBI-213 (2018) og FAQ-svar om tværventilation fra BUILD, 5/9/2025

Situation	Tvær- ventilation	Ensidet ventilation	Krav til effektivt åbningsareal	Grænseværdi
Manuelt åbnede vinduer (dag)	1,8 L/s pr. m ²	0,9 L/s pr. m ²	Tvær: ≥ 1,5% af etagearealet Ensidet: ≥ 4% af etagearealet	6 L/s pr. m ²
Automatisk åbnede vinduer (dag)	1,8 L/s pr. m ²	1,8 L/s pr. m ²	Tvær: ≥ 1,5% af etagearealet Ensidet: ≥ 4% af etagearealet	6 L/s pr. m ²
Udluftning om natten	1,2 L/s pr. m ²	0,6 L/s pr. m ²	Tvær: ≥ 1,0% af etagearealet Ensidet: ≥ 2% af etagearealet	Tvær: 1,2 L/s pr. m ² Ensidet: 0,6 L/s pr. m ²

Ventilationsmuligheden hhv. for tvær- og ensidet ventilation bestemmes ved følgende ligninger (udgangspunkt i manuelt åbnede vinduer i dagtimerne) [FAQ-svar om tværventilation, 5/9/2025 og SBI-anvisning 213, 2018]:

$$q_{n,s_{tvær}} = \left(\frac{A_{eff} [m^2] / brutto\ gulvareal [\%]}{1,5\%} \right) \times 1,8 \text{ L/s pr. m}^2$$

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

Giver boligens udformning mulighed for opdriftsventilation, fx ventilation via tagvindue, betragtes dette på samme måde som tværventilation. Forudsætningen for tværventilation er, at åbninger har indbyrdes forbindelse (enten fordi de er i samme rum, eller via døre eller andre indvendige åbninger).

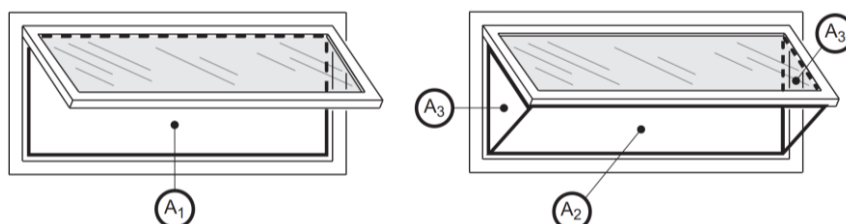
I dagtimerne anbefales det ikke at overstige 6,0 L/s pr. m² og om natten 1,2 L/s pr. m² for tværventilation eller 0,6 L/s pr. m² for ensidet ventilation (uden en særlig vurdering) [FAQ-svar om tværventilation, 5/9/2025 og SBI-anvisning 213, 2018].

A.6.2 Beregning af det effektive åbningsareal

Det effektive åbningsareal, A_{eff} , for det enkelte vindue/dør afhænger af type og udformning. Der kan anvendes en af følgende metoder til at bestemme det effektive åbningsareal af de enkelte vinduer/døre:

Metode 1: SBI-anvisning 202, geometriske åbningsarealer

SBI-anvisning 202 beskriver metoder til beregning af geometriske åbningsarealer og hvordan dette korrigeres afhængigt af, hvordan luften passerer gennem en åbning – hvilket giver de effektive åbningsarealer (A_{eff}).



Figur A.8. Eksempel på bestemmelse af åbningsarealet af et vindue. Åbningsarealet er det mindste af A_1 vs. $A_2 + A_3$. Hvis vinduet kan åbnes meget, vil A_1 være den begrænsende faktor, hvis vinduet kun kan åbnes lidt vil $A_2 + A_3$ være begrænsningen. Der skal tages højde for dybden af karmen og hvornår vinduet går fri af den. Figuren stammer fra SBI-anvisning 202 (2002).

Metode 2: Forenklet metode, reduktionsfaktor

Som alternativ til de fulde beregninger i SBI-202 kan reduktionsfaktorerne i Tabel A.10 anvendes. Disse faktorer udtrykker det forventede forhold mellem åbningsarealet i vindueshullet (A_{hul}) og det effektive åbningsareal.

$$A_{\text{eff}} = \text{reduktionsfaktor} \cdot A_{\text{hul}}$$

A_{hul} betegner arealet af vindueshullet. Hvis det kun er en del af vinduesfeltet, der er oplukkeligt, benyttes alene denne andel.

Tabel A.10. Reduktionsfaktor for beregning af effektivt åbningsareal for typiske opluk. Faktoren definerer et forventet forhold mellem det effektive åbningsareal i vinduet og arealet i vindueshullet (ydre mål). Baseret til dels på SBI-anvisning 213.

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

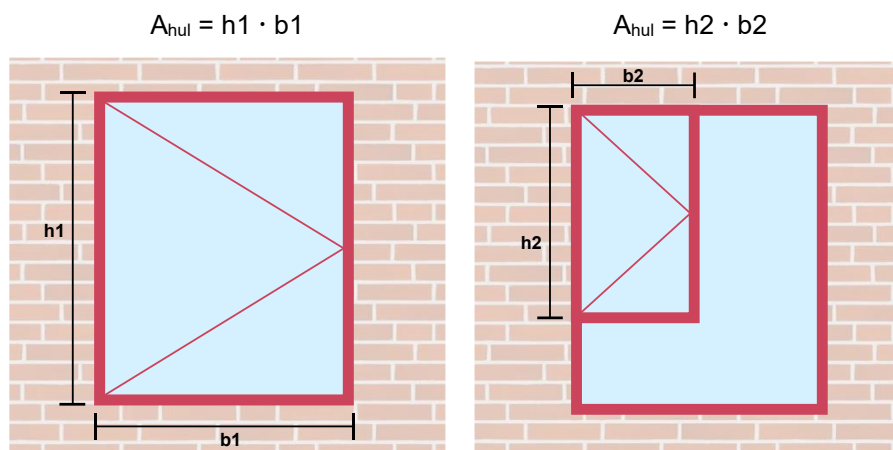
*Baseret på en kædelængde på ca. 40-50 cm.

Tabel A.10 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.

Arealet af vindueshullet inkl. karm (A_{hul}) kan findes som i følgende eksempler:

Eksempel A8

Fastsættelse af arealet i vindueshullet (inkl. karm) til beregning af A_{eff}



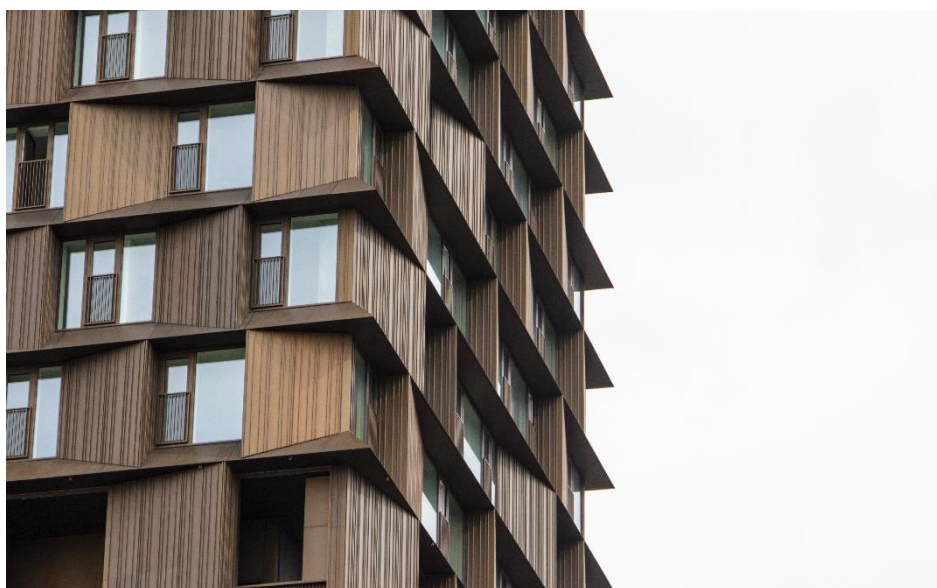
Værn foran vinduer og døre

Ved installation af værn foran vinduer og døre skal den naturlige ventilationsmængde justeres afhængigt af værnets type. Hvis der fx anvendes glasværn, skal ventilationsmængden korrigeres, eftersom det effektive åbningsareal bliver minimeret.

Eksempel A9

Terrassedør ved fransk altan

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



Figur A.9. Nordbro ungdomsboliger

A.6.3 Fastlæggelse af åbningsareal og gunstige vindforhold

Summen af de effektive åbningsarealer (A_{eff}), er det areal, som er begrænsende for luftmængden til den naturlige ventilation. Størrelsen af det samlede effektive åbningsareal afhænger af, hvorvidt arealet fastlægges for *det kritiske rum* eller for *boligen* som helhed, og om der antages ensidet ventilation eller tværventilation. Det effektive åbningsareal beregnes som følger:

Kritisk rum - Ensidet ventilation

Det effektive åbningsareal er givet ved summen af alle åbninger i den facade, der vender mod det fri [SBI-anvisning 213, 2018].

Kritisk rum - Tværventilation

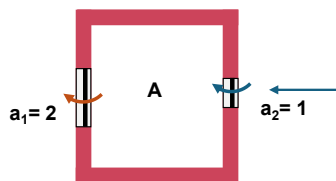
Det effektive åbningsareal er givet ved det **mindste** areal af de åbninger, som luftstrømmen skal passere igennem (dvs. vinduer og døre til det fri, men også indvendige døre). Beregningen foretages ud fra den mest gunstige vindretning, dvs. den retning, som giver den største udnyttelse af det samlede åbningsareal på tværs af bygningen [FAQ-svar om tværventilation, 5/9/2025]. Åbninger, som er placeret i samme facade eller befinder sig på samme vind- eller læside i forhold til strømningens retning, kan lægges sammen.

Eksempel A10

Rum med vinduer i to facader

I dette tilfælde vil den mest gunstige vindretning ikke have betydning, da det mindste åbningsareal uafhængig af luftstrømmens retning altid vil være det samme. Det vil sige, at her vil det effektive areal, som skal anvendes i beregningen være $a_2 = 1$.

Den gunstige vindretning er vinkelret på facaden.

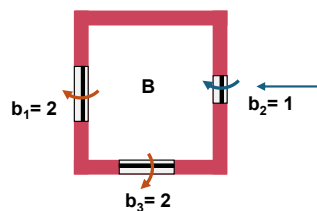


Eksempel A11

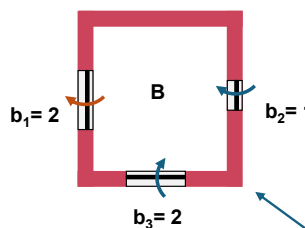
Rum med vinduer i flere facader end to

Her får den mest gunstige vindretning betydning, da det mindste åbningsareal i luftstrømmens retning vil være afgørende for luftmængden. Åbningsarealer i vindsiden kan summeres og åbningsarealer i læside kan summeres.

Ved en vindretning vinkelret på højre facade vil det mindste areal i strømningens retning være $b_2 = 1$. Dette er **ikke** den mest gunstige vindretning.



Hvis der antages en vindretning 45° på facaden, bliver åbningsarealet større. I dette tilfælde vil det mindste åbningsareal i strømningens retning være $b_1 = 2$, da $b_2 + b_3 = 3$ (b_2 og b_3 er begge på vindsiden og kan summeres).



Boligen samlet - Tværventilation

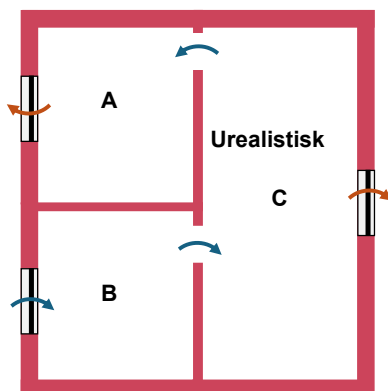
Den største sum af de effektive åbningsarealer for facaden eller facaderne ved den mest gunstige vindretning. Boligen samlet ved tværventilation angiver her- ved den **maksimale** mængde luft, der kan tilføres boligen ved udluftning. For denne luftmængde tages der ikke hensyn til, hvordan luften kan fordele sig inde i boligen.

Åbninger, som er placeret i samme facade eller befinder sig på samme vind- eller læside i forhold til strømningsretningen, kan lægges sammen. Ligeligt fordelte vinduer på vind- og læside vil give den mest effektive udluftning ved tværventilation.

Eksempel A12

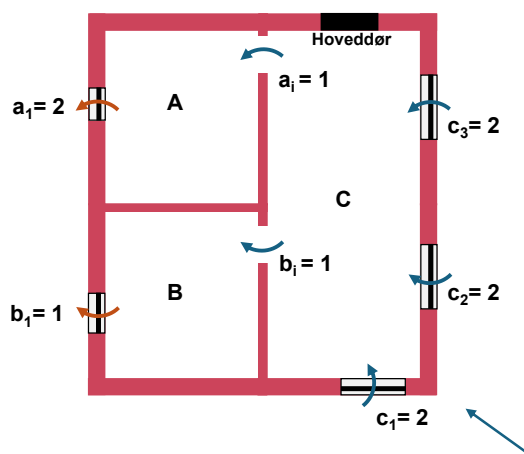
Strømningsmønstre for en samlet boligenhed

Det er ikke muligt at antage to modsatrettede strømningsmønstre i samme bolig eller rum. Luftstrømmen vil altid etablere én dominerende retning gennem boligen, styret af vindretning og trykforhold.



Ud fra princippet omkring vind- og læsiden kan **boligens** effektive åbningsareal beregnes som den største sum af de effektive åbningsarealer for den mest gunstige vindretning (uden hensynstagen til indvendige døre). OBS Alle arealer skal medregnes som effektive åbningsarealer (fx via korrektionsfaktor).

$$\frac{\text{Maks} \begin{cases} a_1 + b_1 \\ c_1 + c_2 + c_3 \\ a_1 + b_1 + c_1 \end{cases}}{BOLIG}$$



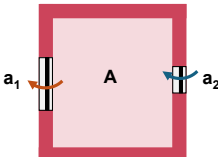
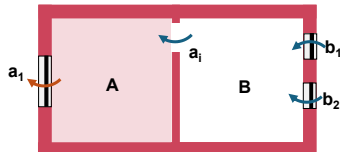
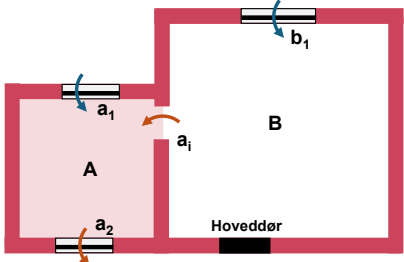
I dette tilfælde vil det være $c_1+c_2+c_3$, som giver det største effektive åbningsareal for den mest gunstige vindretning, og dermed skal summen af det effektive åbningsarealer for $c_1+c_2+c_3$ divideres med boligens bruttoareal.

Hvis åbningerne a_1 og b_1 i stedet var 2,5 ville summen af $a_1+b_1+c_1$ være det størst mulige effektive åbningsareal for den mest gunstige vindretning.

A.6.4 Scenarier for udluftning

Nedenstående scenarier viser, hvornår der kan regnes med enten ensidet eller tværv ventilation. Da et rum ikke kan have begge dele samtidig, anvendes for hvert kritisk rum den mest gunstige vindretning/det mest gunstige scenarie.

Tabel A.11. Eksempler på scenarier for hhv. ensidet og tværv ventilation for det kritiske rum (markeret med rød). Små bogstaver (fx a_1 , b_1) refererer til det effektive åbningsareal for det pågældende vindue. Store Bogstaver (fx A, B, C) refererer til bruttoarealet af rummet og BOLIG refererer til bruttoarealet af hele boligen (inkl. sekundære rum i boligen).

Scenarie	Effektivt åbningsareal i forhold til brutto gulvareal	
	Ensidet ventilation	Tværv ventilation
Kun åbninger med samme orientering i rummet såvel som hele boligen.	For rum: $\frac{a_1}{A}$ Hvis den fri åbningshøjde $\geq 1,5$ m kan der regnes med 1,8 L/s pr. m^2 hvis $a_1/3$	For rum: - For bolig: -
Et rum med åbninger i to facader 	For rum: -	For rum: $\frac{\min \begin{Bmatrix} a_1 \\ a_2 \end{Bmatrix}}{A}$ For bolig: -
Tværv ventilation gennem tilstødende rum 	For rum: $\frac{a_1}{A}$	For rum: $\frac{\min \begin{Bmatrix} a_1 \\ a_i \\ b_1 + b_2 \end{Bmatrix}}{A}$ For bolig: $\frac{\max \begin{Bmatrix} a_1 \\ b_1 + b_2 \end{Bmatrix}}{BOLIG}$
Tværv ventilation gennem tilstødende rum og i rum 	For rum: $\frac{a_1 + a_2}{A}$	For rum: Den største værdi af: $\frac{\min \begin{Bmatrix} a_1 \\ a_2 \end{Bmatrix}}{A} \quad \text{eller} \quad \frac{\min \begin{Bmatrix} a_2 \\ a_i + a_1 \\ b_1 + a_1 \end{Bmatrix}}{A}$ For bolig: $\frac{\max \begin{Bmatrix} a_1 + b_1 \\ a_2 \end{Bmatrix}}{BOLIG}$

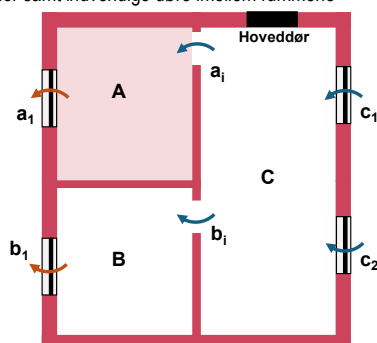
Scenarie

Effektivt åbningsareal i forhold til brutto gulvareal

Ensidet ventilation

Tværventilation

En bolig med 3 rum hvor åbningerne er placeret i forskellige facader samt indvendige døre imellem rummene



For rum:

$$\frac{a_1}{A}$$

For rum:

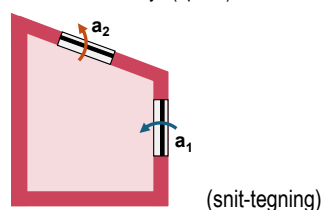
$$\frac{a_1}{a_i}$$

$$\min \left\{ \frac{\min \{a_1\} \cdot (c_1 + c_2)}{\min \{a_i + \min \{b_1\}\}} \right\}$$

For bolig:

$$\frac{\max \{a_1 + b_1\}}{BOLIG}$$

Tværventilation via ovenlys (opdrift).



For rum:

$$\frac{a_1 + a_2}{A}$$

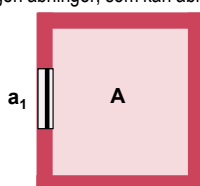
For rum:

$$\frac{\min \{a_1\}}{A}$$

For bolig:

-

Ingen åbninger, som kan åbnes til det fri.



Ikke muligt eftersom der ingen naturlig ventilation er.

Uden mulighed for udluftning gælder desuden et skærpet krav til antallet af timer med overtemperaturer.

Ensidet ventilation og en fri åbningshøjde $\geq 1,5$ m

Naturlig ventilation gennem vinduer afhænger i høj grad af den frie åbningshøjde. Beregninger på baggrund af SBI-anvisning 202 (2002) viser, at der ikke er væsentlig forskel på de luftmængder, man kan regne for høje åbninger ved ensidet ventilation og tværventilation.

For rum med ensidig ventilation kan sidehængte vinduer, med en fri åbningshøjde $\geq 1,5$ m. regnes med et øget naturligt luftskifte (tværventilation). Dog kan man i beregningerne ikke anvende det fulde effektive åbningsareal.

Derfor gælder følgende for høje åbninger og ensidet ventilation:

- Hvis den frie åbningshøjde (indvendig karmhøjde) $h_v \geq 1,5$ meter, kan der anvendes luftmængder beregnet som ved tværventilation, hvis vinduet er sidehængt (kun for den enkelte åbning)
- For sidehængte vinduer med en åbningshøjde $< 1,5$ meter beregnes ventilationsmængden efter principperne for ensidig ventilation.
- Hvis et rum har en kombination af begge vinduestyper, kan man udregne ventilationsmængden ud fra en vægtet beregning, hvor hvert vindues bidrag beregnes separat og derefter summeres.

I praksis betyder det, at vinduesarealet i beregninger divideres med tre:

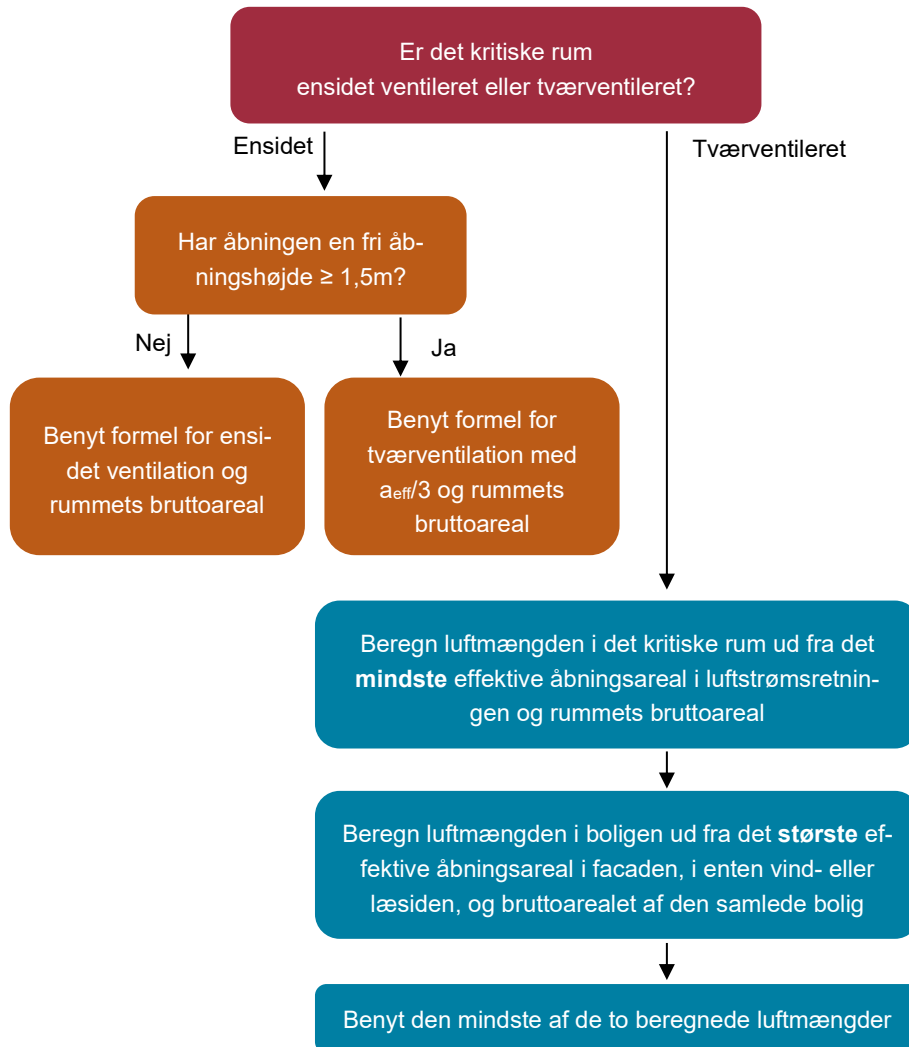
$$A_{hul}/3$$

For ensidet ventileret rum, der har åbninger med en fri åbningshøjde i karmen på $h_v \geq 1,5$ m, kan ventilationsmængden beregnes som:

$$q_{n, S_{ensidet, \text{åbningshøjde} \geq 1,5m}} = \left(\frac{A_{eff} [m^2] / \text{brutto gulvareal} [\%]}{1,5\%} \right) \times 1,8 L/s \text{ pr. } m^2$$

A.6.5 Udluftning af bolig – eksempler

Luftmængden for hvert kritisk rum kan fastlægges efter følgende procesdiagram:



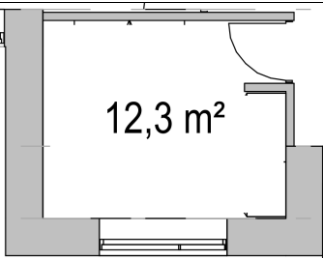
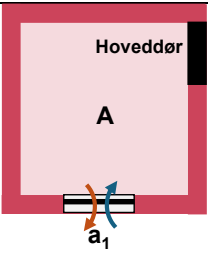
Figur A.10. Procesdiagram til beregning af dimensionerende luftmængder. Hvis det mest gunstige scenarie er at betragte et rum som ensidet ventileret, er dette altid en mulighed.

I nedenstående gennemgås eksempler for udluftning af rum ved naturlig ventilation, hhv. ensidet ventilation, tværvventilation gennem et tilstødende rum samt tværvventilation ved ovenlys.

Eksempel A13 Ensidet ventilation

En bolig har kun åbninger ud til en facade og regnes derfor med ensidet ventilation. Vinduet i værelset er tophængt.

Tabel A.12. Fastlæggelse af hvilket scenarie der kan regnes med. Værelset (og boligen) har kun facader ud til en orientering og regnes derfor ensidet ventileret.

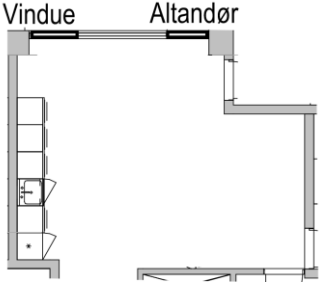
Bolig	Scenarie
 12,3 m²	 Hoveddør A a₁ $\frac{a_1}{A}$
Vinduet i boligen er tophængt.	

Tabel A.13. Fastlæggelse af den naturlige ventilationsmængde, som kan medregnes i den termiske evaluering. Det regnes med bruttoarealer.

Vinduer	Antal	Vindueshul for åbningsareal	Korrektions- faktor	Effektivt åbningsareal	A _{eff} /A	A _{eff} /A / 4%	Naturlig ventilation
		m ²		m ²	%	%	L/s pr. m ²
Værelse 12,3 m ²							1,38 · 0,9 = 1,2
Vindue a ₁ (1,3 x 1,3 m)	1	1,69	0,40	0,68	5,5	5,5 / 4 = 1,38	

Eksempel A14**Ensidet ventilation og en fri åbningshøjde over 1,5 meter**

Tabel A.14. Ensidet ventileret rum med høje åbninger.

Køkken alrum	Scenarie
	Rummet regnes ud fra følgende: Altandør (2,1 m høj x 0,9 m bred) $h_v > 1,5 \text{ m}$ = mulighed for mere ventilation gennem åbningen - Sidehængt Vindue = V_1 (1,3 m høj x 0,9 m bred) - Tophængt - Ensidet ventileret

Tabel A.15. Den naturlige ventilationsmængde. E = ensidet og T = Regnet med luftmængden svarende til tværventilation. Hvis altandøren skulle regnes ved formlerne for ensidet ventilation, ville luftmængde være som angivet med grå i tabellen.

Vinduer	Antal	Åbningsareal vindueshul m ²	Korrektions- faktor	Effektivt åbningsareal m ²	A_{eff}/A %	Naturlig ventilation L/s pr. m ²
Køkkenalrum 30 m ²						1,86
- V_1 (E)	1	1,17 (E)	0,40	0,47	1,6	0,35 (E)
- Altandør (T)	1	1,89/3 = 0,63 (T)	0,60	0,38	1,3	1,51 (T)
Alternativt:						
Altandør, ensidet (E)	1	1,89 (E)	0,6	1,13	3,8	0,85 (E)

Luftmængderne beregnes først individuelt for hvert vindue og samles derefter til én samlet mængde. For boligen udgør den samlede luftmængde 1,86 L/s pr. m². Uden tillæg for høj åbning ville den samlede luftmængde være 1,2 L/s pr. m².

Eksempel A15

Tværv ventilation gennem tilstødende rum

For denne bolig er der mulighed for tværv ventilation gennem de indvendige døre. Der regnes luftmængder ved udluftning for det kritiske værelse A.

Tabel A.16. Værelse A kan tværv ventileres via køkken/alrum. De største og mindste effektive åbningsarealer fastlægges til beregning af luftmængder. Det antages alle døre og vinduer er **sidehængte**.

Bolig	Fastlæggelse af effektive åbningsareal
	Vinduer og døre i den mest gunstige vindretning: For rum (mindste): $\min \left\{ \begin{array}{l} a_1 \\ a_i \\ \frac{\min \{a_1\} \cdot \min \{b_i\} \cdot (c_1 + c_2)}{\min \{a_i + \min \{b_i\}\}} \end{array} \right\} = a_1$ I dette tilfælde er a_1 det mindste effektive åbningsareal som luftstrømningen skal passere For bolig (største): $\max \left\{ \begin{array}{l} a_1 + b_1 \\ c_1 + c_2 \end{array} \right\}$ I dette tilfælde resulterer $c_1 + c_2$ i det størst mulige effektive åbningsareal.

Tabel A.17. Fastlæggelse af den naturlige ventilationsmængde, som kan medregnes i den termiske evaluering. Der regnes med bruttoarealer. A refererer til bruttoarealet af hhv. bolig eller rum.

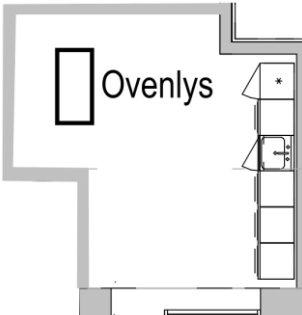
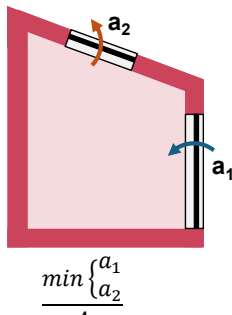
Vinduer	Antal	Vindueshul for åbningsareal	Korrektionsfaktor	Effektivt åbningsareal	A_{eff}/A	$A_{eff}/A / 1,5\%$	Naturlig ventilation
		m ²		m ²	%		L/s pr. m ²
Bolig samlet 65 m ² (Gunstig vindretning)				2,22	3,4	2,28	4,1
- c ₁	1	2,1	0,60	1,26			
- c ₂	1	1,6	0,60	0,96			
Værelse A 11 m ² (kritisk strømning)				0,72	6,5	4,4	6,0 (7,9)
- a ₁	1	1,2	0,6	0,72			

For værelset er den beregnede luftmængde over 6 L/s pr. m², hvorfor der anvendes 6 L/s pr. m². Den mindste beregnede luftmængde for hhv. bolig og værelse er boligen med **4,1 L/s pr. m²**. Det er derfor denne luftmængde, som anvendes i sommerkomfort.

Eksempel A16
Tværv ventilation via ovenlys

For denne bolig er der i køkken/alrummet åbninger ud til en facade samt ovenlys og derfor mulighed for tværv ventilation. Døren i facaden er sidehængt og ovenlys er med manuel vippefunktion.

Tabel A.18. Fastlæggelse af hvilket scenarie der kan regnes med. Køkken/alrum kan tværv ventileres via ovenlys og åbning i 1 facade. Derfor regnes et scenarie med tværv ventilation.

Køkkenalrum med ovenlys	Scenarie
	 $\frac{\min \{a_1, a_2\}}{A}$

Tabel A.19. Fastlæggelse af den naturlige ventilationsmængde, som kan medregnes i den termiske evaluering. Der regnes med bruttoarealer. Det **mindste** effektive åbningsareal af de to åbninger benyttes.

Vinduer	Antal	Vindueshul for åbningsareal	Korrektions- faktor	Effektivt åbningsareal	A_{eff}/A	$A_{eff}/A /$ 1,5%	Naturlig ventilation
		m ²		m ²	%	%	L/s pr. m ²
Køkkenalrum 25 m ²				0,66	2,6	1,76	3,17
- Dør a ₁ (2,1x1,0m)	1	2,10	0,60	(1,26)			
- Ovenlys a ₂ (0,67x1,4m)	1	0,94	0,70	0,66			

A.6.6 Solafskærmning

For vinduer og døre, der anvendes til udluftning, kan der ikke forudsættes anvendelse af indvendig eller udvendig solafskærmning. Derfor er det, med få undtagelser, kun solafskærmning på lukkede partier, som kan medregnes.

I få tilfælde kan afskærmningens effekt opretholdes samtidig med udluftning gennem vinduer, eksempelvis med et tophængt vindue mod syd med indbygget persienne eller ved brug af en markise, hvor luften frit kan passere.

Hvis der anvendes en fast udvendig afskærmning foran et vindue, som vil reducere det effektive åbningsareal, bør åbningsarealet korrigeres herefter. Dette kan eksempelvis være en udvendig skoddeløsning, der reducerer åbningsgraden og øger modstanden i åbningsarealet. Der kan ikke stilles krav til brugerne om efterfølgende etablering af udvendig afskærmning.

Den indvendige solafskærmning kan medregnes på de vinduespartier, der ikke anvendes til naturlig ventilation.

Tabel A.20. Solafskærmning. F_c = Afskærmningsfaktor.

Situation	Betingelser
Udvendig solafskærmning	Kan medregnes for vinduespartier, der ikke anvendes til naturlig ventilation. Ved fast udvendig solafskærmning (som skodder eller lameller) skal åbningsarealet til naturlig ventilation korrigeres F_c = se appendiks F
Solafskærmning mellem glas	Kan medregnes fuldt F_c = se appendiks F
Indvendig solafskærmning	Kan medregnes for vinduespartier, der ikke anvendes til naturlig ventilation F_c = 0,8 for gardin bagved med en almindelig klar 3-lagsrude. Indvendige gardiner kan kun indgå i beregningen, hvis de er installeret inden ibrugtagning.



Figur A.11. Solafskærmning med markise. Fotokredit: Ai

A.6.7 Støj udefra

Støjforurening fra trafik er af Verdenssundhedsorganisationen [WHO 2019] identificeret som en væsentlig kilde til sundhedsproblemer. For at optimere både sundhed og komfort bør der tages højde for såvel støj som termiske forhold. Er der i beboelsen fundet problemer med at overholde krav til støj på facaderne ved akustiske beregninger skal indeklima og akustik løses i samspil. I branchevejledningen er der fastlagt en differentieret tilgang, der justeres efter tidspunktet på dagen og beboernes følsomhed over for støj.

Tabel A.21. Differentieret tilgang for termisk indeklima og akustik for støjbelastede boliger.²

	Tidspunkt på dagen	Åbningsareal
	Kl. 07-19	Fuldt åbningsareal for alle vinduer.
	Kl. 19-07	0,35 m ² [Miljøstyrelsen nr. 4, 2007]

Om natten, hvor beboere typisk er mest følsomme over for støj, er det afgørende, at det termiske indeklima opretholdes inden for de geometriske åbningsarealer fastsat af akustiske krav (ofte 0,35 m² i åbningsareal, hvilket resulterer i fx russervinduer eller lydlemme). Dette sikrer, at beboernes søvnkvalitet ikke forstyrres af ekstern støj.

I dagtimerne maskeres trafikstøjen i højere grad af andre lydkilder i boligen, såsom samtaler, tv, emhætte eller madlavning, hvorfor det fulde åbningsareal kan anvendes til udluftning for alle vinduer.

Når åbningsarealet ud til støjbelastede facader øges ud over de 0,35 m², for at regulere indeklimaet, betyder det samtidig, at mere trafikstøj trænger ind i boligen. Det indendørs støjniveau hænger tæt sammen med både åbningsarealet og rummets volumen. Generelt gælder, at jo større åbningsareal og jo mindre rumvolumen, desto højere bliver støjniveauet, som opleves inde i boligen.

Det er nødvendigt at anvende dynamiske simuleringsprogrammer til dokumentation, eftersom Sommerkomfort ikke kan ændre set-punktet for den naturlige ventilation dag og nat.

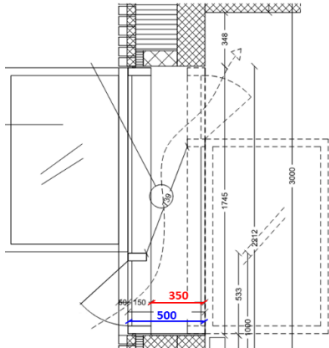
I det følgende præsenteres eksempler på, hvordan man kan beregne den reducerede luftmængde gennem et lydreducerende vindue, samt hvilken betydning forskellige åbningsarealer har for støjniveauet inde i en bolig.

² Den differentierede tilgang opfylder ikke fuldt ud Miljøstyrelsens vejledning [Miljøstyrelsens Referencelaboratorium for Støjmålinger, Orientering 46, 2015]. Imidlertid giver BVI's metode en mulighed for at håndtere både termiske og akustiske krav i praksis. Flere kommuner vælger også i deres lokalplaner at fravige Miljøstyrelsens krav.

Eksempel A17

Luftmængde igennem lydreducerende vindue

Tabel A.22. Luftmængde gennem et lydreducerende vindue.

Lydreducerende vindue	Scenarie
	Der regnes for et køkkenalrum med mulighed for naturlig ventilation. Begge vinduer er i en støjbelastet facade: - Russervindue, top og bundhængt, 0,35 m² åbningsareal - Vindue 1 (almindeligt vindue), sidehængt, 1,3 x 1m Rummet er ensidet ventileret

Tabel A.23. Den naturlige ventilationsmængde, der kan anvendes om natten.

Vinduer	Antal	Vindueshul for åbningsareal	Korrektions- faktor	Effektivt åbningsareal	A_{eff}/A_{rum}	Naturlig ventilation
		m ²		m ²	%	L/s pr. m ²
Køkken-alrum 25 m ²						0,83
- Russervindue	1	0,35	0,40	0,14	0,56	0,13
- Vindue 1	1	1,30	0,60	0,78	3,12	0,70

Til udluftning kan der i dagtimerne anvendes 0,83 L/s pr. m². Om natten er det dog kun Russervinduets åbningsareal, der kan indgå i beregningen på grund af støj. Derfor vil luftmængden til de termiske beregninger om natten være reduceret til 0,13 L/s pr. m²

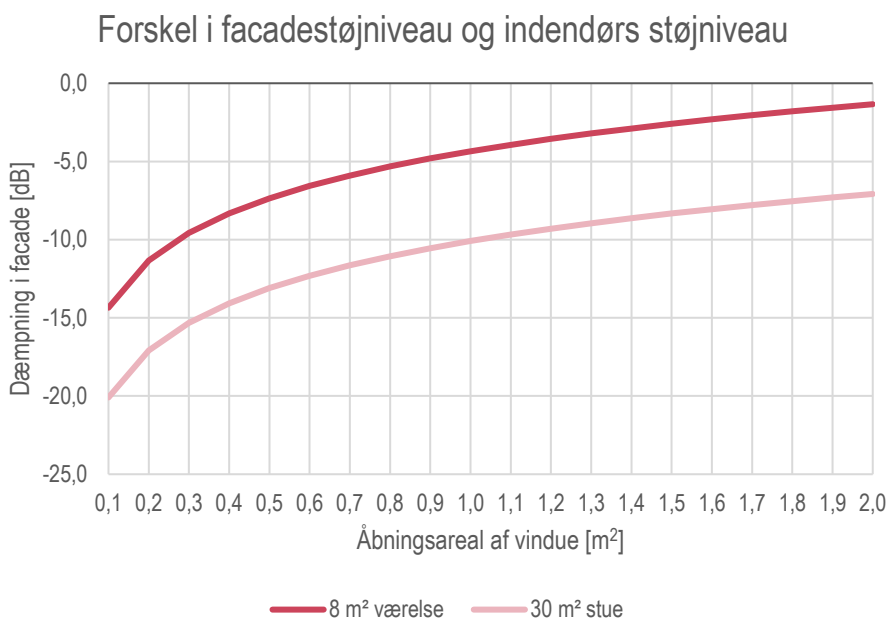
Eksempel A18

Vinduesåbningens betydning for indendørs støjniveau

Når vinduer i en bolig åbnes mere end de 0,35 m² (Miljøstyrelsen nr. 4, 2007) for at regulere det termiske indeklima, medfører det, at der trænger mere støj ind i boligen. Det indendørs støjniveau afhænger især af åbningens størrelse og rummets volumen – jo større åbning og jo mindre rum, desto højere bliver støjniveauet.

I dette eksempel er der udarbejdet en graf, der visualiserer konsekvenserne for det akustiske indeklima, ved at anvende større åbningsarealer end Miljøstyrelsens retningslinjer tillader. På den måde kan bygherren tydeligt oplyses om de akustiske konsekvenser ved valg af udluftningsstrategi.

I figuren nedenfor er vist to kurver: den ene for et lille værelse på ca. 8 m² (mørkerød), den anden for en stue på 30 m² (lys rød). Kurverne illustrerer forskellen mellem det udendørs facadestøjniveau og det indendørs støjniveau ved forskellige åbningsarealer. Beregningen forudsætter, at vinduesåbningen er fuldt eksponeret mod trafikstøjen og ikke afskærmes af fx en gående vinduesramme.



Eksempel: En stue med et åbningsareal på 1 m² vil have et indendørs støjniveau, der er ca. 10 dB lavere end facadestøjen. Hvis facadestøjniveauet er $L_{den} = 63$ dB, vil niveauet i stuen derfor være ca. 53 dB(A).

A.7 Reelle forudsætninger

Hvis formålet er at vurdere det reelle indeklima i en bolig og ikke dokumentere bygningsreglementet krav, kan der i supplerende dynamiske indeklimasimuleringer anvendes følgende forudsætninger. Set-punkter for den manuelle styring af naturlig ventilation og solafskærmning bør ikke forudsættes lavere end nedenstående.

Tabel A.24. Forudsætninger til reelle indeklimateberinger

Forudsætninger	
Setpunkt for naturlig ventilation	Naturlig ventilation aktiveres med fuld luftmængde ved $T_{op} = 24^{\circ}\text{C}$
Brugstid for naturlig ventilation	Når personer er hjemme, kan vinduerne åbnes. Vinduer kan regnes som reduceret åbne når personer ikke er hjemme, hvis de kan indbrudssikres. Kl. 08.00-24.00 anvendes luftmængden <i>Sommer, dag</i> . Kl. 00.00-08.00 anvendes luftmængden <i>nat</i> . Hvis der er automatisk styring på vinduer eller friskluftventiler kan det antages, at vinduer kan åbne når der ikke er personer hjemme.
Interne belastninger	Efter brugsprofiler så som profiler præsenteret i appendiks for: - Familiebolig, ældrebolig, plejebolig og kollegieværelse.
Udstyrsbelastning	Fastlægges ud fra om det er køkken/alrum, stue eller soverum. Se værdier i appendiks.
Solafskærmning	Solafskærmningen aktiveres ud fra et af disse alternativer: - 60.000 lux på facaden. - Direkte solindstråling udvendigt på facaden på 500 W/m ² .
Evalueret af timer	Evalueres hele året i de timer hvor personer er hjemme.

Tabel A.25. Tør varmeafgivelse fra personer under de forhold (fx temperatur, fugtighed, luftfartigheder), som normalt forekommer i en bolig. I brugsprofilerne er der taget højde for 80 W/person om natten.

Varmaefgivelse, personer	Effekt
Personer, dagtimer	100 W/person
Personer, nat	80 W/person

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

A.7.1 Brugsprofiler

I dette afsnit gives forslag til brugsprofiler og samtidighedsfaktorer, som kan anvendes til at simulere det forventede indeklima i en bolig. Brugsprofiler beskriver, hvornår og hvor meget et rum anvendes, og disse antagelser har stor betydning for det simulerede indeklima.

Boliger regnes i brug hele året, men brugsprofilerne varierer afhængigt af om det er weekend eller hverdag.

Medmindre andet er kendt, kan nedenstående forudsætninger for brugsprofiler og interne belastninger anvendes ved indeklimatevurderinger for:

- Familiebolig
- Kollegieværelse med eller uden køkken
- Ældrebolig
- Plejebolig

For at tage højde for varierende brugeradfærd, vil der være overlap i belastningsprofiler for fælles ophold og værelser. Herudover skal man være opmærksom på, at der er stor forskel på en ældrebolig og en plejebolig.

- Ældreboligen er en selvstændig bolig, der er målrettet ældre. Den adskiller sig fra plejeboligen ved, at der ikke er tilknyttet plejepersonale til ældreboligen. Beboerne har dog mulighed for at modtage hjemmepleje. Beboerne kan derfor selv regulere sit indeklima.
- Plejeboligen er derimod et botilbud, der er tiltænkt personer, som grundet varigt nedsat fysisk eller psykisk funktionsevne har brug for omfattende hjælp til almindelige dagligdags funktioner, pleje, eller behandling.

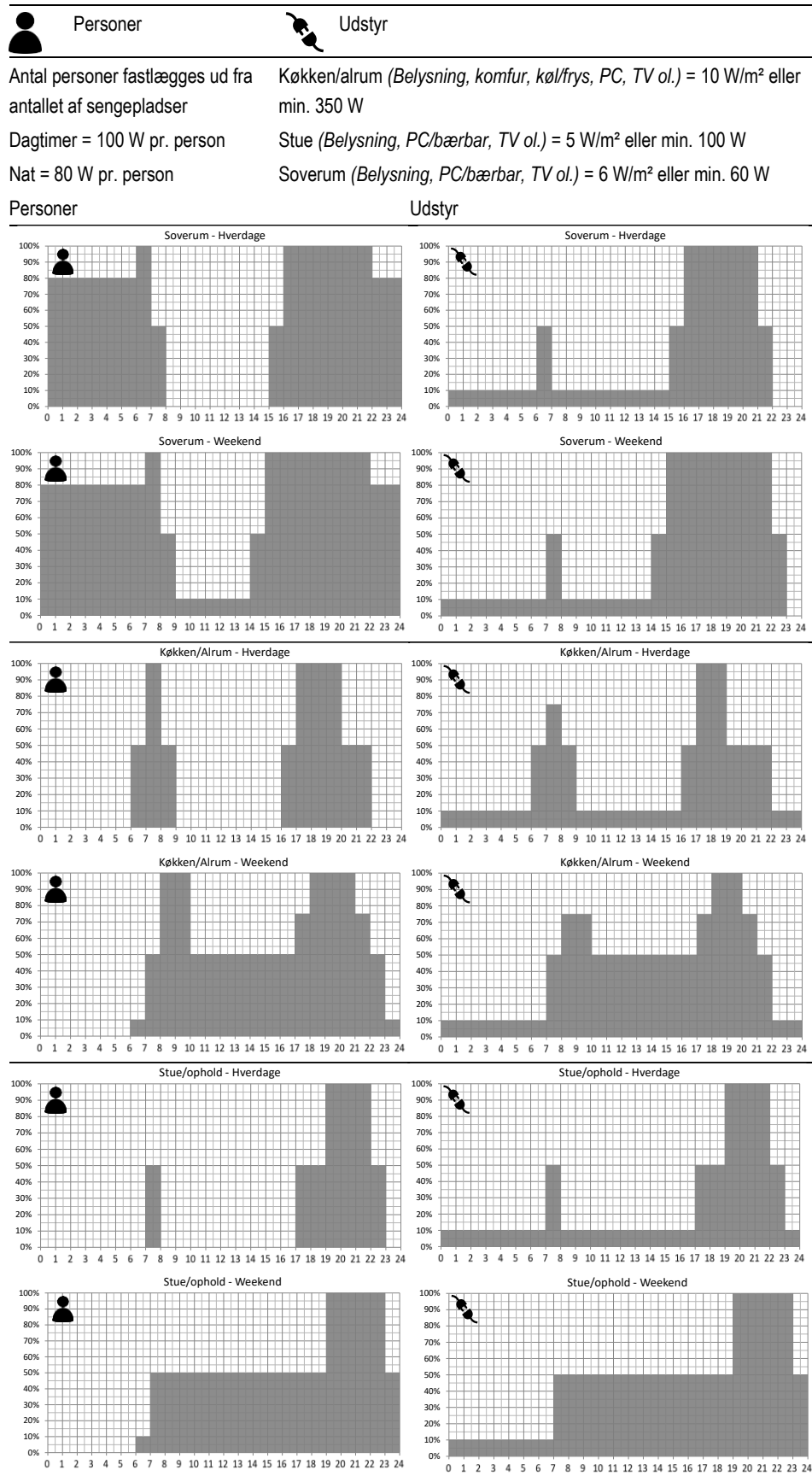
De interne belastning kan sættes til følgende:

Tabel A.26. Interne belastninger fra udstyr og belysning.

Interne belastninger	Effekt
Køkken/alrum eller kollegieværelse med køkken og værelse i et rum (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
Soverum eller kollegieværelse uden køkken (Belysning, PC/bærbar, TV ol.)	6 W/m ² eller min. 60 W



Figur A.12. Person i soverum.

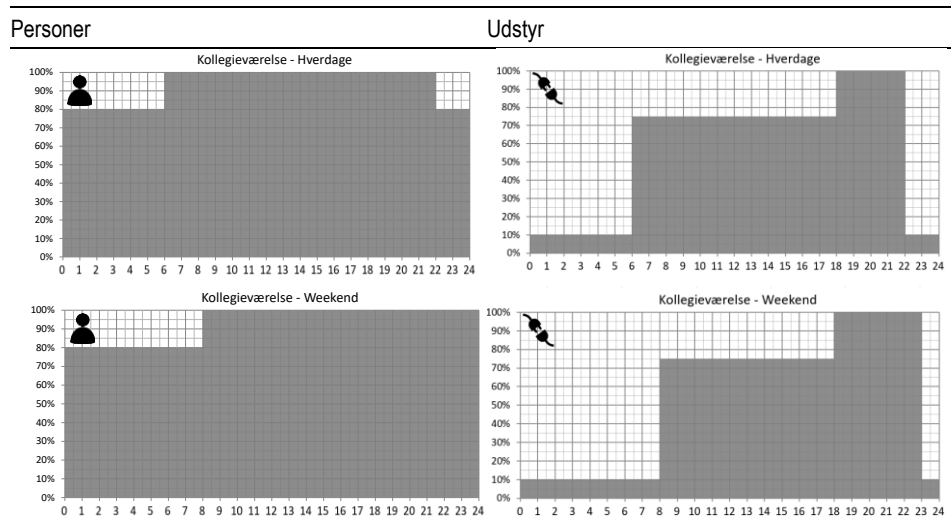


Kollegieværelse

For udstyrsbelastningen (W/m^2) skelnes der mellem ét kollegieværelse med eget køkken og ét kollegieværelse, hvor der deles fælleskøkken. Denne opdeling laves ikke for personer, da brugen af et fælleskøkken er meget individuelt. For personer i kollegier antages det, at de er tilstede i boligen i 100% af tiden, da en stor del af sommeren ofte består af læseferie eller sommerferie.

Tabel A.28. Forudsætninger for dimensionerende belastninger i kollegieværelse.

 Personer	 Udstyr
Antal personer fastlægges ud fra antal-Kollegieværelse med køkken/alrum (Belysning, komfur, køl/frys, PC, let af sengepladser	$\text{TV ol.} = 10 \text{ W/m}^2$ eller min.
Dagtimer = 100 W pr. person	Kollegieværelse uden køkken (Belysning, PC/bærbar, TV ol.)
Nat = 80 W pr. person	$= 6 \text{ W/m}^2$ eller min. 60 W



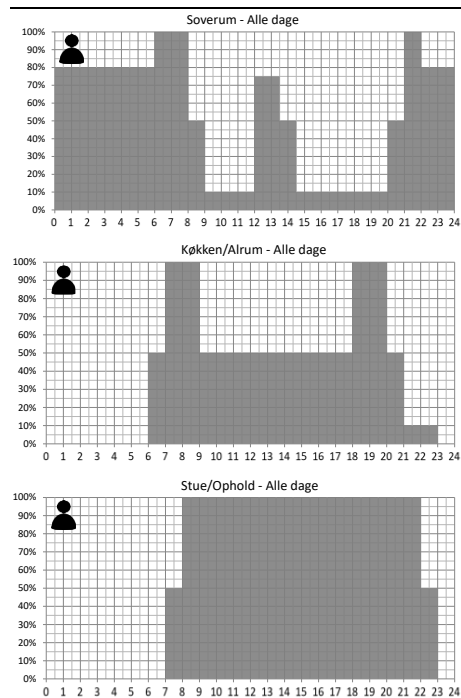
Ældrebolig

For en ældrebolig kan der anvendes følgende brugsprofiler:

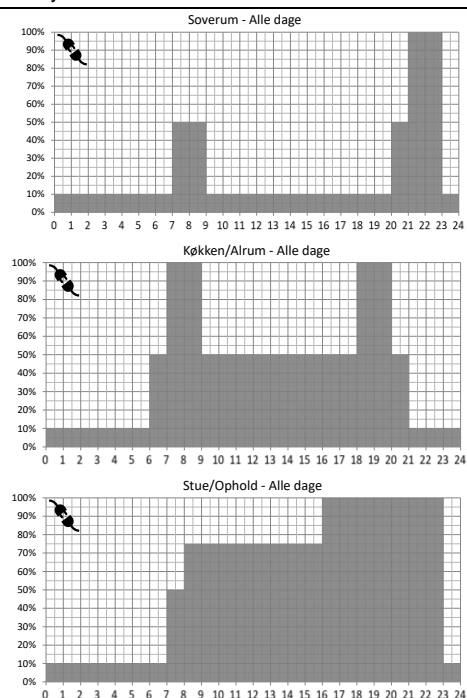
Tabel A.29. Forudsætninger for dimensionerende belastninger i ældrebolig.

Personer	Udstyr
Antal personer fastlægges ud fra an-Køkken/alrum (Belysning, komfur, køl/frys, PC, TV ol.) = 10 W/m ² eller tallet af sengepladser min. 350 W	
Dagtimer = 100 W pr. person	Stue (Belysning, PC/bærbar, TV ol.) = 5 W/m ² eller min. 100 W
Nat = 80 W pr. person	Soverum (Belysning, PC/bærbar, TV ol.) = 6 W/m ² eller min. 60 W

Personer



Udstyr

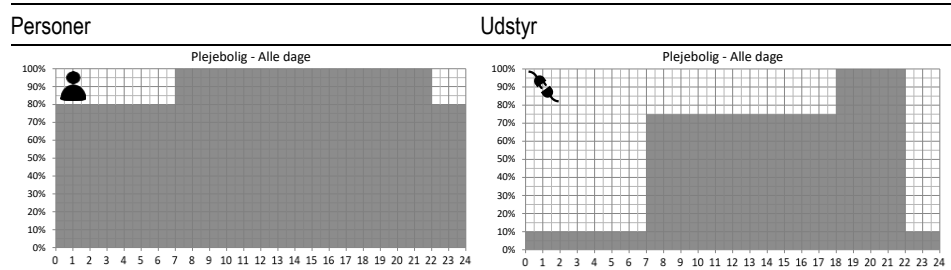


Plejebolig

Plejebolig, eller et værelse på et plejehjem, kan regnes med følgende brugsprofil. For udstyrsbelastningen (W/m^2) skelnes der mellem en plejebolig med køkken/alrum og en plejebolig uden.

Tabel A.30. Forudsætninger for dimensionerende belastninger i plejebolig.

 Personer	 Udstyr
Antal personer fastlægges ud fra antallet af sengepladser	Køkken/alrum (<i>Belysning, komfur, køl/frys, PC, TV ol.</i>) = 10 W/m^2 eller min. 350 W
Dagtimer = 100 W pr. person	Soverum (<i>Belysning, PC/bærbar, TV ol.</i>) = 6 W/m^2 eller min. 60 W
Nat = 80 W pr. person	



A.8 Træk

For at sikre et behageligt indeklima er der fokus på at dokumentere risikoen for træk fra mekanisk ventilation, da denne ikke kan justeres af brugeren. Naturlig ventilation kræver derimod ikke dokumentation, da beboerne kan placere sig, så ubehag undgås.

Trækkkravet er specificeret til at være opfyldt i 94% af brugstiden [DS 447, 2021]. Dette tillader, at trækgrænsen overskrides i op til 6% af tiden, hvoraf 2% er forbeholdt forceret ventilation som emhætter. De resterende 4% tolkes ud fra vejrd-data fra nyeste DRY 2013, hvor fraktilen svarer til en udetemperatur på $-4,8^{\circ}\text{C}$. Derfor vurderes trækkkravet ved denne udetemperatur.

Ved decentrale ventilationsanlæg er der særlig risiko for træk ved udetemperaturer under frysepunktet, især hvis der ikke er installeret en ventilationsvarme-flade. Under frostforhold kan varmegenvinderen midlertidigt deaktiveres, hvilket medfører, at kold udeluft blæses ind uden opvarmning, og dette kan opleves som træk.

Træk skal ikke beregnes ud fra den forcerede luftmængde ved drift af emhætten, men derimod i en basis-situation med udgangspunkt i den maksimale udsugning fra toilet og badeværelse og indblæsning ved emhætte og opholdsrum.

Tabel A.31. Træk dokumenteres ved følgende luftmængder.

Rum i bolig	Luftmængder
Værelse	Aktuel indblæsningsmængde
Stue i et lukket rum	Aktuel indblæsningsmængde
Køkken/alrum og stue i åben forbindelse	Den største luftmængde af følgende: - $0,3 \text{ l/s pr. m}^2$ (minimumskravet) - Basisluftskiftet (samlet ventilationsmængde for hele boligen divideret med boligens bruttoareal. Bad/toilet skal regnes med maksimal udsugningsmængde. - Evt. aktuel indblæsningsmængde i rummet

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

Det antages, at ventilationen sker via fuld opblanding for boliger og træk dokumenteres for de rum, hvor der er indblæsningsarmaturer.

Eksempel A19

Bolig med decentralt ventilationsanlæg

Data for bolig og ventilation:

- Ventilationsanlæg med en varmegenvinding på 85%. Der er ingen varmefflade
- Basisventilation i boligen er 0,38 L/s pr. m², hvor udsugning fra badeværelse er 15 L/s
- Soverum med en indblæsning på 10 L/s (2 personer med 5 l/s pr. person)
- Køkken/alrum og stue er i åben forbindelse og har en indblæsningsmængde på 0,3 L/s pr. m²

Beregningsmetode for indblæsningstemperatur. Indblæsningstemperaturen, hvor træk skal dokumenteres, kan beregnes med formelen for temperaturvirkningsgraden i henhold til DS 447 (2021) og er givet ved:

$$T_{ind} = \eta \cdot (T_{rum} - T_{ude}) + (T_{ude})$$

- T_{ind} = Indblæsningstemperaturen efter varmegenvinder
- η = varmegenvindingsgraden for anlægget
- T_{rum} = Rumtemperaturen (22°C)
- T_{ude} = Udetemperaturen

$$T_{ind} = 85\% \cdot (22\text{ °C} - (-4,8\text{ °C})) + (-4,8\text{ °C}) = 18,0\text{ °C}$$

Træk for denne bolig skal dokumenteres ved:

Tabel A.32. Input parametre til dokumentation af træk

Rum	Situation
Soverum	Rumtemperatur på 22°C
	Indblæsningstemperatur på 18°C
	Indblæsningsmængde på 10 L/s
Stuen	Rumtemperatur på 22°C
	Indblæsningstemperatur på 18°C
	Indblæsningsmængde på 0,38 L/s pr. m ²

A.8.1 Lufthastighed og trækrisiko

I Tabel A.33 kan den tilhørende lufthastighed aflæses for forskellige værdier af lufttemperatur og trækrisiko for opblandingsventilation. I Tabel A.34 kan trækrisikoen aflæses ved forskellige lufttemperaturer og lufthastigheder. Begge tabeller er baseret på en turbulensintensitet på 40% og opblandingsventilation.

Tabel A.33. Sammenhørende værdier for temperaturer og lufthastigheder ved forskellige værdier af trækrisiko rates. Tallene er gældende ved en turbulensintensitet på 40%.

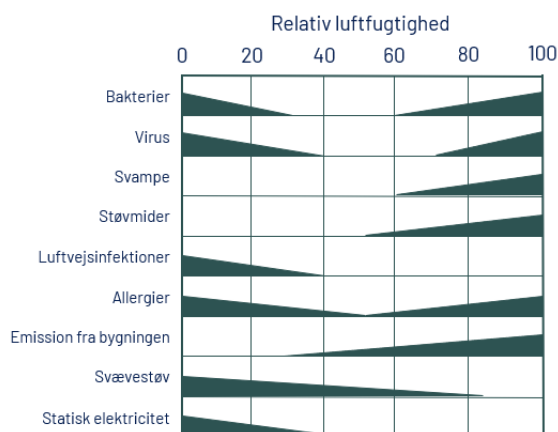
Lufttemperatur	Trækrisiko				
	10%	15%	20%	25%	30%
20°C	0,10 m/s	0,13 m/s	0,16 m/s	0,19 m/s	0,22 m/s
21°C	0,10 m/s	0,14 m/s	0,17 m/s	0,20 m/s	0,23 m/s
22°C	0,11 m/s	0,15 m/s	0,18 m/s	0,22 m/s	0,25 m/s
23°C	0,12 m/s	0,16 m/s	0,20 m/s	0,23 m/s	0,27 m/s
24°C	0,13 m/s	0,17 m/s	0,21 m/s	0,25 m/s	0,29 m/s
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 A.34. Trækrisiko ved forskellige værdier for temperaturer og lufthastigheder. Tallene er gældende ved en turbulensintensitet 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%

A.9 Relativ fugtighed

Krav til relativ fugtighed er med i denne branchevejledning, fordi det er en parameter, der har indflydelse på indeklimaet i en bolig. For høj eller for lav relativ fugtighed er kritisk ift. flere faktorer, som kan påvirke mennesker fx via. luftvejene. Den relative luftfugtigheds indflydelse kan ses af nedenstående graf:



Figur A.13. Relativ luftfugtigheds indflydelse på indeklimaet, [ENØK i bygninger, 2007]

På baggrund af anbefalinger i ENØK i bygninger (2007), SBi-anvisning 277 (2023) og DS/EN 16798-1 DK NA (2019) er kravet fastlagt til, at den relative fugtighed i boliger bør ligge inden for intervallet 20–70 % RH.

For at dokumentere den relative fugtighed i boliger, kan der anvendes én af følgende metoder.

- Tabelopslag
- Dynamisk simulering

Kravet til relativ fugtighed skal dokumenteres i 95% af brugstiden for vintermånederne.

A.9.1 Tabelopslag

I Tabel A.35 er der angivet den andel af brugstiden, hvor krav til relativ fugtighed overholdes ved en given luftmængde, afhængigt af om der er entalpiveksler eller ej. En entalpiveksler kan overføre fugten mellem udsugnings- og indblæsningsluft hvormed det relative fugtniveau i rummet holdes ensartet. Kravet er oplyst for de tre indeklimaklasser. Der kan interpoleres mellem værdierne. Hvis kravet ikke kan overholdes i 95% af brugstiden, skal der udføres afhjælpende tiltag.

Tabellen beror på en fugtafgivelse for personer på 56 g/timen beregnet på baggrund af 1,2 MET, overfladeareal af personer på 1,7 m², fordampningsvarme på 2420 kJ/kg ved 34 °C (ca. gennemsnitlig hudtemperatur for en person i hvile) samt det totale varmetab fra personer defineret i DS/CEN/TR 16798-2 (2019).

Tabel A.35. Sammenhæng mellem relativ fugtighed og luftmængde. Røde værdier overholder ikke indeklima-krav. De grønne værdier overholder. Værdierne er baseret på dynamiske beregninger for et typisk soveværelse. Der er anvendt 56 g/time i fugtafgivelse og kun evalueret for vintermånederne.

	Uden entalpiveksler		Med entalpiveksler	
	RH $\geq$ 20%	RH $\geq$ 25%	RH $\geq$ 20%	RH $\geq$ 25%
Udeluftstilførsel	Standard og Renovering	Skærpet	Standard og Renovering	Skærpet
3,2 l/s pr. person	100%	99,6%	100%	100%
4,1 l/s pr. person	100%	97,4%	100%	100%
5,0 l/s pr. person	100%	93,4%	100%	100%
7,0 l/s pr. person	99,5%	88,4%	100%	100%
10,0 l/s pr. person	94,0%	79,1%	100%	100%

Ovenstående tabel kan anvendes som dokumentation for, at et projekt overholder krav til relativ fugtighed.

A.9.2 Dynamiske simuleringer

Relativ luftfugtighed kan dokumenteres via bygningssimuleringer, hvis værktøjet medregner fugtbelastninger i rummet og fugtgenvinding gennem ventilation.

Fugtbelastningen kan fastsættes til 56 g/time ved 1,2 met [Beregnet ud fra tabel C.7 i DS/EN 16798-2 2019] og for en person med et overfladeareal på 1,7 m² eller beregnes i henhold til DS/CEN/TR 16798-2 (2019). Simuleringerne bør tage udgangspunkt i kritiske rum, defineret ud fra høje fugtbelastninger (fx personer) og rummets minimumsluftmængder, især i værelser og opholdsrum.

Hvis fugtoptagelse gennem bygningens konstruktioner medregnes i simuleringerne, er det vigtigt, at disse simuleringer er stabiliseret, da de kan være følsomme over for startbetingelser. Stabilisering opnås typisk ved at køre simuleringerne i mindst tre år og anvende data fra det sidste år, svarende til stabiliseringsåret 2010.

A.10 Kritisk overfladetemperatur

Den kritiske overfladetemperatur har til formål at forebygge problemer med fugt og skimmel, som kan opstå ved lave temperaturer på indvendige overflader, der ofte skyldes utilstrækkeligt isolerede konstruktioner eller kuldebroer. I værste tilfælde vil kondens og skimmel bidrage til negative sundhedspåvirkninger. Metoden baseres på, at den kritiske overfladetemperatur ikke må underskrides på de mest udsatte (koldeste) overflader i et rum.

A.10.1 Fugtbelastningsklasser

Ved høje fugtniveauer i indeklimaet, kan der opstå risiko for skimmel og kondens på klimaskærmens indvendige overflader. Dette skyldes, at temperaturen på overfladen typisk er lavere end indetemperaturen. Derved sker der en lokal forøgelse af den relative luftfugtighed, som i værste fald kan skabe gunstige forhold for skimmelvækst og/eller kondensdannelse. Den kritiske overfladetemperatur afhænger derfor af fugtniveauet i et rum – altså hvor stor fugtbelastning det udsættes for.

Fugtbelastningsklasserne (1-5) er defineret i SBI-277 (2023):

- Fugtbelastningsklasse 2 benyttes for kontorer, forretninger, boliger med normal beboelsestæthed og ventilation, der opfylder bygningsreglementets krav om luftsifte.
- Fugtbelastningsklasse 3 benyttes for boliger med ukendt beboelsestæthed (boliger uden mekanisk ventilation og mere end 2 personer pr. beboelsesrum).

A.10.2 Randbetingelser for den kritiske overfladetemperatur

Den kritiske overfladetemperatur afhænger af fugtforholdene i indeklimaet (se A.10.1) og temperaturforholdene inde og ude. Den regnes enten ud fra kondensrisikoen (kritisk fugtniveau på 100% RF ved overfladen, tilsvarende dugpunkttemperaturen) eller skimmelrisikoen (kritisk fugtniveau på 75% RF ved overfladen). Det anbefales at tage udgangspunkt i den kritiske grænse for skimmelvækst, svarende til 75% RF.

De kritiske overfladetemperaturer kan vurderes iht. DS/EN ISO 13788 (2013), enten ud fra det mest kritiske tilfælde, som typisk forekommer i december (vintersituation), eller for hele året på baggrund af månedsmiddelværdier.

De kritiske overfladetemperaturer for december, der er angivet i kravspecifikationen for termisk indeklima, afhængig af fugtbelastningsklasse. Disse er beregnet ud fra DRY 2013 vejrdata med en udetemperatur på 0,7 °C (december). Indetemperaturen er sat til 20°C og den kritiske relative luftfugtighed på overfladen sat til 75%.

Betragtningen henover hele året ud fra månedsmiddelværdier kan regnes som vist i Afsnit 5.6.6 i SBI-277 (2023).

A.10.3 Beregninger af den indvendige overfladetemperatur

Vurderingen af, hvorvidt den kritiske overfladetemperatur underskrides på overfladerne i et rum, foretages ved hjælp af enten stationære håndberegninger eller dynamiske Finite Element/Difference (FEM-/FDM-) simuleringer. Disse bruges til at dokumentere de aktuelle overfladetemperaturer.

Her er det væsentligt, at randbetingelserne angivet i SBI-277 (2023) benyttes til at bestemme den kritiske overfladetemperatur, for efterfølgende at kunne sammenholde den indvendige overfladetemperatur med denne, fx 0,7°C for temperatur for december.

Stationære beregninger

Stationære beregninger kan bruges til at beregne overfladetemperaturen på en homogen konstruktion, eksempelvis for at påvise tilstrækkelige isoleringsmængder (dette vil hovedsageligt være relevant i et renoveringsscenarie).

Eksempel A20

Stationær beregning af kritisk overfladetemperatur

En vægkonstruktion har en U-værdi på 1,0 W/m²K. Det er en bolig i fugtbelastningsklasse 3, hvorved den kritiske overfladetemperatur i december er 16,2°C (se kravspecifikationerne for Termisk indeklima). Dette er bestemt ud fra en indetemperatur på 20°C og en udetemperatur på 0,7°C (se A.10.2).

Den indvendige overfladetemperatur på væggen beregnes ud fra følgende metode:

Varmestrømmen igennem vægkonstruktionen kan regnes ud fra Fouriers lov. Idet varmemstrømmen er konstant igennem væggen, vil varmemstrømmen hen over den indvendige overflade være lig varmemstrømmen igennem hele konstruktionen.

$$\Phi = U \cdot A_{væg} \cdot (T_i - T_{ude}) = \frac{1}{R_{si}} \cdot A_{væg} \cdot (T_i - T_{io})$$

Hvor

- Φ er varmemstrømmen [W]
- U er væggenes U-værdi [W/m²K]
- $A_{væg}$ er væggenes overfladeareal [m²]
- T_i er indetemperaturen i rummet [°C]
- T_{ude} er udetemperaturen [°C]
- R_{si} er den indvendige overgangsisolans jf. DS 418 [m²K/W]
- T_{io} er den indvendige overfladetemperatur [°C]

Der isoleres for den indvendige overfladetemperatur:

$$T_{io} = T_i - R_i \cdot U \cdot (T_i - T_u)$$

$$T_{io} = 20 - 0,13 \cdot 1,0 \cdot (20 - 0,7) = 17,5^\circ\text{C}$$

Idet den indvendige overfladetemperatur på 17,5°C ikke underskrider den kritiske overfladetemperatur på 16,2°C, vil der for denne konstruktion ikke være problemer med skimmelvækst.

Dynamiske beregninger/simuleringer

Der kan med fordel udarbejdes 2D Finite Element/Difference (FEM-/FDM-) simuleringer/beregninger på inhomogene konstruktioner/konstruktioner med kuldebroer. Herved kan temperaturen på de indvendige overflader bestemmes.

Værktøjer kunne omfatte HEAT2, COMSOL, BSim, mm.

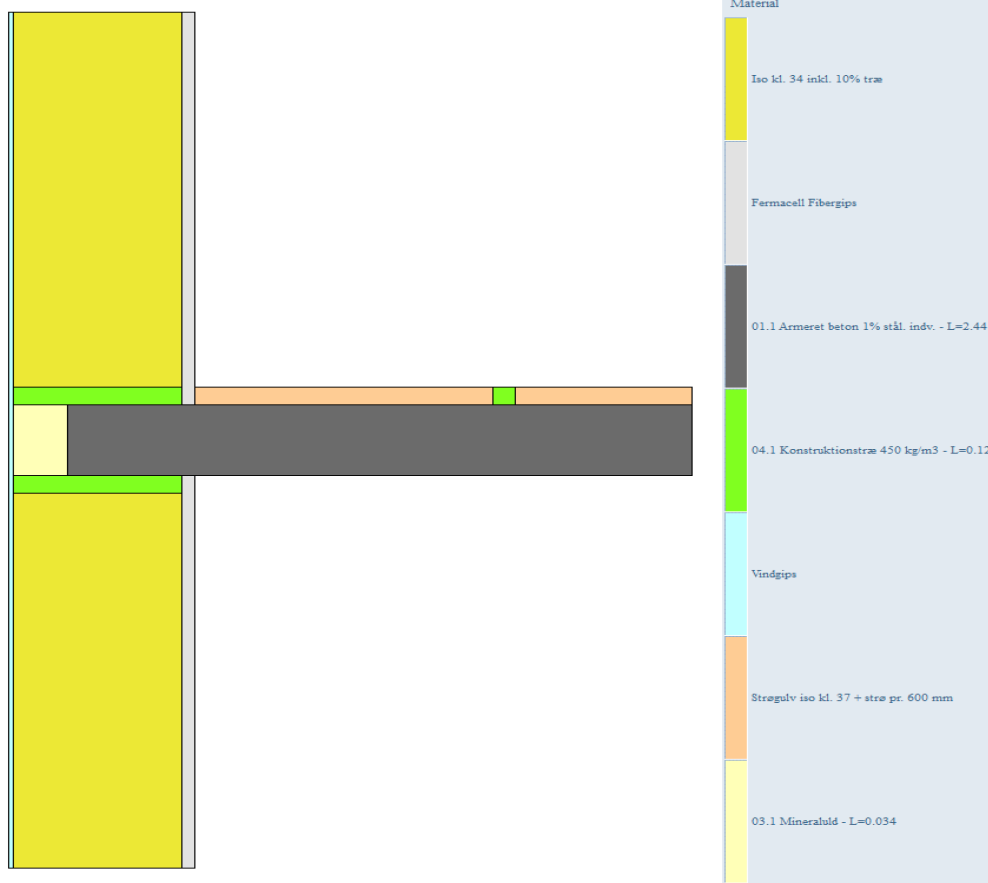
Eksempel A21

HEAT Beregning af overfladetemperaturer ved kuldebroer

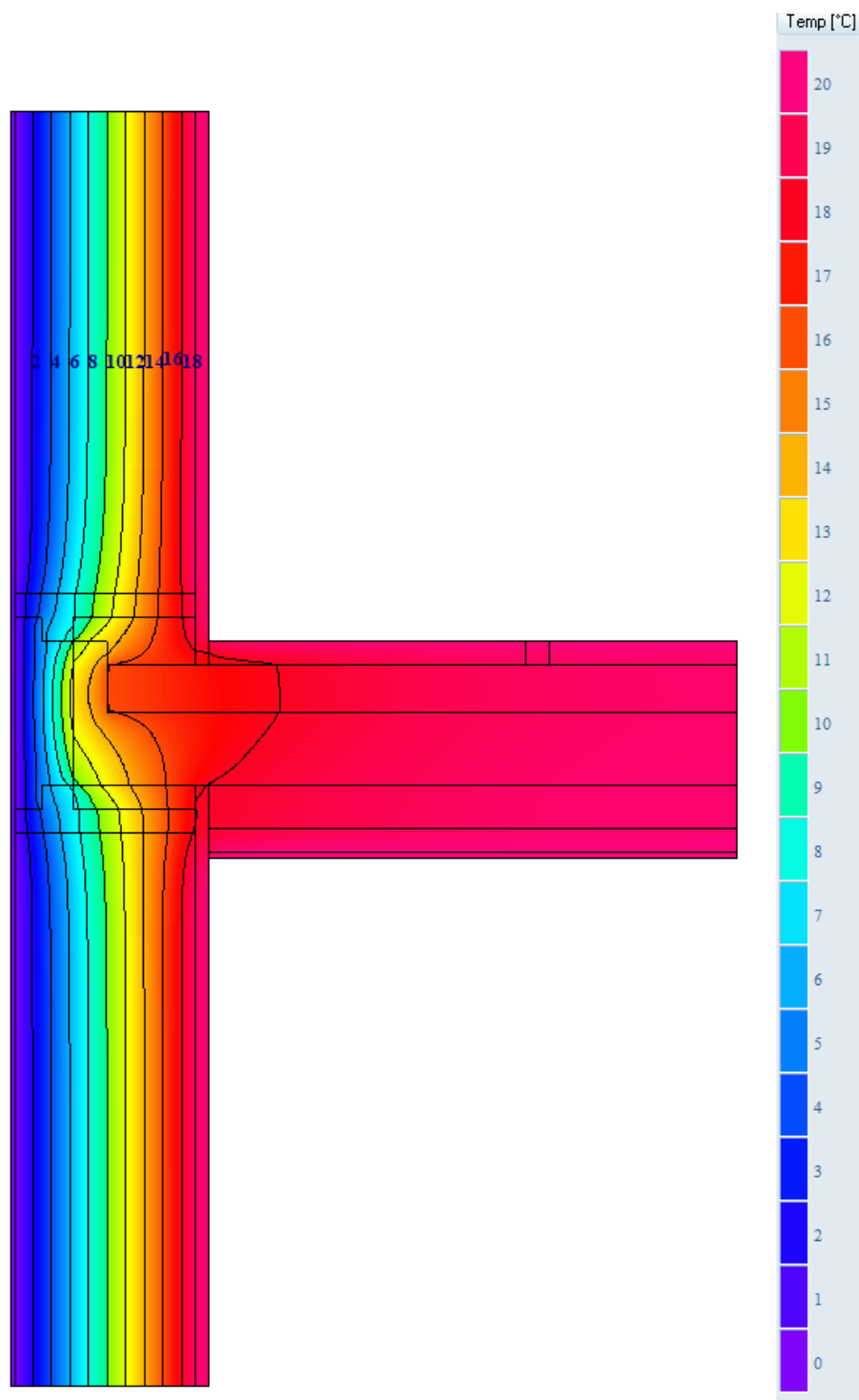
Dette eksempel tager udgangspunkt i en bolig i fugtklasse 3, som har en etageadskillelse hvor et betondæk gennembryder væggen og derved skaber en kuldebro. Beregningen er lavet som en stationær beregning i HEAT2, opsat efter metodik i DS 418 (2011) og med følgende forudsætninger:

- Overgangsisolanser efter DS 418 (2011)
- Temperatur, inde på 20°C efter SBI-277 (2023)
- Temperatur, ude for december på 0,7°C efter SBI-277 (2023)
- Materialeegenskaber efter DS 418 (2011)

Opbygning af konstruktionen:



Temperatur-profil for konstruktionen med isolinjer (lavet i HEAT2):



Ud fra ovenstående temperaturprofil ses det, at temperaturen i de kritiske hjørner ligger på ca. 18°C. Dette er et godt stykke over den kritiske grænse på ca. 16°C jf. SBI-277 (2023). Denne løsning er dermed acceptabel.

Det er, som tidligere nævnt, væsentligt, at de valgte randbetingelser i simuleringen/beregningen afspejler de samme, som der benyttes i SBI-277 (2023) til at bestemme den kritiske overfladetemperatur, fx 0,7°C for temperatur for december.

A.10.4 Fugtforhold inde i konstruktionerne

I branchevejledningen tages der udgangspunkt i de fugttekniske forhold, der berører indeklimaet. Der kan dog som supplement foretages fugttekniske vurderinger af konstruktionerne for at sikre, at der ikke opstår u hensigtsmæssig kondens eller risiko for skimmel/råd indvendigt i konstruktionerne.

Disse kan regnes iht. DS/EN ISO 13788 (2013) ved at bestemme damptryksforløbet igennem konstruktionen. Metoden er ligeledes gengivet med beregnings-eksempler i SBI-277 (2023). Alternativt kan der benyttes dynamiske fugtsimuleringer af konstruktionerne, hvor valg af byggematerialer kræver hensyntagen til yderligere fugtmekanismer.

A.11 Robusthed

Robustheden af det termiske indeklima er afgørende for hvordan det vil opleves i praksis ved varierende brugeradfærd og klimaændringer. Uden robusthedsanalyser risikerer man løsninger, der kun fungerer under ideelle forhold, hvilket kan føre til overophedning, dårlig luftkvalitet og ubehag for brugerne. Ved at teste forskellige scenarier øges chancen for et stabilt og sundt indeklima, selv under uforudsete belastninger, hvilket styrker bygningens levetid og brugernes trivsel.

I bygningsdesignet er det derfor vigtigt at have for øje hvordan usikkerhed i en parameter har indflydelse på det termiske indeklima. Dette gøres ved at lave en følsomhedsanalyse af de vigtigste forhold.

A.11.1 Følsomme parametre

På baggrund af en følsomhedsanalyse af et givent rum i en bolig, er der lavet en kortlægning og rangering af de mest følsomme parametre ved evaluering af termisk komfort med Sommerkomfort. Ved at variere på alle inputparametre og kombinere disse i vilkårlige kombinationer, opnås et overblik over det mulige designrum for et opholdsrum i en bolig

Resultaterne af følgende Tabel A.36 kan bruges til en generel faglig vurdering af robustheden i designkonceptet. Rangeringen giver en indikation af hvor usikker en parameter er ift. indflydelse på det termiske indeklima, baseret på variationerne fastlagt for den enkelte parameter.

Det ses af tabellen, at en variation i størrelsen på 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 såfremt robustheden af designet ønskes evalueret.

Tabel A.36. Rangering af parametre i forhold til deres indflydelse på variationer i evalueringen af det termiske indeklime beregnet med SBI Sommerkomfort.

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	Fc, Afskærmningsfaktor både indv. og udv. (-)	6%
8	Sidefremspring, højre (°)	4%
9	Sidefremspring, 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%

Ud fra ovenstående analyse er robusthedsanalyserne for en bolig, i BVI, sat til at dække disse scenarier: ændringer i brugeradfærd og ændringer i vejrdato:

- Da udluftning både dag og nat er blandt de mest betydningsfulde parametre for den termiske evaluering, bør der udføres parametervariationer af disse for at vurdere bygningens robusthed.
- For at en bygning skal være modstandsdygtig overfor fremtidige temperatur-ændringer, skal bygningsdesignet være robust, så et tilfredsstillende termisk indeklime også kan opretholdes under ekstreme vejrforhold.

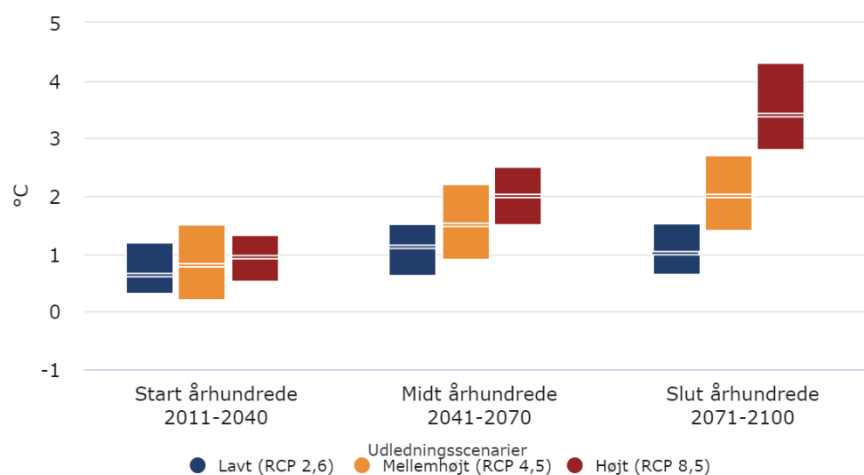
A.11.2 Vejrdato

Klimaforandringerne medfører temperaturændringer hele året, med de største stigninger i sommer og efterår. Ifølge RCP 8,5-scenariet kan der forventes en stigning på 3,4 °C i den gennemsnitlige årstemperatur i dette århundrede, uden store regionale forskelle. I RCP 8,5-scenariet fortsættes CO₂-udledningerne på globalt plan uændret. I RCP 4,5-scenariet "tøjles" CO₂-udledningerne og klimapåvirkningerne stabiliseres hen mod slutningen af dette århundrede.

Den gennemsnitlige temperaturstigning for de forskellige udledningsscenarier er gengivet i Figur A.14.

Ændring i gennemsnitstemperatur

Danmark, hele året



v2022a 28/5/2024 21:14

Reference (1981-2010): 8,43 °C

Figur A.14. Stigning i gennemsnitstemperatur hen over året [DMI, Klimaatlas 2025].

Denne temperaturstigning medfører en øget risiko for hedebløgere og tørke, da der om sommeren vil falde omtrent samme mængde nedbør som i dag, men nedbøren bliver oftere fra kraftige byger.

Ved udgangen af århundredet, forventes der at forekomme mellem 9 og 30 hede- og varmebløgedage om året, sammenlignet med de nuværende 2 hedebløgedage og 9 varmebløgedage om året (RCP 8,5).

For at en bygning kan være modstandsdygtig overfor fremtidige temperaturændringer, skal bygningsdesignet være robust, så et tilfredsstillende termisk indeklima også kan opretholdes i fremtiden.

Robustheden kan dokumenteres med termiske simuleringer baseret på fremskrevet vejrdato så som DRY-år 2050 eller HOT_2001-2019 ekstremt vejr. Fremskrevne klimadatafiler kan hentes på BUILDs hjemmeside.

Man kan både anvende sommerkomfort og dynamiske simuleringsprogrammer til at regne robusthed for andre klimadata.



B.1 Minimum lufttilførsel

Et sundt indeklima opnås gennem effektiv ventilation, der sikrer tilførsel af frisk udendørsluft og fjernelse af fugt og forureninger.

I kravspecifikationen er luftmængderne pr. person baseret på værdier fra DS/EN 16798-1 (2019) og Bygningsreglementet (2018). Luftmængderne er defineret med henblik på at fjerne forurening fra personer (bioeffluenter). Kravet på 5 L/s pr. person er sat ud fra et CO₂-hensyn.

Ventilationsmængderne for frisklufttilførsel, forudsætter total omrøring, svarer til en ventilationseffektivitet på 1 (opblandingsventilation).

I bygningsreglementet § 443 er minimumsluftskiftet på 0,3 L/s pr. m² opvarmet etageareal for en bolig defineret [BR18]. Her står desuden, at det er tilladt at reducere udelufttilførslen til 0,15 L/s pr. m² i en længere periode over døgnet, hvis boligen ikke er i anvendelse.

Hvis man anvender 0,15 L/s pr. m² for mekanisk ventilation, skal man være opmærksom på at reducere luftmængden tilsvarende i de termiske beregninger, medmindre luftmængden også reguleres efter rumtemperaturen.

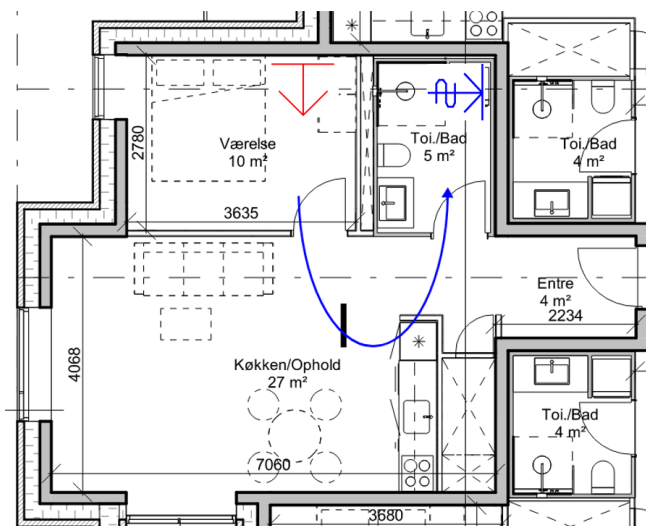
B.1.1 Indblæsning kun i værelser

Ud fra bygningsreglementet kan boliger designes med indblæsning kun i værelserne, forudsat at luften frit kan passere under dørene, selv når de er lukkede. [Bygningsreglementets vejledning om ventilation, § 420 - § 452]. Hvis luftstrømmen mellem indblæsning og udsugning ikke går gennem opholdsrummene, skal der også tilføres luft direkte i disse rum.

BR18 § 420-452 Ventilation:

"Det skal sikres, at ventilationsløsningen ikke nødvendiggør, at luften bevæger sig fra mere til mindre luftforurenede rum. I boliger vil de mere luftforurenede rum for eksempel være køkkener, baderum, wc-rum og bryggers, mens de mindre luftforurenede rum vil være stue, soverum mv."

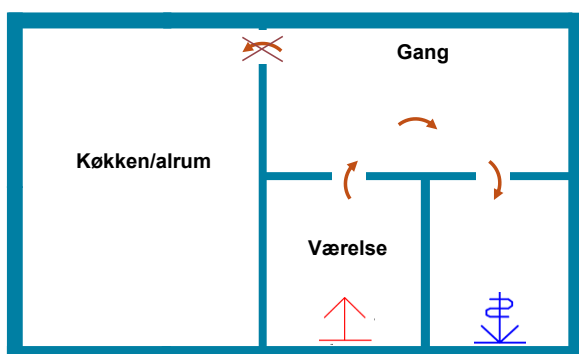
En bolig, der kun har indblæsning af friskluft i værelserne, skal designes omhyggeligt for at undgå "kortslutning". Kortslutning opstår, når luftstrømmen ikke ventilere rum, hvor der kan opstå luftforurening, som køkken og badeværelse. For at sikre korrekt ventilation skal luften trækkes fra de rene rum (værelser) gennem de mere forurenede rum (som køkken og bad) og udsuges derfra.



Figur B.1. Forsimplet principiel tegning for en bolig med indblæsning kun i værelse. Der er stadig krav til emhætte og erstatningsluft under madlavning. I praksis vil der også være indblæsning og udsugning i Køkken/ophold.

I Figur B.1 tilføres der frisk luft i værelset. Luften passerer under døren, gennem opholdsstuen/køkkenet og videre til badeværelset, hvor den suges ud. På den måde bevæger luften sig fra de mindre forurenede til de mere forurenede rum.

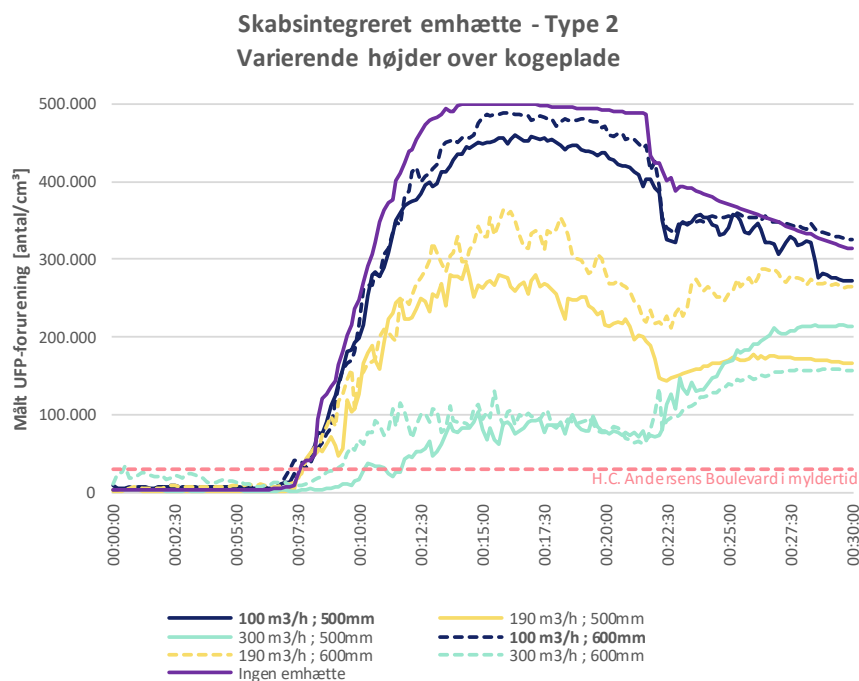
Et eksempel på "kortslutning" kan ses i nedenstående figur, som viser et design, der ikke fungerer, fordi køkkenet/alrum ikke bliver ventileret.



Figur B.2. Princip for bolig med "kortslutning" mellem rummene. Luftstrømmen vil gå fra værelse ud i gangen og til toiletet eftersom det er den "nemmeste" vej. Herved sker der en kortslutning eftersom køkkenet/alrum ikke får ventilation eftersom der ikke er indblæsning i køkkenet/alrummet.

B.2 Emhætter

Emhættens primære funktion, ifølge BR18 § 443, er at sikre god luftkvalitet ved at fjerne fugt og luftbårne forureninger, såsom partikler, fra madlavning. Emhætten skal derfor have regulerbar, mekanisk udsugning, afkast til det fri og være effektiv nok til at håndtere de forureninger, der opstår under madlavning [BR18, 2025].



Figur B.3. Grafen viser, hvordan emhættens effektivitet til at fjerne ultrafine partikler stiger, når luftmængden øges, og afstanden til forureningskilden mindskes. Dette betyder, at jo tættere emhætten er på kilden, og jo mere luft den kan suge, desto bedre fjernes partiklerne. (Antal mm indikerer afstanden fra kilden). Kilde: Johannsen et al. (2023).

Eksposering for partikler kan have negative helbredseffekter både på kort og lang sigt, og madlavning bidrager især til høje partikelniveauer i hjemmet, herunder både fine partikler (PM_{2,5}) og ultrafine partikler (PM_{0,1}) [Johannsen et al. 2023 og Bygningsreglementets vejledning om ventilation § 420 - § 452]. De ultrafine partikler bør have særligt fokus, da de kan trænge ind i kroppen og nå alle organer [Johannsen et al. 2023]. På baggrund heraf, er der en stor sundhedsmæssig effekt ved at fjerne partikler direkte gennem en emhætte, under og efter madlavning.

Da emhættens primære funktion er at opretholde luftkvaliteten ved at fjerne sundhedsskadelige luftbårne partikler fra madlavning, er luftmængderne i kravspecifikationen sat, så de i langt højere grad fjerner alle størrelser af partikler. Ved indeklimaklasse *Renovering og Standard* kan en emhætte, ved de definerede luftmængder, fjerne ca. 50% af de ultrafine partikler, mens luftmængder til emhætten i indeklimaklasse *Skærpet* kan fjerne op til 75% af alle ultrafine partikler fra madlavning [Johannsen et al. 2023].

Undersøgelser af partikelforløbet ved madlavning, viser at partikelniveauet forbliver højt efter emhætten er slukket [Johannsen et al. 2023]. Dette sker, fordi der stadig frigives partikler, selvom madlavningen er stoppet og komfuret er slukket.

Det anbefales, at emhætten kører i efterløb i mindst 10 minutter efter madlavning for effektivt at fjerne de sidste partikler fra luften.



Figur B.4. Udvikling af ultrafine partikler sker bl.a. under stegning [Johannsen et al. 2023]. Fotokredit: Ai

B.2.1 Ultrafine partikler og emopfangsevne

Der er prædefinerede luftmængder, som en emhætte skal kunne fjerne, alt efter om et køkken er åbent eller lukket [BR18 vejledning om ventilation § 420 - § 452]. De prædefinerede luftmængder justeres med en reduktionsfaktor afhængig af emhættens afstand til kogepladen. Som alternativ til en fast luftmængde, kan emhættens emopfangsevne testes og dokumenteres til 75% jævnfør DS/EN 61591 og DS/EN 13141-3 [BR18 vejledning om ventilation § 420 - § 452].

Et nyligt studie udarbejdet af Johannsen et al. (2023) dokumenterer dog en svag korrelation mellem emhættens emopfangsevne og evnen til at fjerne ultrafine partikler (som er de mest sundhedsskadelige). Det betyder:

Emopfangsevne $\neq$ Partikelomfangsevnen

Derfor skal der betydeligt større luftmængder til at fjerne de ultrafine partikler under madlavning end de dokumenterede luftmængder ved en emopfangsevne på 75% [Johannsen et al. 2023].

Som alternativ til at dokumentere de definerede luftmængder kan emhættens effektivitet vurderes ved hjælp af CO_2 -målinger. Da emhættens design kan have en indflydelse på den samlede effektivitet, kan denne effekt påvises gennem test af *Removal Efficiency (RE)*, udført med CO_2 i henhold til EN 13141-3 (informativt annex).

B.2.2 Recirkulering og aftræk til det fri

Recirkuleringsløsninger er ikke tilstrækkeligt effektive til at fjerne partikelforurening fra madlavning. For ultrafine partikler fjerner recirkulerende emhætter mindre end 10% selv med rene filtre, og effektiviteten kan blive endnu lavere, når filtrene har været i brug længe [Johannsen et al. 2023]. Derfor er det et krav, som

det også er beskrevet i bygningsreglementet § 443, at der skal etableres et aftræk til det fri.

Der tillades ikke recirkulerende emhætter, da disse ikke er i stand til at nedbringe partikelniveauet væsentligt. Dette er heller ikke tilladt i bygningsreglementet.

Hvis der i boligdesignet er projekteret en kogeplade, skal der være en emhætte med aftræk til det fri for at sikre korrekt fjernelse af forurenede luft.

B.2.3 Emfangsevne

Bemærk, at BR18 kræver en luftstrøm for emhætten på 120 l/s med tilhørende reduktionsfaktorer, eller at emhætten kan dokumentere en emfangsevne på 75%. Denne vejledning anbefaler luftmængder, som forventes at opfylde kravet om 75% emfangsevne. Vælger man en løsning med luftmængder efter denne vejledning uden samtidig dokumentation for 75% emfangsevne, kan det betyde, at løsningen reelt ikke lever op til kravene i Bygningsreglementet på grund af manglende dokumentation.

B.2.4 Manuelle åbninger

Ifølge branchevejledningen er det tilladt at bruge manuelle åbninger til at sikre erstatningsluft til emhætten under forceret drift. Bygningsreglementets vejledning om ventilation forbyder dog brug af manuelle åbninger til dette formål, hvilket betyder, at der aktuelt kræves en **dispensation** for at kunne benytte dem.

Følgende argumenter kan anvendes i dialogen med kommunen og til en dispensationsansøgning:

- **Effektiv lufttilførsel med lavt energiforbrug:** Manuelle åbninger kan levere den nødvendige luftmængde til emhætten uden væsentligt at øge energiforbruget.
- **Fjernelse af sundhedsskadelige partikler:** Test viser, at standard luftmængder som anvendes i dag, ikke er høje nok til at fjerne størstedelen af de sundhedsskadelige partikler fra madlavning [Johannsen et al. 2023]. For at reducere forureningen i boligen er det nødvendigt med højere luftmængder i kort tid (ca. 2% af brugstiden).

Ikke manuelle åbninger medfører i sidste ende et uretmæssigt stort fokus på energi på bekostning af det atmosfæriske indeklima og i sidste ende også ønsket om reduceret klimabelastning.

Brugermanual

I moderne, tætte bygninger med lav infiltration kan emhættens effektivitet blive nedsat, hvis vinduerne ikke åbnes, når emhætten er i brug. Hvis der kun anvendes manuelle åbninger til erstatningsluft og disse ikke åbnes, vil der ikke være tilstrækkelig erstatningsluft i resten af boligen. Dette vil skabe et undertryk i boligen samt reducere udsugningsmængden og hermed effektiviteten af emhætten. Dette kan også gøre det fysisk krævende at åbne døre, da der opstår en form for vakuum i bygningen.

Derfor er det vigtigt at skrive en brugermanual, der oplyser brugerne om konsekvenserne ved ikke at åbne et vindue under madlavning.

B.3 Afgasning til indeklimaet

Byggematerialer kan indeholde kemiske stoffer, som kan afgasse eller på anden vis påvirke indeklimaet negativt. Disse materialer kan også indeholde stoffer, der nedbrydes over tid og frigiver forureninger til indeklimaet. Derfor skal der ved valg af byggematerialer tages hensyn til de forureninger, der findes i materialerne eller dannes under deres brug, så de ikke påvirker personers sundhed eller komfort.

Det anbefales altid at benytte byggematerialer med den lavest mulige afgivelse af forureninger til indeklimaet. Afgasning fra byggematerialer omfatter blandt andet flygtige organiske stoffer (VOC), der kan være kræftfremkaldende, mutagene og reproduktionsskadelige (CMR). Ved at vælge byggematerialer med dokumenteret lave emissioner, reduceres afgasningen til indeklimaet, hvilket forebygger høje koncentrationer af sundhedsskadelige stoffer.

Der stilles to krav til afgasninger i branchevejledningen:

1. **Afgasning på produktniveau** jf. EU taksonomiens miljømål 5 – indeholder krav til afgasning for formaldehyd og VOC repræsenteret ved afgasningstest i kammer.

For formaldehyd gælder krav om afgasning på maksimalt 0,06 mg / m³ eftervist via luftkammer-test. De hyppigst anvendte teststandarder er i den forbindelse EN717-3 eller EN16516.

For afgasning af stoffer karakteriseret som carcinogen 1A eller 1B gælder krav om maksimal afgasning på 0,001 mg/m³ efter 28 dage eftervist via luftkammer test jf. CEN/EN 16516 eller ISO 16000-3:2011.

Det vurderes i BVI 2.0 at CEN/EN 16516 er tilstrækkelig til dokumentation af formaldehydavgasning, hvorfor der ikke nødvendigvis skal testes jf. DS/EN 717-3. Der gøres dog opmærksom på BR18 kravet til træbaserede plader, som skal dokumenteres særskilt i forhold til afgasning.

2. **Funktionstest af indeklimaet** i forhold til det samlede indhold af TVOC. Der udtages prøver på sorbentrør, som efterfølgende analyseres på et kemisk laboratorium. Evalueringen baseres på målinger, der udføres senest 28 dage efter, at et repræsentativt rum er blevet erklæret færdigt. "Færdigt" refererer til det tidspunkt, hvor både tekniske installationer, inklusive idriftsættelse af ventilationsanlæg, og alt håndværksmæssigt arbejde er afsluttet, så rummet er klar til overdragelse.

Kravet til formaldehyd følger standarden DS/EN 16798-1 DK NA (2021), mens grænseværdien for TVOC (Total Volatile Organic Compounds) er baseret på erfaringer fra DGNB-certificerede projekter. Høje TVOC-niveauer kan medføre problematiske afgasninger, som påvirker det atmosfæriske indeklima negativt.

B.3.1 Test i færdigt byggeri

Ved test af byggeriet skal følgende parametre være overholdt:

- Test inden 28 dage efter rummet er erklæret færdigt
- Rummet skal være umøbleret
- Tekniske installationer (ventilation) skal være idriftsat og ikke være forceret
- Vinduer skal være lukkede 24 timer op til målingen
- Temperaturen skal være mindst 20°C
- Den relative luftfugtighed skal ligge mellem 25% og 65%

Det er prøvetagerens ansvar at sikre og dokumentere temperatur og relativ luftfugtighed i forbindelse med prøvetagningen.

Bestemmelsen af TVOC foretages ved prøvetagning på et ATD-rør pakket med tenax TA og kemisk analyse ved ATD GC/MS. Analyse skal foretages jf. ISO 16000-3 (2022), EN ISO 16000-6 (2021) og relevante dele af EN 16516 (2017) + A1 (2020).

Analysen skal foretages af kemisk laboratorium akkrediteret jf. EN ISO/IEC 17025 (2017).

- VOC opsamles typisk ved 100 mL/min indtil ca. 5 liter luft er opsamlet.
- Aldehyder opsamles typisk ved 200 eller 1000 mL/min afhængigt af DNPH-rør og pumper

Prøvetagning skal følge anvisninger fra producent af rør og/eller instruktion fra analyselaboratoriet.

Nedenfor ses en oversigt over, hvor mange målinger der skal udføres pr. rumtype for rum med samme indretningstype. Hvis en rumtype har flere forskellige indretningstyper, skal målingerne fordeles på alle typer. Hvis antallet af indretningstyper overstiger antallet af påkrævede målinger, skal der udføres ekstra målinger, så alle indretningstyper dækkes. Med "samme indretningstype" menes rum med lignende luftskifte og materialer/overflader, som påvirker TVOC-niveauet i indeklimaet.

Der skal måles i minimum 2 forskellige boligenheder pr. projekt med minimum 1 måling i hver af følgende rumtyper:

- Badeværelse
- Køkkenalrum eller køkken
- Soverum

I tilfælde af projekter, der kun omfatter én boligenhed samlet set, såsom et enkelt parcelhus, er det tilstrækkeligt at foretage målinger i denne ene boligenhed for samtlige nævnte rumtyper.

B.4 Radon

For radon kan der anvendes 2 typer af radonmålinger:

- Dosimetre
- Løbende måling (større usikkerhed)

B.4.1 Dosimetre

Målingerne skal foretages i opholdsrum under normale ventilationsforhold i henhold til "*SBI-anvisning 270 – Måling af radon i bygninger*" og skal foregå over fyringssæsonen (1. oktober til 30. april). Dosimetre skal indsamle data i mindst 60 dage i samme opholdsrum, før analyserne gennemføres.

B.4.2 Løbende målinger

Som et alternativ til dosimetre kan løbende målinger anvendes. Denne metode kræver en måleperiode på minimum 14 dage samt en måleusikkerhed på +/- 20%. For at sikre pålidelige resultater skal bygningen være opvarmet til mindst 20°C, og der skal være normal ventilation uden åbne døre og vinduer i måleperioden. Måleperioden skal være inden aflevering af byggeriet. Resultaterne antages at være konservative, da de ikke påvirkes af brugeradfærd.

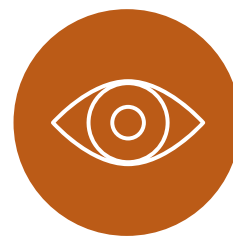
B.4.3 Omfang af målinger

Kravet om radonmålinger bortfalder, hvis der er ventilerede etager under opholdsrummene, som fx parkeringskælder eller mekanisk ventilerede kælderrum.

Antallet af radonmålinger er afhængigt af hvilken type bolig der betragtes:

- Enkelte boliger (parcelhuse, rækkehuse mv.): Mindst 2 målinger pr. etage. Der laves kun radonmålinger i kælderniveau hvis denne er egnet til beboelse.
- Etageboliger: Målinger udføres kun i bolighederne nærmest terrændækket mod jord.

Der skal laves målinger i 2 boliger/boligheder pr byggeskik (fx er let og tungt byggeri to byggeskikke). Hvis der på en matrikel er 6 byggeskikke for nogle etageboliger, skal der derfor udføres 12 målinger, 2 i hver byggeskik i boligerne mod terræn.



Naturligt lys og udsyn til omgivelserne har en positiv effekt på menneskers sundhed og komfort. Dette afsnit om det visuelle indeklima omfatter en gennemgang af dagslysberegning ved 10% metoden i en bolig.

I bygningsreglementet er der metodefrihed til hvordan dagslys kvalificeres, men der anvises, at dokumentation med enten 10%-metoden eller 300 lux-metoden vil resultere i tilstrækkeligt dagslys [BR 18]. Derfor fokuseres der kun på disse to metoder i denne vejledning. For gennemgang af 300 lux-metoden samt en sammenligning af beregningsmetoderne, herunder deres fordele og ulemper, henvises til appendiks I.

C.1 Relevant gulvareal

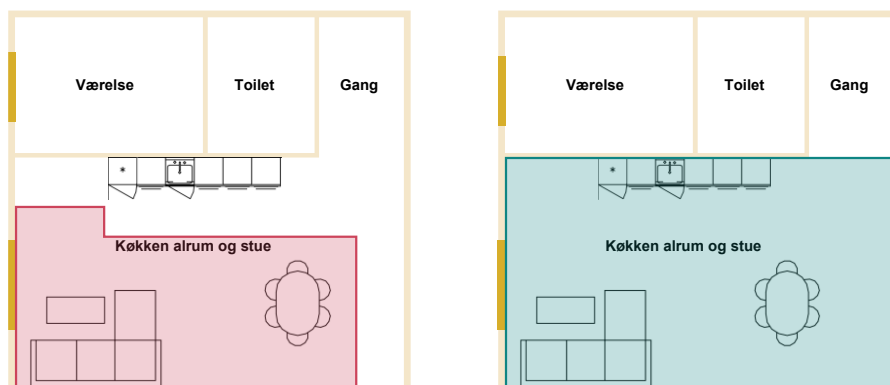
For det relevante gulvareal gælder følgende:

- **Vinduesnicher:** Arealet af en vinduesniche skal kun tælles med i det relevante gulvareal, hvis vinduet går helt ned til gulv. Hvis der er en brystning under vinduet, skal arealet ikke medregnes i det relevante gulvareal.
- **Krav om kontinuerligt gulvareal:** Det relevante gulvareal skal være et sammenhængende areal, uden afbrydelser.
- **Vinduer og direkte forbindelse:** Hele vinduet skal have en direkte tilknytning til det relevante gulvareal for at kunne medregnes i beregningen.
- **Køkkeninventar og skabe:** Det relevante gulvareal inkluderer alt inventar til køkkenet så som højskabe, ovn, underskabe osv. samt fritstående "almindelige" skabe i fx værelser.
- **Indbygningsskabe:** Er skabe indbygget i væggen for en bolig skal disse ikke medregnes i det relevante gulvareal.
- **Gangareal:** Ganglinjer, der går igennem stuen til værelser, anses for at være en del af stuen. Ifølge bygningsreglementet skal arealet af stuen regnes fra væg til væg – altså inklusiv eventuelle "ganglinjer".
- **Entre:** En entre betragtes som udgangspunkt ikke som en del af det relevante gulvareal også selvom den er i åben forbindelse med andre opholdsrum. En entredør i glas kan dog medregnes, hvis gulvarealet i entreen også inkluderes i sin fulde udbredelse (fra væg til væg). Dette er måske ikke den optimale løsning, men det kan være en acceptabel løsning afhængigt af rummets dagslysforhold.

For at illustrere korrekt og ukorrekt tolkning af det relevante gulvareal gives følgende eksempler.

Opholdsrum og gangzoner

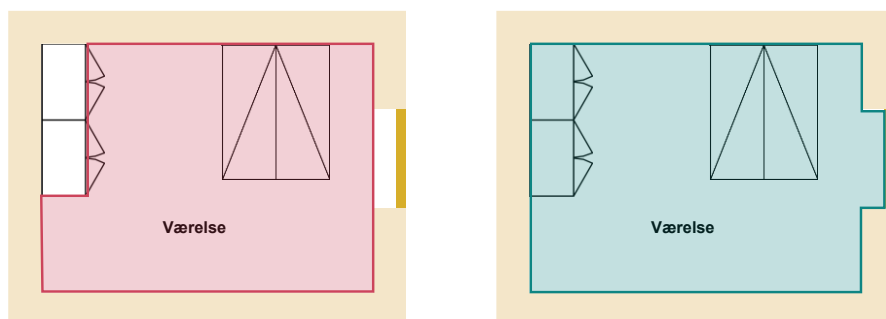
Gangarealer til værelser, der passerer gennem opholdsrum, betragtes som en del af stuen, og eftersom det relevante gulvareal skal beregnes fra væg til væg, skal gangarealet inkluderes. Hvis gangarealet er en del af køkken, skal arealet ligeledes beregnes fra væg til væg.



Figur C.1. Rød markerer ukorrekt tolkning af relevant gulvareal, hvor grøn markerer det relevante gulvareal, som skal medregnes i dagslysberegninger for opholdsrum.

Værelse, inventar og vinduesniche

Inventar, såsom skabe, samt vinduesnicher for gulv-til-loft vinduer, skal inkluderes i det relevante gulvareal. Det er kun indbygningsskabe, som er undtaget.



Figur C.2. Relevant gulvareal i værelse. Rød markerer ukorrekt tolkning af relevant gulvareal, hvor grøn markerer det relevante gulvareal, som skal medregnes i dagslysberegninger.

C.2 10%-metoden

C.2.1 Vægtning af skygger

For at sikre en mere præcis repræsentation af dagslysforholdene i et rum, er det vigtigt at tage hensyn til, hvordan skygger vægtes, især når skyggerne kun er delvist tilstede i det vandrette udsynsfelt. Tusindvis af dagslysberegninger har vist, at en metode, hvor vinklerne først vægtes og korrektionsfaktoren derefter beregnes, generelt er mere præcis og bedst afspejler de faktiske dagslysforhold. Dette gælder især for høje profilvinkler, som er de mest kritiske for dagslyset. Derfor skal der undgås beregningsmetoder, hvor korrektionsfaktorerne først bestemmes og derefter vægtes, da denne fremgangsmåde ikke leverer en lige så præcis repræsentation af dagslysforholdene.

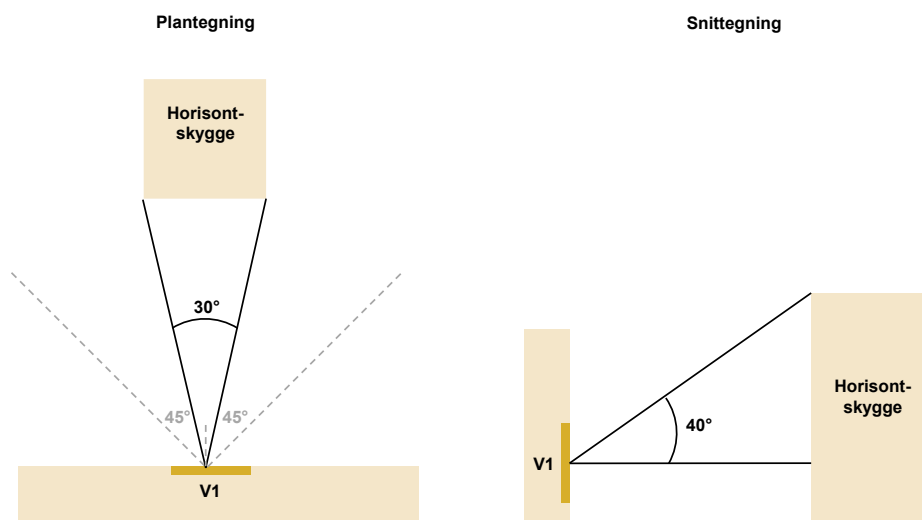
Et eksempel på denne metode er som følger:

Eksempel C1 Vægtning af skygger

Denne metode beregner korrektionsfaktoren baseret på et gennemsnit af vinklerne, hvorefter korrektionsfaktoren udledes. For eksempel, en horisontskygge har en vinkelprofilkel svarende til 40° , og skyggen dækker kun 30° af den vandrette vinkel ud af i alt 90° . Korrektionsfaktoren beregnes ud fra disse forhold.

$$40^\circ \cdot \frac{30^\circ}{90^\circ} + 0^\circ \cdot \frac{60^\circ}{90^\circ} = 13,3^\circ \rightarrow \text{korrektionsfaktor på } 0,97$$

Plantegning med horisontskygge kun i 30° af det vandrette udsynsfelt på $\pm 45^\circ$:



Det skal bemærkes at denne gennemsnitsmetode ikke tager hensyn til, hvor skyggerne befinder sig i udbredelsesområdet.

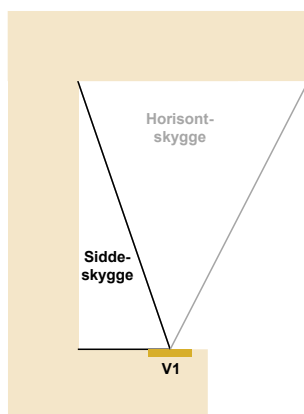
C.2.2 Horisont skygge vs. Sideskygge

I visse tilfælde, særligt for karrébebyggelser, vil der være en kontinuerlig overgang fra sideskygge til horisontskygge. For at afgøre hvornår en skygge skal kategoriseres som enten sideskygge eller horisontskygge, især når skyggerne

overlapper, er der udført tusindvis af dagslysberegninger til at understøtte dette. Disse beregninger har vist, at det er mest rigtigt at betragte skyggen som en sideskygge så længe som muligt, selv når skyggen befinder sig inden for det område, der normalt defineres som horisontskygge (± 45 grader fra vinduet).

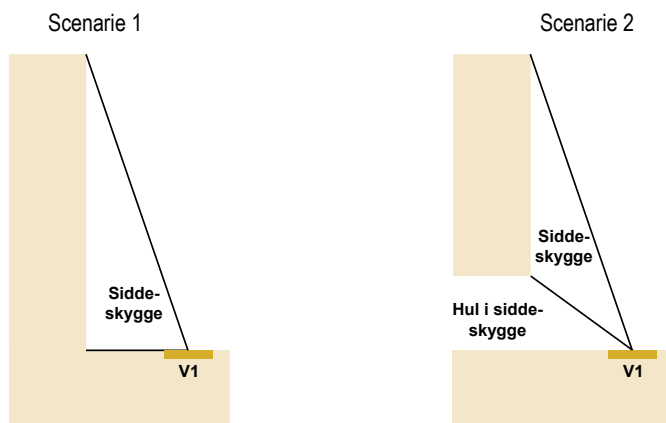
En sideskygge og en horisontskygge defineres som følger:

- Sideskygger medtages i hele deres udstrækning og afsluttes ikke ved ± 45 grader, hvilket er spændet, hvor horisontskygger skal beregnes.
- En skygge regnes kun som horisontskygge, hvis den er næsten parallel med vinduet.



Figur 1: Definition af side- og horisontskygge

Hvis der er et "hul" i sideskyggen, beregnes korrektionsfaktoren som et gennemsnit af vinklerne, hvor højden sættes til 0 i de vinkler, hvor der ikke er sideskygge.



Figur C.3. Definering af sideskygge og horisontskygge.

Eksempler:

Eksempel C2 **Sideskygge (Scenarie 1)**

Hvis der er en sideskygge med en højde af fremspringet svarende til 60 grader, og skyggen har en vinkel til sidefremspringet forkant på 70 grader aflæses korrektionsfaktoren til 0,70.

Eksempel C3 **Sideskygge med "hul" (Scenario 2)**

Hvis der er en sideskygge med en højde af fremspringet svarende til 50 grader, og skyggen har en vinkel til sidefremspringet på 60 grader og et "hul" i sideskyggen på 10 grader beregnes korrektionsfaktoren ud fra disse forhold til

$$V_{SF} = \frac{(50 \cdot 60) + (0 \cdot 10)}{70} = 42,9$$

$$V_{SF} = \frac{(60 \cdot 60) + (0 \cdot 10)}{70} = 51,4$$

Korrektionsfaktor aflæses til 0,84

C.2.3 Ovenlys og korrektioner

Ovenlys korrigeres på samme måde som vinduer i ydervæggen, fx for "vægtykkelse" svarende til tykkelsen af tagkonstruktionen.



Figur C.4. Ovenlys.

C.2.4 Permanent blokering

Hvis der er placeret en permanent blokering, såsom en radiator foran vinduet, skal glassarealet bag blokeringen samt arealet ned til vindues glasunderkant fratrækkes. Dette skyldtes at radiatoren blokerer dagslyset, så det ikke kommer boligen til gode.

Eksempel:

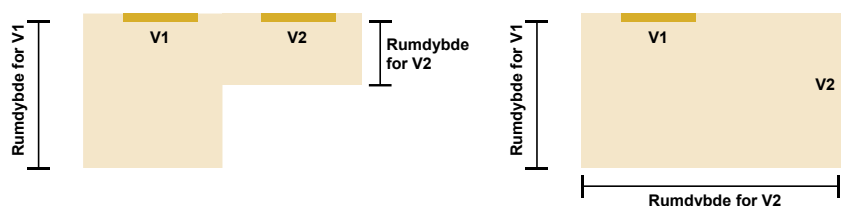


Figur C.5. Glasareal som ikke kan medregnes bag blokering (her radiator).

C.2.5 Rumdybde

I rum dybere end 5-6 meter opstår ofte store kontraster mellem vinduesnære og fjernere områder, hvilket kan påvirke rummets belysning negativt. For at korrigere herfor, anvendes en fast korrektionsfaktor ($FRUM = 0,9$) for rum dybere end 6 meter målt fra vinduerne [BR-vejledning om 10 pct-reglen, 2019].

Rumdybden måles vinkelret fra vinduet og ind i rummet. Vinduerne korrigeres for rumdybden pr. vindue. Eksempler på definitionen af rum med flere rumdybder er:

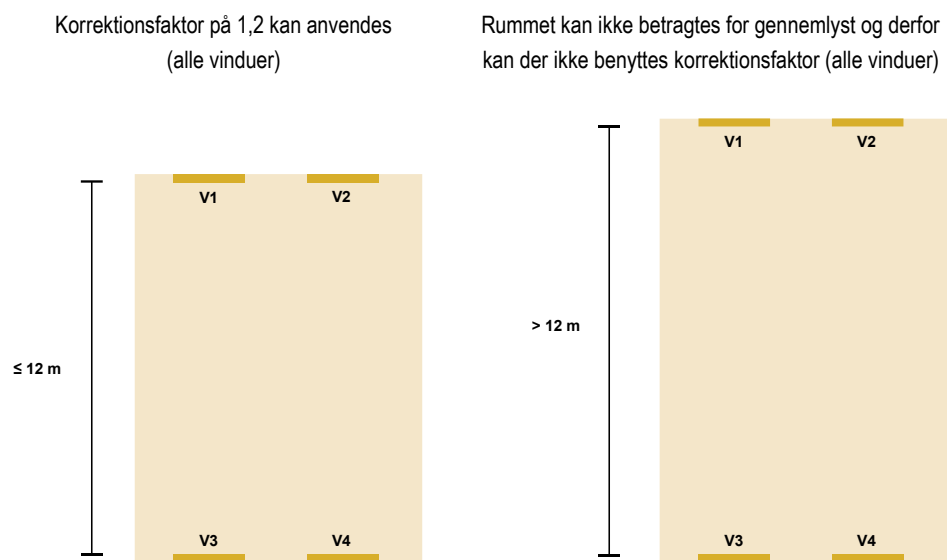


Figur C.6. Forskellige rumdybder i samme rum.

For ovenlys korrigeres der ikke for rumdybden eller rumhøjden.

C.2.6 Gennemlyst rum

Et rum kan regnes som gennemlyst og berettiget til en positiv korrektionsfaktor på 1,2 [BR-vejledning om 10 pct-reglen, 2019], så længe rumdybden ikke overstiger 12 meter. Hvis rumdybden er over 12 meter, kan denne faktor ikke længere anvendes, da modstående vinduer ikke i tilstrækkelig grad kan forstærke dagslysfordelingen i hele rummet eller bidrage til åbenheden.



Figur C.7. Hvornår et rum kan regnes som gennemlyst afhænger af rumdybden.



D.1 Akustiske bilag

Akustiske forhold for en bolig er i diverse standarder og anvisninger velbeskrevet, og er udviklet gennem en del år parallelt med fremkomsten af computermødeller.

En hel del rådgivning baserer sig på komplicerede beregninger af lydtransmission i bygninger samt forskellige metoder til beregning af forventet efterklangstid med større og mindre nøjagtighed.

Derfor beror en del bygningsakustisk rådgivning sig også på vurderinger fra den praktiserende akustikers side, idet alle detaljer ikke kan indarbejdes i de computermodeller der kan opstilles – dertil er det teoretiske fundament for beregningerne slet ikke til stede i tilstrækkelig detaljeret omfang.

Generelt set er eksempelvis lydisolationen mellem to rum på samme etage summen af lydisolationen for den pågældende væg, og den lyd der transmitteres mellem rummene udenom selve skillevæggen. Og det er netop væggenes indbygning samt de omgivende bygningsdeles lydmæssige opbygning, der bestemmer, hvorledes det samlede resultat bliver – altså den samlede lydisolation mellem rummene.

Lydisolation for en væg alene betegnes som R_w , og måles alene i et akustisk laboratorium hvor omvejstransmissionen (flanketransmissionen) er nul.

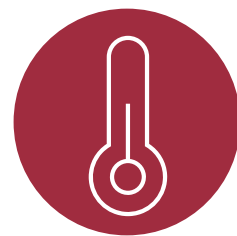
Lydisolationen mellem to rum betegnes R'_w som er lydisolationen for skillevæggen inklusiv flanketransmissionen.

Det er altid R'_w lovgivningen stiller krav til, idet det er den lydisolation som brugerne vil opleve i rummene efterfølgende.

Her er det vigtigste uddrag af relevante publikationer, hvor der i flere af dem er yderligere henvisninger til relevante publikationer.

- | | | |
|----|--|---|
| 1. | Gældende bygningsreglement | |
| 2. | DS 490, 2018 "Lydklassifikation af boliger" | Konkrete lydkrav til boliger |
| 3. | SBI Anvisning 217 2. udg "Udførelse af bygningsakustiske målinger" | Målevejledning til bygningsakustiske målinger |
| 4. | SBI Anvisning 237 "Lydisolering mellem boliger – Nybyggeri" | Lydisolation i nye bygninger |
| 5. | SBI Anvisning 243 "Lydisolering mellem boliger – Eksisterende byggeri" | Lydisolation i ældre bygninger |
| 6. | SBI Anvisning 244 "Lydisolation af klimaskærmen" | Facadens lydisolation |
| 7. | SBI Anvisning 245 "Lydisolering i bygninger – teori og vurdering" | Generelt om lydisolation |
| 8. | SBI Anvisning 166 "Bygningsakustik. teori og praksis" | Akustisk grundteori |

Appendiks E – Termisk indeklima, Erhverv



E.1 Toleranceoverskridelser

E.1.1 Evalueringsperioder

Oplevelsen af det termiske indeklima er i høj grad afhængig af beklædning. Fx vil 21°C være behageligt om vinteren, mens det vil opleves koldt om sommeren, hvor beklædningen er mindre.

Derfor er kravspecifikationerne til temperaturer opdelt i perioderne: sommer, vinter og overgang. Overgangsperioden er indsat for at kunne rumme de svingende temperaturer i forår og efterår, hvor der både kan være dage med let frost, men også dage med næsten sommerlige temperaturer.



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

Indenfor det angivne temperaturinterval tillades det, at den operative temperatur varierer afhængigt af belastninger og regulering.

E.1.2 Nedre grænse

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. Hvis dette er tilfældet, skal denne information videregives til driftspersonalet.

I forbindelse med natkøling tillades det, at den nedre temperatur underskrides den første time med maksimalt 1,0°C.

E.1.3 Øvre grænse

Overholdelse af 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 er u hensigtsmæssig udnyttelse af energi og arealer i en bygning, og derfor tillades overskridelser i et antal timer om året.

Antallet af timer med toleranceoverskridelser fastlægges som udgangspunkt i forhold til antallet af dage bygningen er i brug, uanset om bygningen benyttes

fra kl. 0 til kl. 24 eller fra kl. 8 til kl. 16. Dette skyldes, at de varme timer primært ligger midt på dagen.

Overskridelse af den øvre temperaturgrænse opgøres henholdsvis for sommer- og overgangsperioden, april - oktober, og vinterperioden, november - marts.

For sommer- og overgangsperioden, april - oktober, svarer toleranceoverskridelserne for øvre grænse til ca. 5% af brugstiden.

Kort eller skæv brugstid

Ved brugstid på fire timer eller derunder pr. dag anvendes toleranceoverskridelser svarende til 5% af brugstiden over øvre grænse for april-oktober og øvrige perioder og overskridelser justeres tilsvarende.

Eksempel E1 **Kantiner**

Kantiner er kendetegnet ved, at personbelastning er meget høj i få timer midt på dagen. Selvom kantinen er i brug af kantinepersonalet i løbet af hele dagen, er den kritiske og dimensionerende brugstid timerne omkring frokost.

For at skabe acceptable forhold for de spisende brugere, optælles antallet af varme timer for de tre timer fra kl. 11 til kl. 14 og der tillades, at temperaturen overskrides 5% af brugstiden. Ved en 5 dages arbejdsuge svarer dette til 40 timer over øvre temperaturgrænse og 10 timer over øvre temperaturgrænse + 1°C.

Hvis bygningen eller rummet benyttes på skæve tider, fx kun formiddage eller kun aften, kan det vælges at udføre simuleringer af både den reelle brug og ved en fiktiv brugstid fx fra kl. 7-17. Anlæg dimensioneres så efter worst case. Dermed sikres en robust bygning, som kan ændre funktion i fremtiden.

Sommerferie

Det er god praksis at regne med samme brugstid og belastning hele året, også i sommermånederne.

Det er netop for at håndtere de varme peak perioder, at der tillades overskridelser af den øvre temperaturgrænse. Bygningers brug ændres med tiden, og selvom der med den nuværende brug ikke er belastning i sommerperioden, er det vigtigt, at bygningen er robust og kan benyttes til andre formål, hvor der er brug i sommerperioden.

Hvis det, trods ovenstående, vælges ikke at medtage dele af sommerperioden i brugstiden, nedsættes toleranceoverskridelsen for sommer- og overgangsperioden med 8 timer henholdsvis 3 timer pr. uge for bygninger med fem arbejdsdage pr. uge.



Eksempel E2

Kontorbygning

En kontorbygning benyttes mandag-fredag. Der tages tre uger ud til sommerferie. Toleranceoverskridelserne justeres til:

$100 \text{ timer} - 3 \text{ uger} \cdot 8 \text{ timer/uge} = 76 \text{ timer over øvre temperaturgrænse}$

$25 \text{ timer} - 3 \text{ uger} \cdot 3 \text{ timer/uge} = 16 \text{ timer over øvre temperaturgrænse} + 1^\circ\text{C}.$

Resultaterne af en beregning uden brugstid i sommerferien bør altid præsenteres sammen med en beregning, hvor hele sommeren er medtaget, for at synliggøre hvilket indeklima der kan forventes, hvis bygningen er i brug hele sommeren.

E.2 Simulering af termisk indeklima

Indeklimaberegninger viser, hvordan indeklimaet bliver ved givne forudsætninger. Det er derfor vigtigt at være omhyggelig med at fastlægge forudsætningerne, for at få et retvisende billede af det kommende indeklima.

E.2.1 Forudsætninger

Hovedformålet med indeklimaberegninger er, som oftest, at **dimensionere** og optimere bygningen og dens systemer. Derfor 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, med varierende brugsprofiler, samt robusthedsanalyse ved særlig brug af lokalerne.

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 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 indeklimaberegningerne 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.

Der kan med fordel udføres robusthedsanalyse for markant anderledes brugs-scenarier af enkelte udsatte lokaler, fx når en kantine benyttes til reception/fællesmøde/fest eller lignende.

I "Appendiks G – Belastninger og samtidigheder, Erhverv" findes oversigt over forslag til brugsprofiler.

E.2.2 Operativ temperatur

I forbindelse med dynamiske indeklimasimuleringer evalueres temperaturen ud fra den operative temperatur, som tager højde for både luftens og overfladernes temperatur. Den operative temperatur regnes i programmerne som gennemsnittet af lufttemperaturen og den arealvægtede middelværdi af overfladetemperaturerne, og er tæt på den temperatur, en person i lokalet vil opleve.

Ved evaluering af det termiske indeklima benyttes middelværdien for den operative temperatur for hver time. I BSim hedder denne "TopMean". Der evalueres på middeltemperaturen, da det giver det mest retvisende billede af temperaturen i lokalet i den pågældende time.

Den operative temperatur er middelværdien af lufttemperaturen og middelstrålingstemperaturen, og er meget tæt på den temperatur en person i lokalet vil opleve. I praksis beregner dynamiske simuleringsprogrammer middelstrålingstemperaturen, som den arealvægtede middelværdi af overfladetemperaturerne i rummet og er derfor den samme for hele rummet.

For rum med fx store vinduesfacader vil middelstrålingstemperaturen og dermed den operative temperatur reelt variere, men dette vil ikke fremgå af simuleringerne. Det kan derfor være en god ide at opdele et lokale i flere zoner.

For rum med variationer i varmebelastning er det væsentligt at opdele i zoner, så fx den østvendte og vestvendte del af et storrums kontor ikke simuleres sammen.

Ved målinger i et rum vil man typisk måle lufttemperaturen. I rum med store kolde eller varme flader skal der tages højde for betydningen af disse ved fx af måle overfladetemperaturer og benytte globetermometer. Herudfra kan der omregnes til operativ temperatur for forskellige dele af rummet.

E.3 Træk

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

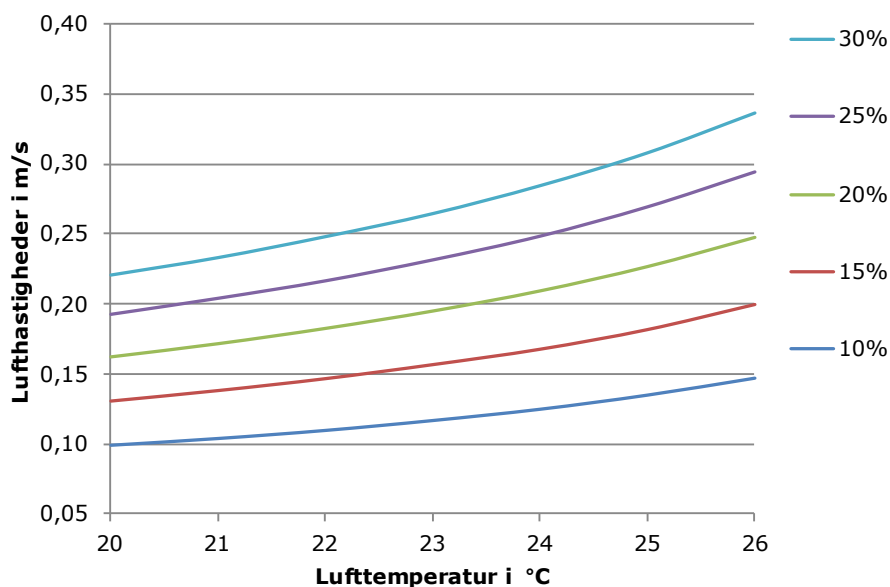
Trækrisikoen skal bestemmes og overholdes for følgende tre situationer:

Tabel E.1. Trækrisikoen bestemmes for følgende scenarier.

Scenarie	Rumtemperatur	Indblæsningstemperatur	Luftmængde
Sommer varm	Øvre grænse	Minimum	Maksimum
Sommer middel	Middel af øvre og nedre grænse	Minimum	Minimum
Vinter middel	Middel af øvre og nedre grænse	Maksimum	Maksimum

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

E.3.1 Lufthastighed og træk, Opblandingsventilation



Figur E.1. Sammenhæng mellem lufttemperatur og lufthastigheder ved trækrisiko på hhv. 10%, 15%, 20%, 25% og 30%. Sammenhængene gælder ved en turbulensintensitet for **opblandingsventilation** på 40%. [DS/EN ISO 7730, 2006]

I Tabel E.2 kan den tilhørende lufthastighed aflæses for forskellige værdier af lufttemperatur og trækrisiko for opblandingsventilation. I Tabel E.3 kan trækrisikoen aflæses ved forskellige lufttemperaturer og lufthastigheder. Begge tabeller er baseret på en turbulensintensitet på 40% og opblandingsventilation.

Tabel E.2. Sammenhørende værdier for temperaturer og lufthastigheder ved forskellige værdier af trækrisiko rates. Tallene er gældende ved en turbulensintensitet for **opblandingsventilation** på 40%. [DS/EN ISO 7730, 2006]

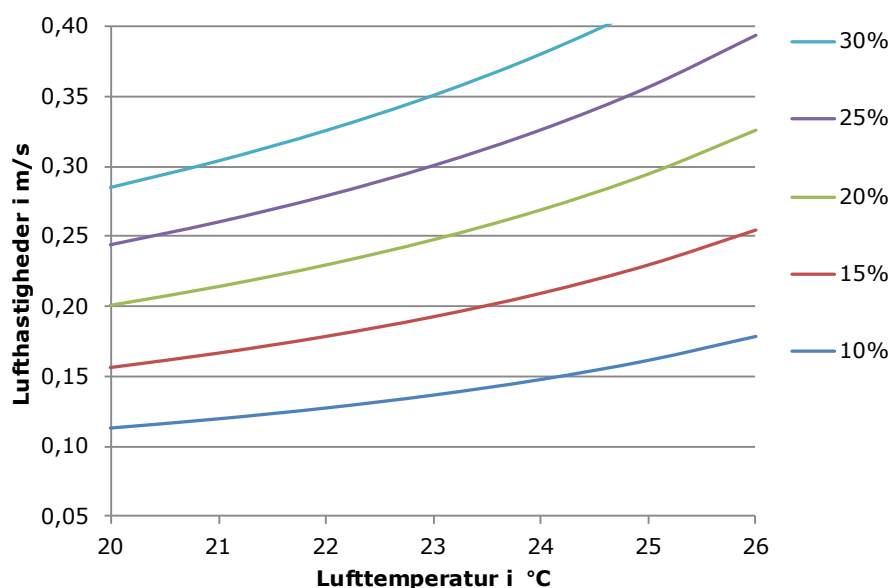
Lufttemperatur	Trækrisiko				
	10%	15%	20%	25%	30%
20°C	0,10 m/s	0,13 m/s	0,16 m/s	0,19 m/s	0,22 m/s
21°C	0,10 m/s	0,14 m/s	0,17 m/s	0,20 m/s	0,23 m/s
22°C	0,11 m/s	0,15 m/s	0,18 m/s	0,22 m/s	0,25 m/s
23°C	0,12 m/s	0,16 m/s	0,20 m/s	0,23 m/s	0,27 m/s
24°C	0,13 m/s	0,17 m/s	0,21 m/s	0,25 m/s	0,29 m/s
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 E.3. Trækrisiko ved forskellige værdier for temperaturer og lufthastigheder. Tallene er gældende ved en turbulensintensitet for **opblandingsventilation** på 40%. [DS/EN ISO 7730, 2006]

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%

E.3.2 Lufthastighed og træk, Fortrængningsventilation

For fortrængningsventilation vil turbulensintensiteten være omkring 20%. De følgende figurer og tabeller er optegnet for det dette.



Figur E.2. Sammenhæng mellem lufttemperatur og lufthastigheder ved trækrisiko på hhv. 10%, 15%, 20%, 25% og 30%. Sammenhængene gælder ved en turbulensintensitet for **fortrængningsventilation** på 20%. [DS/EN ISO 7730, 2006]

I Tabel E.4 kan den tilhørende lufthastighed aflæses for forskellige værdier af lufttemperatur og trækrisiko for opblandingsventilation. I Tabel E.5 kan trækrisikoen aflæses ved forskellige lufttemperaturer og lufthastigheder. Begge tabeller er baseret på en turbulensintensitet på 20% og fortrængningsventilation.

Tabel E.4. Sammenhørende værdier for temperaturer og lufthastigheder ved forskellige værdier af trækrisiko rates. Tallene er gældende ved en turbulensintensitet for **fortrængningsventilation** på 20%. [DS/EN ISO 7730, 2006]

Lufttemperatur	Trækrisiko				
	10%	15%	20%	25%	30%
20°C	0,11 m/s	0,16 m/s	0,20 m/s	0,24 m/s	0,29 m/s
21°C	0,12 m/s	0,17 m/s	0,21 m/s	0,26 m/s	0,30 m/s
22°C	0,13 m/s	0,18 m/s	0,23 m/s	0,28 m/s	0,33 m/s
23°C	0,14 m/s	0,19 m/s	0,25 m/s	0,30 m/s	0,35 m/s
24°C	0,15 m/s	0,21 m/s	0,27 m/s	0,33 m/s	0,38 m/s
25°C	0,16 m/s	0,23 m/s	0,29 m/s	0,36 m/s	0,42 m/s
26°C	0,18 m/s	0,25 m/s	0,33 m/s	0,39 m/s	0,46 m/s

Tabel E.5. Trækrisiko ved forskellige værdier for temperaturer og lufthastigheder. Tallene er gældende ved en turbulensintensitet for **fortrængningsventilation** på 20%. [DS/EN ISO 7730, 2006]

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%	8%	14%	20%	26%
21°C	0%	8%	13%	19%	24%
22°C	0%	7%	12%	17%	22%
23°C	0%	7%	11%	16%	20%
24°C	0%	6%	10%	14%	18%
25°C	0%	5%	9%	13%	17%
26°C	0%	5%	8%	11%	15%

E.4 Naturlig ventilation

Erhvervsbyggeri er ofte kendetegnet ved høj intern belastning samt solindfald gennem store vinduesarealer. Med det rigtige design kan naturlig ventilation give store luftskifter med lavt energiforbrug. Det kræver dog, at den naturlige ventilation er nøje designet og optimeret til den specifikke bygning og dennes indretning.

Som for mekanisk ventilation skal der udarbejdes dokumentation for luftkvalitet, træk og overtemperatur.



Figur E.3. Kontor med naturlig ventilation. I facaden er et højsiddende vinduesbånd med automatisk styrede åbninger. Åbningerne er jævnt fordelt i hele facaden, som sikrer at kontoret ventileres jævnt. Lokalet er uden nedhængte lofter, hvilket øger rumhøjden og den termiske masse i rummet. Optimalt havde åbningerne siddet med mindre lodret afstand til loftet, hvorved coanda-effekten kunne udnyttes mere effektivt, og dermed trække luften længere ind i lokalet. Fotokredit: WindowMaster

For erhvervsbyggeri gælder:

- **Automatisk** styring af vinduer betragtes som **naturlig ventilation**
- *Manuel* åbning af vinduer betragtes som *udluftning*

Retningslinjer for naturlig ventilation findes i DS 447 (2021) og SBI-anvisning 202 (2002). Designguiden fra SBI-anvisning 202 er gengivet i Tabel E.6.

Tabel E.6. Guide til brug ved design af naturlig ventilation. Uddrag fra SBI-anvisning 202 (2002).

	Vurdering		
	Egnet	Mulig	Kræver særlige overvejelser
Glasareal i % af facadeareal			
ved udvendig solafskærmning	< 25%	25 - 50%	> 50%
ved indvendig solafskærmning	< 15%	15 - 25%	> 25%
Omgivelser (læforhold, luftkvalitet og støj)	forstad / lidt trafik	byområde / moderat trafik	bycentrum / tæt trafik
Rumhøjde	> 3,2 m	2,7 - 3,2 m	< 2,7 m
Forholdet rumdybde/ rumhøjde	< 2	2 - 5	> 5
Aktiviteter med høj forureningsbelastning	separate rum	delvist i separate rum	spredt i rummene
Kontortype	overvejende cellekontorer	blandet	overvejende storrumskontorer
Termisk kapacitet	blotlagte, tunge konstruktioner	tunge konstruktioner	alene lette konstruktioner
Intern varmebelastning	< 15 W/m ²	15 - 30 W/m ²	> 30 W/m ²
Nettoareal pr. person	> 13 m ²	8 - 13 m ²	< 8 m ²
Krav til rumdæmpning	beskedne	moderate	strengt
Er intern støjoverføring acceptabel?	ja	lejlighedsvis	nej
Må ventilationsåbninger stå åbne?	ja, hele døgnet	ja, hele døgnet	kun i brugstiden
Påklædning	uformel	uformel	formel
Periodevis forringet luftkvalitet	acceptabel	korte perioder under ekstreme forhold	ikke acceptabel
Er træk acceptabelt	korte perioder	korte perioder	kun i korte perioder under ekstreme forhold
Gennemsnitligt luftskifte om vinteren	< 1 h ⁻¹	1 - 2 h ⁻¹	> 2 h ⁻¹

Rumhøjde og nettoareal pr. person i Tabel E.6 er angivet med henblik på at sikre et tilstrækkeligt luftvolumen pr. person, og dermed et godt atmosfærisk indeklima. Værdierne skal ses som en designguide, og indeklimaet skal stadig eftervises iht. gældende krav.

Tabel E.7 viser sammenhængen mellem de vejledende værdier i relation til rumvolumen pr. person.

Tabel E.7. Brug af designguidens værdier til beregning af vejledende rumvolumen pr. person.

	Vurdering		
	Egnet	Mulig	Kræver særlige overvejelser
Rumhøjde	> 3,2 m	2,7 - 3,2 m	< 2,7 m
Nettoareal pr. person	> 13 m ²	8 - 13 m ²	< 8 m ²
Rumvolumen pr. person	> 41,6 m ³	21,6 - 41,6 m ³	< 21,6 m ³

E.4.1 Placering og styring af åbninger

For at minimere træk i opholdszonen, skal åbninger, benyttet til naturlig ventilation i kolde perioder, placeres højt i ydervæggen og udformes så de i videst muligt omfang sender udeluften opad mod loftet, fx højsiddende, lave, vandrette vinduesbånd. På denne måde udnyttes coanda-effekten og den kolde udeluft opblandes mest muligt inden den rammer opholdszonen. Anbefalede rumhøjder findes i SBI-anvisning 202 (2002). Designguiden fra SBI-anvisning 202 er gengivet i Tabel E.6. Det kræver særlige overvejelser at gå under 2,7 m i fri rumhøjde, da det er væsentligt at sikre tilstrækkelig rumvolumen pr. person for at kunne opretholde et tilfredsstillende indeklima (se Tabel E.7).

Opluk skal være jævnt fordelt over facaden på en måde, som i videst muligt omfang muliggør tværv ventilation, og som udnytter den dominerende vindretning. Er der støj fra omgivelserne skal der tages højde for dette ved placering og udformning af åbningerne.

Ved brug af solafskærmning eller gardiner skal det sikres, at disse ikke blokerer for brug af ventilationsåbningen. Bundhængte indadgående vinduer er oftest at foretrække rent teoretisk, men i praksis kan denne vinduestype give problemer fordi vinduet skal åbnes meget, før det går fri af både karm og vindueshul, eller ved fx oprullede persienser eller dybe vindueshuller, der reducerer det reelle åbningsareal betragteligt. Vinduestypen bør derfor nøje overvejes i forhold til det øvrige design omkring vinduet.

Brugere, der selv har mulighed for at regulere deres indeklima, vil oftest være mere tilfredse. I forbindelse med naturlig ventilation bør brugerne derfor have mulighed for at forhindre træk ved lukning af vinduer. Mulighed for overstyring af vinduer kan eksempelvis monteres med ca. 5 m facade pr tryk eller et modul, således, at brugerne kan regulere eget indeklima uden at påvirke flere sektioners indeklima ved åbning/lukning af vinduet.

E.4.2 Vurdering af trækrisiko

Ved design af naturlig ventilation afgør de naturlige drivkræfter (vindhastighed og temperaturforskel mellem ude og inde) og åbningsgraden af vinduet hvor meget ventilationsluft, der kommer ind i bygningen. Udeluften kommer direkte ind i rummet uden forvarmning, og ventilationsluftens temperatur afspejler dermed direkte udeklimaet.

For vinterperioden anbefales det at benytte pulsventilation. Erfaringer fra naturligt ventilerede bygninger viser, at pulsventilation foretrækkes af brugerne, fremfor, at vinduerne har en lille spalteåbning hele tiden.

Ved pulsventilation åbnes vinduerne i 2-3 minutter hver halve time. Tid og åbningsgrad afhænger af ventilationsbehovet. I perioder med lave udetemperaturer vil åbning af vinduer, som udgangspunkt altid medføre at kravet til trækrisiko / draught rate overskrides. Trækrisiko ved naturlig ventilation evalueres derfor i

forhold til andelen af brugstiden, hvor trækkriteriet overskrides (Tabel E.8) idet det vurderes overskredet hver gang vinduerne åbnes i perioder med kolde ude-temperaturer.

Tabel E.8. Værdier for acceptable afvigelser med hensyn til træk. Nybyg iht. DS 447 (2021).

	Afvigelse	Uge	Måned	År
Nybyg	Andel af brugstiden	10%	8%	6%
	Ved brugstid på 40 timer	4 timer	14 timer	126 timer
Renovering	Andel af brugstiden	12%	10%	7%
	Ved brugstid på 40 timer	5 timer	18 timer	150 timer

E.4.3 Nødvendigt luftskifte

Ved beregning af nødvendigt luftskifte til naturlig ventilation vil det for vinterperioden typisk være det atmosfæriske indeklima, der bliver dimensionsgivende. For yderligere beskrivelse af dette henvises til Appendiks H.

Sommer- og overgangsperioderne vil blive dimensionsgivende for det maksimale åbningsareal, som skal fjerne risiko for overtemperaturer. For yderligere beskrivelse af dette henvises til Appendiks E.1 – E.3.

E.5 Robusthedsanalyse

I forlængelse af indeklimasimuleringer kan der med fordel udføres en robusthedsanalyse, der indeholder:

- Liste med kritiske og særligt følsomme parametre
- Forventet fremtidigt indeklima
- Liste med forslag til fremtidige tiltag

E.5.1 Kritiske og særligt følsomme parametre

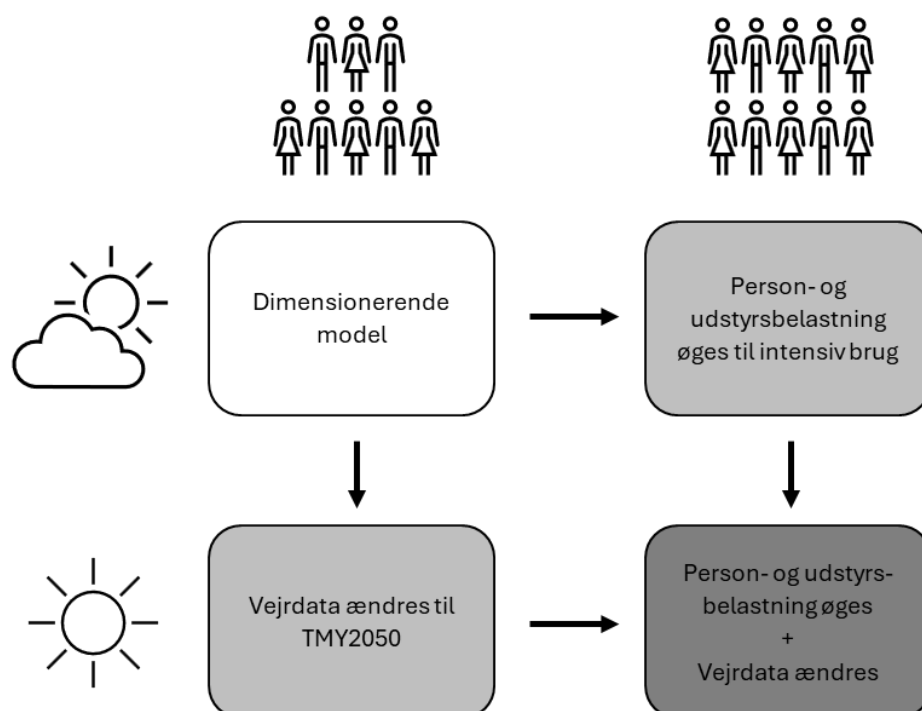
I forbindelse med de allerede udførte simuleringer, vil der formentlig være sket en række justeringer af modellen, for at opnå det ønskede indeklima. Med udgangspunkt i disse erfaringer oplistes, hvilke parametre der er kritiske for at komme i mål med det ønskede indeklima og hvilke parametre som er særligt følsomme.

De kritiske parametre kan fx være udvendig solafskærmning, køling på ventilationsluften eller antallet af personer i rummet. Uden disse er det ikke muligt at få indeklimaet til at gå op.

Særligt følsomme parametre er der dem, hvor en lille justering, kan have stor indflydelse på indeklimaet. Det kan fx være indblæsningstemperaturen eller sætpunktet for temperatur eller solafskærmning. Det er helt almindeligt, at driften foretager justeringer i forhold til brugernes klager og fx hæver indblæsningstemperaturen eller kølesætpunktet, men konsekvensen kan blive, at temperaturen over middag derved langt oftere overstiger den ønskede maksimale temperatur i rummet.

Listen med kritiske og særligt følsomme parametre benyttes både i løbet af projekteringen til at sikre at eventuelle ændringer ikke spænder ben for indeklimaet, og efterfølgende af driftspersonalet, der får viden om at selv små ændringer i visse parametre, kan have større konsekvenser for det samlede indeklima.

E.5.2 Fremtidigt indeklima



Figur E.4. Ved en robusthedsanalyse simuleres indeklimaet med vejrdato for 2050 og ved mere intensiv brug af bygningen. Der køres simuleringer med ændringerne hver for sig og sammen, altså tre ekstra simuleringer.

Med udgangspunkt i de dimensionerende simuleringssmodeller køres tre yderligere simuleringer, én hvor vejrdato ændres til fx TMY2050, én hvor den interne belastning fra personer og udstyr øges svarende til forskellen mellem "Almindelig brug" og "Intensiv brug" i de opstillede belastningsprofiler i Appendiks G og én med begge ændringer.

Resultatet af simuleringerne præsenteres fx som sammenlignende temperaturgrafer for udvalgte uger og antal timer over 25°C, 26°C, 27°C og 28°C.

Øget intern belastning

Det forventes, at bygningernes kvadratmeter fremover vil blive udnyttet mere intensivt og derfor er det fornuftigt på forhånd, at undersøge hvilke konsekvenser en mere intensiv brug vil have på indeklimaet.



Figur E.5. En mere intensiv brug af bygningen simuleres ved at øge belastningen svarende til at gå fra "almindelig" til "intensiv" samtidig i brugs mønstret for personer og udstyr.

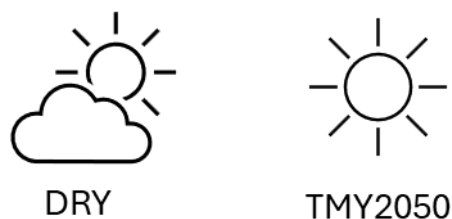
Hvis der ved de dimensionerende indeklimasimuleringer er benyttet et brugs mønster svarende til "Almindelig brug" i appendiks G, så øges denne til "Intensiv brug". Hvis der er benyttet et andet brugs mønster, øges brugen svarende til forskellen mellem almindelig og intensiv brug for den pågældende rumtype. For

kontorer til flere personer vil det fx betyde, at person- og udstyrsbelastningen øges med 25%.

Alternativt kan der i samarbejde med bygherre opstilles et tilsvarende scenarie, med udgangspunkt i den konkrete bygning. Det kan fx være hvis der øges fra to til tre skriveborde fra facaden eller et kontor til 6 personer omdannes til et mødelokale til 10 personer.

Variation af vejrdata

Klimaforandringerne betyder, at vejret forventes at blive varmere i de kommende årtier. For at en bygning kan være modstandsdygtig overfor fremtidige temperaturændringer, skal bygningsdesignet være robust, så et tilfredsstillende termisk indeklima også kan opretholdes i fremtiden.



Figur E.6. Det fremtidige klima forventes at blive varmere, derfor køres simuleringer med fremskrevne klimadata som TMY2050.

Udover det danske DRY-år, der benyttes til de dimensionerende indeklimasimuleringer og til eftervisning af krav i bygningsreglementet, er der også udarbejdet vejrdatafiler for det forventede vejr i 2050 og 2090. Disse ligger tilgængelige på BUILDs hjemmeside. På hjemmesiden findes desuden vejrdata, der gør det muligt at simulere for særlige solrige, varme, kolde og blæsende år.

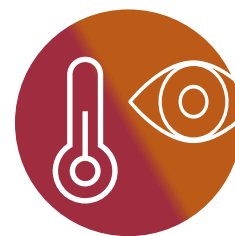
Ved udarbejdelse af robusthedsanalyse køres simuleringer af indeklimaet med de fremskrevne vejrdata TMY2050.

E.5.3 Forslag til fremtidige tiltag

Ud fra simuleringerne af indeklimaet med øget brug og fremskrevne klimadata, udarbejdes en liste med forslag til tiltag, som vil kunne gøres fremadrettet, for at imødegå de forhøjede temperaturer i bygningen.

Der er ikke krav til at der udføres simuleringer med de foreslåede tiltag, men tiltagene skal være målrettede den konkrete bygning og dennes udfordringer i forhold til at skabe et acceptabelt indeklima.

Appendiks F – Solafskærmning, Erhverv



I erhvervsbyggeri er solafskærmning en balancerende mellem at sikre tilstrækkeligt dagslys og udsyn samt at opretholde et godt termisk indeklima og minimere energiforbruget.



Figur F.1. Solafskærmning påvirker både udsyn og dagslys, samt termisk indeklima og energiforbrug (AI-genereret billede).

Solafskærmning kommer i mange forskellige typer, nogle giver mulighed for delvist udsyn gennem dem eller et farvet udsyn, mens andre blokerer udsynet helt.

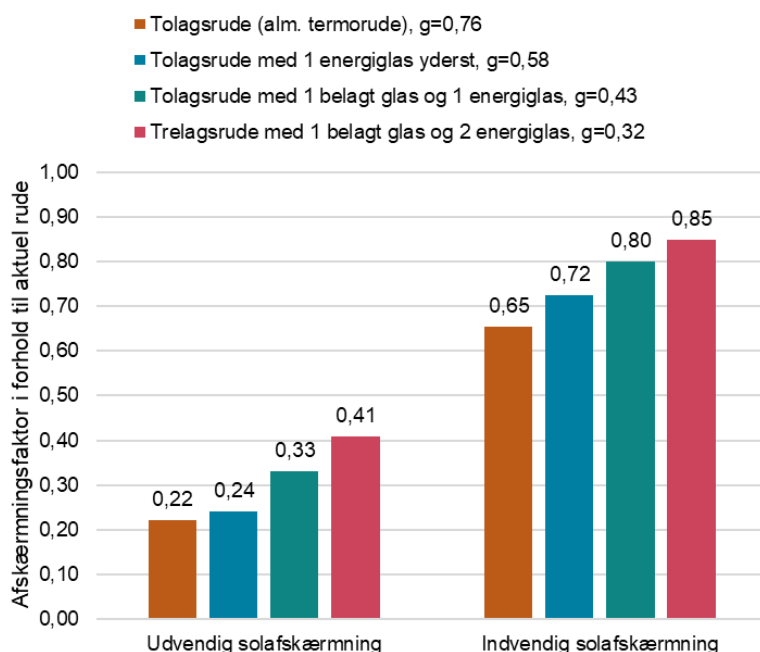
Ved brug af mobil solafskærmning påvirkes udsyn og dagslys alene når solindfaldet til rummet er et problem, mens der resten af tiden er udsyn og dagslys. Med automatisk styring sikres desuden, at solafskærmningen aktiveres inden solindfaldet bliver et problem uanset om lokalerne er i brug eller ej. Fx en tidlig morgen for et østvendt vindue.

Med fast solafskærmning eller solafskærmende glas, vil dagslys og udsyn blive forringet hele tiden og ikke kun når solindfaldet er for højt. Til gengæld er løsningen som regel billigere og mere driftssikker.

Solafskærmning kan ved naturlig ventilation mindske det reelle åbningsareal, hvilket i så fald skal indgå i beregningerne.

Solafskærmningens effekt angives ved afskærmningsfaktoren, der angiver hvor stor en andel af solvarmen, der passerer. En høj afskærmningsfaktor tillader meget varme at passere, mens en lav afskærmningsfaktor kun tillader en mindre del at passere og er derfor mere effektiv. Afskærmningsfaktoren afhænger af ruden den skal fungere sammen med og kan variere meget fra en termorude til en solafskærmende rude. Som det ses af Figur F.2 kan den samme

solafskærmning have en afskærmningsfaktor på 0,22 foran en termorude, mens den er oppe på 0,41 foran en solafskærmende rude. Det ses desuden at udvendig afskærmning er markant mere effektiv end indvendig afskærmning. Der henvises til SBI-anvisning 264 Solafskærmninger [Johnsen, K, 2016] kapitel 5 for yderligere beskrivelser og beregninger.



Figur F.2. Afskærmningsfaktorer beregnet i hht. SBI-anvisning 264 Solafskærmninger [Johnsen, K, 2016] for hhv. en udvendig og en indvendig, lys afskærmning med transmitans på 0,1 og en reflektans på 0,5. Der er benyttet rudetyper fra SBI-anvisningens tabel 20.

F.1 Udsynsklasser for solafskærmning

For indeklimaklasserne er der opstillet krav til, at solafskærmningen er i brug maksimalt 25%, 20% og 15% af den del af brugstiden, der ligger mellem kl. 7 og kl. 18. Der kan opnås et tillæg på 5%-point ved at opdele styringen af solafskærmningen i mindre sektioner og med manuel overstyring. Disse tal er gældende for afskærmning med blokeret udsyn.

For afskærmninger, der kun medfører delvist blokeret eller farvet udsyn, benyttes en vægtningsfaktor, så det tillades, at afskærmningen benyttes mere, end hvis udsynet er helt blokeret. Jo bedre udsyn, jo mere kan afskærmningen benyttes

Solafskærmningerne vægtes efter udsynsklasserne beskrevet i SBI-anvisning 264 "Solafskærmninger" (2016) som er baseret på DS/EN 14501 (2005).

Tabel F.1. Sammenhæng mellem udsynsklasse i henhold til SBI-anvisning 264 "Solafskærmninger" og DS/EN 14501 og vægtning af en afskærmningstime.

	Udsynsklasse for solafskærmning	Vægtning 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

Vægtningstaktoren 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.

I Tabel F.2 er udregnet hvor meget solafskærmningen kan være i brug for hver af udsynsklasserne.

Tabel F.2. Sammenhæng mellem udsynsklasse og den reelle tilladte procent af brugstiden når den vægtede brugstid i hht. kravspecifikationen er hhv. 25%, 20% og 15%. Tallene er alene gældende, hvis der kun skal regnes på én afskærmningstype. (Hvis der både benyttes solafskærmende glas og en variabel solafskærmning henvises til afsnit F.2.1 tabel F.4.)

	Udsynsklasse for solafskærmning	25% Minimum / Renovering	20% Standard	15% Skærpet
Afskærmning med blokeret udsyn	0	25%	20%	15%
	1	26%	21%	16%
	2	31%	25%	19%
	3	42%	33%	25%
Afskærmning med bedst udsyn	4	100%	100%	100%

Tallene er gældende, hvis der kun benyttes én type afskærmning.

Solafskærmende glas kan påvirke eller farve udsynet og ligger derfor i udsynsklasse 3 eller 4.

Solafskærmende glas i udsynsklasse 3 påvirker udsynet betragteligt og vægtes med en faktor 0,60. Da glasset er i brug altid, svarer det til en vægtet brugstid på 60%. Derved er det ikke muligt at opfylde krav til solafskærmningstid og udsyn. Glas i udsynsklasse 3 bør ikke benyttes i den del af facaden, hvor brugerne har udsyn.

Solafskærmende glas i udsynsklasse 4 påvirker udsynet og vægtes med en faktor 0,15. Da glasset er i brug altid, svarer det til en vægtet brugstid på 15%. Dette begrænser, hvor meget tid anden afskærmning kan benyttes. For indeklimaklasse skærpet er det fx ikke muligt at benytte supplerende afskærmning. Dette er nærmere beskrevet i afsnit F.3.

Eksempler på afskærmning i de fem klasser kan ses i Tabel F.3.

Tabel F.3. Egenskaber for de almindeligste regulerbare solafskærmninger. Tabellen er baseret på SBI-anvisning 264 (2016) tabel 19, med enkelte justeringer³ 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	Åbningsfaktor = 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	1,00
	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, farvet	Se næste afsnit	4	0,15
	Solafskærmende glas, kraftigt farvet	Se næste afsnit	3	0,60

Valg af solafskærmning skal ske ud fra en subjektiv vurdering af den konkrete afskærmning, da der er store variationer i udsynet indenfor den hver udsynsklasse.

Er afskærmningen i en time kun trukket halvt for, vægter timen halvt.

For en justerbar persienne vil udsynsklassen afhænge af vinklen og vil kunne variere fra time til time. Her optælles antallet af timer med de forskellige vinkler og vægtes hver for sig.

³ Efter samråd med forfatteren til SBI-anvisning 264 (2016).

En indvendig manuel styret afskærmning, der alene benyttes mod blænding, medregnes ikke ved evaluering af antal timer med solafskærmning. Men hvis den indgår i forhold til at overholde krav til termisk indeklimate, skal den tælles med.

Eksempel F1

Solafskærmningstid i udsynsklasse 0 i forhold til udsynsklasse 3

Et kontor har en mobil solafskærmning i udsynsklasse 0. Kontorets brugstid er mandag til fredag fra kl. 8 til kl. 17

Den samlede brugstid er på 2.349 timer pr. år, der alle ligger mellem kl. 7 og kl. 18.

For at opfylde krav til indeklimaklasse Standard, må solafskærmningen maksimalt være i brug:
20% af de 2.349 timer = 470 timer

Hvis de skifter til en solafskærmning i udsynsklasse 3 kan de i stedet benytte solafskærmningen:

33% af de 2.349 timer = 775 timer.

Eksempel F2

Mobil solafskærmning og brugstid 24 timer i døgnet

Et hospital har en mobil solafskærmning i udsynsklasse 0. Hospitalet er i brug hele døgnet alle ugens syv dage.

Den samlede brugstid er på 8760 timer pr. år, hvoraf de 4015 timer pr. år ligger i tidsrummet kl. 7 til kl. 18.

For at leve op til kravene i indeklimaklasse Skærpet må solafskærmningen være i brug:
15% af 4015 timer = 602 timer i tiden mellem kl. 7 og kl. 18.

Der er ikke krav til brugen mellem kl. 18 og kl. 7.

Eksempel F3

Solafskærmning i butik

En butik har åbent mandag til fredag fra kl. 10 til kl. 20 og lørdag fra kl. 9 til kl. 12. Butikken har en mobil solafskærmning i udsynsklasse 0.

Af butikkens specifikke brugstid på hverdage ligger der syv timer pr. dag mellem kl. 7 og kl. 18, hvilket svarer til 1827 timer pr. år.

På lørdage ligger hele brugstiden mellem kl. 7 og kl. 18, derfor tælles alle tre timer med, hvilket svarer til 156 timer pr. år.

Samlet set er der 1923 timer pr. år af brugstiden, som ligger mellem kl. 7 og kl. 18.

For at leve op til kravene i indeklimaklasse Standard må solafskærmningen være i brug
 20% af 1923 timer = 397 timer i tiden mellem kl. 7 og kl. 18.

Hvis de skifter til en solafskærmning i udsynsklasse 2, kan de i stedet benytte solafskærmningen:

25% af 1923 timer = 481 timer i tiden mellem kl. 7 og kl. 18.

Der er ikke krav til brugen i brugstiden mellem kl. 18 og kl. 20 eller udenfor brugstiden.

Eksempel F4

Vægtet brugstid for solafskærmning

Et møderum er solafskærmet med persienner, der kan vinkles i forhold til behovet for solafskærmning og trækkes helt fra, når der ikke er behov for solafskærmning.

Indeklimasimuleringen viser, at persiennerne er helt lukkede i 10% af brugstiden, persiennerne er i en vinkel på 45° i 10% af brugstiden, og persiennerne står vandret 20% af brugstiden. De resterende 60% af tiden er persiennerne trukket op, så der er helt frit udsyn.

Lukkede persienner ligger i udsynsklasse 0 og vægtes med 1,00
den vægtede brug er $10\% \times 1,00 = 10\%$

Persiennere i 45° ligger i udsynsklasse 3 og vægtes med 0,60
den vægtede brug er $10\% \times 0,60 = 6\%$

Persiennere i vandret ligger i udsynsklasse 4 og vægtes med 0,15
den vægtede brug er $20\% \times 0,15 = 3\%$

Samlet er den vægtede brugstid for solafskærmningen: $10\% + 6\% + 3\% = 19\%$

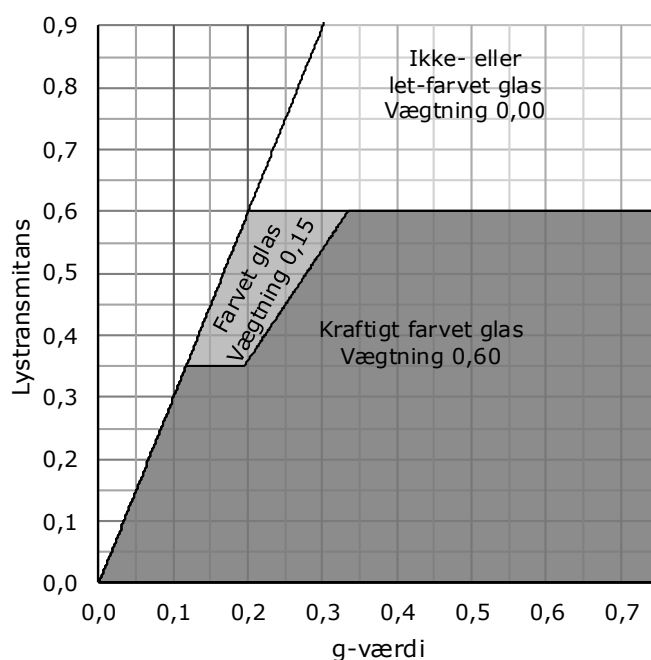
F.2 Solafskærmende glas

Solafskærmende glas påvirker udsynet og derfor evalueres det på linje med øvrige solafskærmning.

Hvor meget og hvordan udsynet påvirkes, afhænger af hvilke af solstrålingens bølgelængder glasset filtrerer fra. Omkring halvdelen af solstrålingens energiindhold ligger i det synlige spektrum. Det er derfor ikke muligt at opnå en lav g-værdi uden også at filtrere i den synlige del af lyset, hvilket medfører en lavere lystransmittans og kan farve udsyn og dagslys.

Lystransmittansen samt forholdet mellem lystransmittansen og g-værdien kan benyttes som indikatorer for, hvor farvet glasset og dermed udsynet er. Det er samtidig værdier, som altid er tilgængelige fra glasproducenterne.

Det er valgt ikke at benytte Ra-værdien, da denne er udviklet til elektrisk belysning og ikke er dækkende for sollys.



	LT/g ≤ 1,8	LT/g > 1,8
0,00 ≤ LT < 0,35	0,60	0,60
0,35 ≤ LT < 0,60	0,60	0,15
0,60 ≤ LT < 1,00	0,00	0,00

Figur F.3. Vægtningsfaktorer for solafskærmende glas

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

F.2.1 Solafskærmning sammen med solafskærmende glas

I tilfælde af, at der både benyttes solafskærmende glas og en anden type solafskærmning, skal man være opmærksom på, at den mobile afskærmning kan benyttes mindre, fordi udsynet allerede er forringet. Herunder er vist hvor meget den mobile solafskærmning kan benyttes i dette tilfælde.

Tabel F.4. Hvor stor en andel af brugstiden, der kan anvendes yderligere solafskærmning, hvis der benyttes **solafskærmende glas** i udsynsklasse 4, hvor hver time vægter 0,15. Tabellen er også gældende for fx faste, vandrette lameller.

Solafskærmende glas i udsynsklasse 4	Udsynsklasse for solafskærmning	Vægtet brugstid på		
		25% Minimum / Renovering	20% Standard	15% Skærpet
Afskærmning med blokeret udsyn	0	11,8%	5,9%	0,0%
	1	12,5%	6,3%	0,0%
	2	15,4%	7,7%	0,0%
	3	22,2%	11,1%	0,0%
Afskærmning med bedst udsyn	4	100,0%	100,0%	0,0%

I tilfælde af at der både benyttes solafskærmende glas og en mobil solafskærmning, optælles antallet af timer hhv. med og uden solafskærmning for brugstiden mellem kl. 7 og kl. 18. Antallet af timer uden solafskærmning ganges med vægtningsfaktoren for det solafskærmende glas. Antallet af timer med aktiv solafskærmning ganges med vægtningsfaktoren for solafskærmningen. Summen af de to tal giver den vægtede brugstid.

Eksempel F5

Kontor med både 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.

Brugstiden for kontoret er 2610 timer.

Screen'en er i brug 200 timer om året i brugstiden, hvilket betyder, at der 2410 timer om året afskærmes alene med den solafskærmende rude.

Vægtet antal timer med screen i brug: $200 \text{ timer} \cdot 0,80 = 160 \text{ timer}$

Vægtet antal timer for glas alene: $2410 \text{ timer} \cdot 0,15 = 362 \text{ timer}$

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

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

Dermed overholdes kravet for indeklimaklasse Standard.

Alternativt kan andelen af brugstiden med solafskærmning beregnes som:

$200 \text{ timer} / 2610 \text{ timer} = 7,7\%$

Hvilket svarer til tallet i Tabel F.4 for indeklimaklasse Standard og udsynsklasse 3.

F.3 Styring af solafskærmning

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 ellers kan være kølebehov allerede inden, brugerne er mødt ind.

Ved automatisk styret solafskærmning opdeles styringen i felter, hvor afskærmningen for flere vinduer styres sammen. Som bruger af en bygning er det lettere at acceptere, at solafskærmningen påvirker ens udsyn til det fri, hvis det er fordi, der er direkte sol på de vinduer man sidder ved, samt hvis man har mulighed for at overstyre solafskærmningen. Derfor tillades det, at solafskærmningen kan benyttes 5%-point mere, hvis styringen er opdelt i felter på maksimalt én etage i højden og 5 meter i bredden, og der samtidig er lettilgængelig manuel overstyring af solafskærmningen for brugerne. Det anbefales, at solafskærmningen går tilbage til automatisk drift 1 time efter der har været manuel overstyring i mødelokaler og 2-3 timer i kontorlokaler.

Solafskærmningen må benyttes 5%-point mere, hvis styringen opfylder både:

- Styres i felter af maks. 5 meters bredde og én etage i højden
- Brugerne har let adgang til overstyring, fx i form af kontakter ved facaden

Tabel F.5. Sammenhæng mellem udsynsklasse og den reelle tilladte procent af brugstiden når den vægtede brugstid i hht. kravspecifikationen er hhv. 30%, 25%, og 20%. Tallene er alene gældende, hvis man har opnået styringsbonus på **5%-point** og hvis der kun skal regnes på én afskærmningstype. (Hvis der både benyttes solafskærmende glas og en variabel solafskærmning henvises til Tabel F.6)

Styring i mindre felter	Udsynsklasse for solafskærmning	Vægtet brugstid på		
		30% Minimum / Renovering	25% Standard	20% Skærpet
Afskærmning med blokeret udsyn	0	30%	25%	20%
	1	32%	26%	21%
	2	38%	31%	25%
	3	50%	42%	33%
	4	100%	100%	100%
Afskærmning med bedst udsyn	4	100%	100%	100%

Eksempel F6

Mørk screen med åbningsfaktor over 5%

I et kontor, der benyttes mandag til fredag fra kl. 8 til kl. 17, installeres en screen, der ligger i udsynsklasse 3. Screen'en er i brug 565 timer af brugstiden i løbet af året.

Den samlede brugstid for lokalet er 2349 timer, der alle ligger mellem kl. 7 og kl. 18.

Solafskærmningen er dermed i brug 24% af brugstiden.

En screen i udsynsklasse 3 har en vægtningsfaktor på 0,60.

For indeklimaklasse Standard betyder det, at screen'en kan være i brug 33% af brugstiden svarende til 783 timer. Brugen lever dermed op til indeklimaklasse Standard.

Alternativt kan de 24% ganges med 0,6, hvilket giver en vægtet solafskærmningstid på 14% af brugstiden. Igen ses det, at indeklimaklasse Standard er overholdt, og faktisk også Skærpet.

I tilfælde af, at der både benyttes solafskærmende glas og en anden type solafskærmning styret i mindre felter (< 5m), skal man være opmærksom på, at den mobile afskærmning kan benyttes mindre, fordi udsynet allerede er forringet. Herunder er vist hvor meget den mobile solafskærmning kan benyttes i dette tilfælde.

Tabel F.6. Hvor stor en andel af brugstiden, der kan anvendes yderligere solafskærmning, hvis der benyttes **solafskærmende, farvet glas** i udsynsklasse 4, hvor hver time vægter 0,15, samtidig med at der er opnået en bonus på ekstra **5%-point** brug fordi solafskærmningen styres i mindre felter. Tabellen er også gældende for fx faste, vandrette lameller.

Solafskærmende glas i udsynsklasse 4 + Styring i mindre felter	Udsynsklasse for solafskærmning	Vægtet brugstid på		
		30% Minimum / Renovering	25% Standard	20% Skærpet
Afskærmning med blokeret udsyn	0	17,6%	11,8%	5,9%
	1	18,8%	12,5%	6,3%
	2	23,1%	15,4%	7,7%
	3	33,3%	22,2%	11,1%
Afskærmning med bedst udsyn	4	100,0%	100,0%	100,0%

Eksempel F7

Fastmonterede lameller og indvendig screen

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. Derudover etableres en indvendig screen i udsynsklasse 1, som styres i mindre felter ($< 5m$).

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 i brug. Dette giver 4015 timer. Screenen benyttes 500 timer om året mellem kl. 7 og kl. 18.

Vægtet antal timer med screen i brug:	$500 \text{ timer} \cdot 0,95 = 475 \text{ timer}$
Vægtet antal timer for lameller:	$(4015-500) \text{ timer} \cdot 0,15 = 527 \text{ timer}$
Vægtet total antal solafskærmningstimer:	$475 \text{ timer} + 527 \text{ timer} = 1002 \text{ timer}$

Vægtet andel af brugstid med solafskærmning: $1002 \text{ timer} / 4015 \text{ timer} = 24,9\%$

Dermed overholdes kravet til indeklimaklasse Standard, når der styres i mindre felter ($< 5m$).

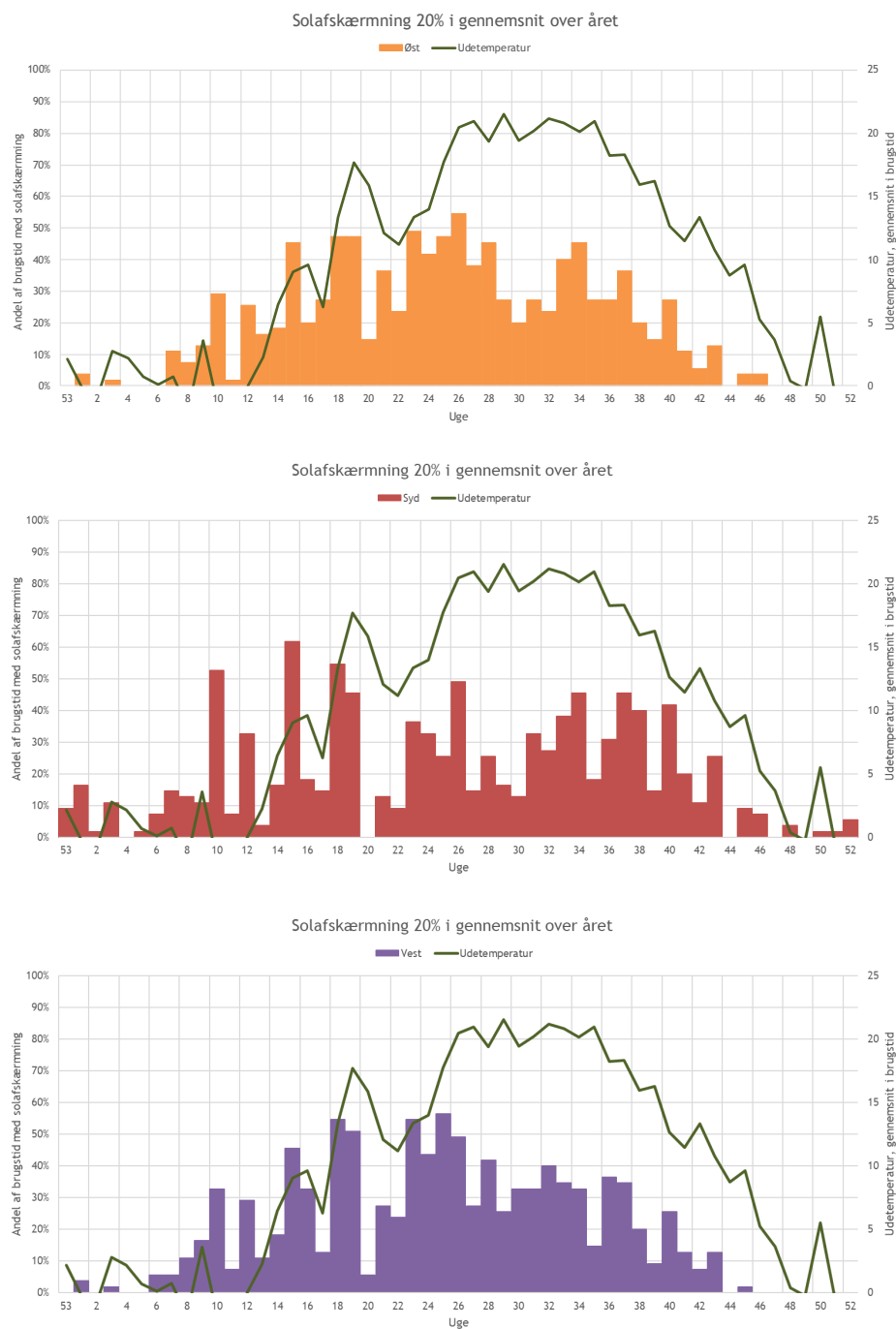
Alternativt kan afskærmningstiden alene for screen'en beregnes som:

Andel af brugstid med solafskærmning: $500 \text{ timer} / 4015 \text{ timer} = 12,5\%$
Hvilket svarer til tallet i Tabel F.6 for indeklimaklasse Standard og udsynsklasse 1.

F.3.1 Fordeling over året, styringsparametre

I både simuleringer og i den reelle styring af solafskærmning, vil der som regel benyttes samme værdier for, hvornår solafskærmningen aktiveres og deaktiveres hen over året. Værdierne vil variere afhængig af vinduernes orientering, men være de samme sommer og vinter.

Brugstiden for solafskærmning optælles som et gennemsnit for hele året. Dette betyder reelt, at afskærmningen vil være i brug mere end den angivne procent-sats nogle perioder, mens den i andre perioder vil være mindre i brug. Fordelingen er vist i Figur F.4 for hhv. orientering mod øst, syd og vest.



Figur F.4. Fordelingen af hvor meget solafskærmningen er i brug uge for uge ved en gennemsnitlig brugstid på 20% for DRY2013. For hver orientering er 20% fraktilen for solindfaldet mellem kl. 7 og kl. 18 mandag-fredag fundet og solafskærmningen benyttes ved solindstråling højere end dette. Den gennemsnitlige udetemperatur i brugstiden er indtegnet med grøn. På ugebasis er afskærmningen maksimalt i brug 55% mod øst, 62% mod syd og 56% mod vest.

Solafskærmning mod øst er generelt i brug om formiddagen, mens den mod vest er i brug om eftermiddagen. Mod syd vil man 44 hverdage om året opleve at solafskærmningen er for mere end 50% af brugstiden, mens det sker 22 dage mod øst og 29 dage mod vest.

Differentieret styring af solafskærmning over året

Med faste værdier for styring af solafskærmning over året, vil solafskærmningen være i brug i de timer, hvor der er størst solindfald. Solindfaldet har dog ikke nødvendigvis samme betydning for det termiske indeklima i bygningen hele året.

Om vinteren kan et opvarmningsbehov fx betyde, at solindfaldet bidrager positivt selvom det ligger i 20%-fraktilen. Derfor kan det være en fordel at benytte højere værdier for hvornår solafskærmningen aktiveres i disse perioder.

På den anden side, kan de differentierede temperaturkrav sommer og vinter betyde, at rum, med kølebehov en stor del af året, er ekstra udfordret i vinterperioder ved solindfald. Fordi udetemperaturen i fx marts stadig er lav, vil brugernes beklædning være større end om sommeren, hvilket er årsagen til den lavere maksimumstemperatur i indeklimaklasserne. Solindfaldet sammen med det lavere temperaturkrav kan betyde, at kølebehovet i marts bliver dimensionsgivende, selvom solindfaldet ikke ligger i 20%-fraktilen. Her kan det være en bedre løsning at aktivere solafskærmningen ved lavere værdier for solindfald i disse perioder og samtidig øge værdierne i andre perioder for samlet over året et ramme de 20%. Dette kræver dog, at CTS-systemet og driftspersonalet kan håndtere denne styring og det skal derfor aftales tydeligt med bygherre, hvis denne type styring er nødvendig.

Eksempel F8

Renovering af sydvendt mødelokale med solafskærmende glas og screen

Vinduer udskiftes til nye med solafskærmende glas i udsynsklasse 4 og der monteres en udvendig screen i udsynsklasse 3.

Rummets brugstiden er 2088 timer pr år. Screen'en er i brug 232 timer om året i brugstiden.

Styringsværdierne for brug af solafskærmningen er differentieret for hver måned for at optimere kølebehovet i rummet. Dette medfører følgende fordeling af andel af brugstid med solafskærmning.

Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	Maj	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Okt.	Nov.	Dec.
5%	5%	22%	15%	15%	15%	15%	14%	15%	11%	5%	0%

Over året bruges afskærmningen i gennemsnit 11,5%.

Vægtet antal solafskærmningstimer, screen: $232 \text{ timer} \cdot 0,60 = 139 \text{ timer}$
Vægtet antal solafskærmningstimer, glas: $(2088 \text{ timer} - 232 \text{ timer}) \cdot 0,15 = 278 \text{ timer}$
Total antal solafskærmningstimer: $139 \text{ timer} + 278 \text{ timer} = 417 \text{ timer}$

Vægtet procent af brugstid med solafskærmning: $417 \text{ timer} / 2088 \text{ timer} = 20\%$.

Dermed overholdes kravet for indeklimaklasse Standard.

Appendiks G – Belastninger og samtidigheder, Erhverv



G.1 Personer

Varmeafgivelsen fra personer afhænger hovedsageligt af aktivitetsniveau og kropsstørrelse, men også af temperatur, luftfugtighed, lufthastighed og beklædning. Det følgende er gældende for forhold, som oftest vil optræde i erhvervsbygninger, som kontorer, butikker og lignende.

Varmen fra en person afgives dels som fri eller tør varme, og dels som fordampningsvarme eller våd varme. Jo højere temperatur og jo højere aktivitetsniveau, jo større andel afgives som fordampningsvarme.



Aktivitetsniveauet for siddende kontorarbejde er 1,2 met og vil være den værdi som benyttes i de fleste indeklimasimuleringer. For stående personer med kontorarbejde eller tilsvarende er aktivitetsniveauet 1,4 met.

Ved et aktivitetsniveau på 1,2 met vil en gennemsnitlig dansk mand afgive 145 W i varme og de 100 W vil blive afgivet som tør varme under de forhold, som normalt forekommer på et kontor. Samme varmeafgivelse vil forekomme for en stående kvinde. Derfor anbefales det at benytte 100 W pr. person, som tør varmeafgivelse i indeklimasimuleringer.

Ved stående arbejde med mere fysisk aktivitet, vil der afgives mere varme og fugt. Aktivitetsniveauet vil i flere tilfælde ligge omkring 2,0 met, men kan nå højere op ved tungt arbejde.

I forbindelse med sportsaktiviteter vil varmeafgivelsen være langt højere og en større andel vil afgives som fugt. Spinning har et aktivitetsniveau på omkring 8 met og over halvdelen af varmen vil afgives som fugtig varme. Der kræver derfor særlig fokus på fugt, når der designes fitness-lokaler.

I børnehaver og vuggestuer kan der regnes med en tør varmeafgivelse på 60 W per barn ved et aktivitetsniveau på 1,6 met. For skoler henvises til "Branchevejledning for Indeklima i Skoler".

G.2 Udstyr og belysning

Varmeafgivelsen fra udstyr og belysning skal medtages i beregningerne af termisk indeklima. I Tabel G.1 er listet eksempler på varmeafgivelsen fra en række udstyrs- og belysningsselementer. 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 G.1. Eksempler på varmeafgivelse fra udstyr og belysning. Haves projektspecifikke data skal disse anvendes.

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
Fladskærm i mødelokale eller lign.	50 - 300 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

G.3 Samtidigheder 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 derfor fastlægges i samarbejde med bygherre.

På de næste sider er der opstillet forslag til belastningsprofiler og samtidigheder, der kan benyttes, hvis man ikke har mere konkret information. Tabellerne giver forslag til hhv. almindelig og intensiv belastning. Specifikt for skoler henvises til "Branchevejledning for Indeklima i Skoler, 2021".

For kontorer afhænger brugsprofilet 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 intensiv og almindelig samtidighed. Dette vil give bygherre et billede af bygningens robusthed overfor forskellig brug.

Samtidighed over året

For alle rumtyper anvendes samme samtidigheder hele året. Dermed sikres robusthed for ændret brug af bygningen.

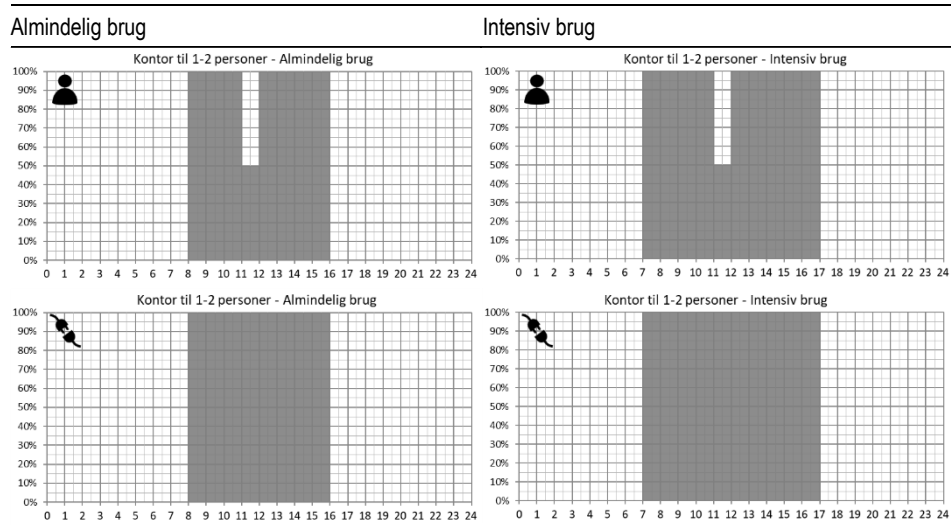
Toleranceoverskridelserne for temperaturgrænserne er indført netop for at rumme årets varmeste dage, som ligger i juli og august. Hvis det alligevel vælges at regne med en sommerferie uden belastning, nedsættes antallet af timer med toleranceoverskridelse som angivet i E.1.

G.3.1 Kontorer til 1-2 personer samt fokusrum / telefonbokse

Tabel G.2. Forudsætninger for dimensionerende belastninger i kontorer til 1-2 personer

 Personer	 Udstyr
Antal arbejdspladser fastlægges ud fra indretningsplaner	Belastning pr arbejdsplads fastlægges i samarbejde med bygherre. Fx:
Aktivitetsniveau på 1,2 met, svarende til 100 W pr. person	1 PC
	1 - 2 skærme
	evt. 1 arbejdslampe

Tabel G.3. Dimensionerende samtidigheder for belastninger fra personer og udstyr i kontorer til 1-2 personer til brug for indeklimasimuleringer.

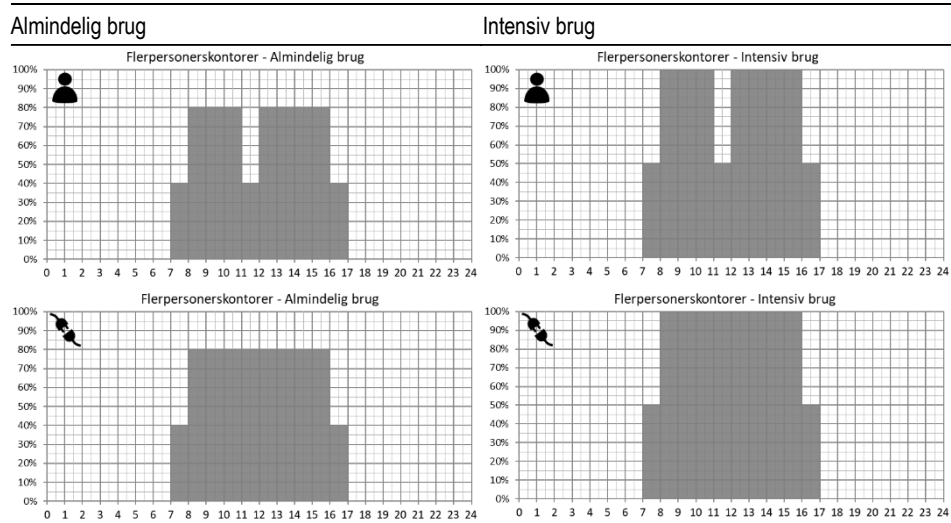


G.3.2 Kontorer til flere personer

Tabel G.4. Forudsætninger for dimensionerende belastninger i kontorer til flere personer.

Personer	Udstyr
Antal arbejdspladser fastlægges ud fra indretningsplaner, alternativt kan antages 5 – 10 m ² pr arbejdsplads i arbejdslokalet inkl. gangarealer i lokalet.	Belastning pr arbejdsplads fastlægges i samarbejde med bygherre. Fx:
Aktivitetsniveau på 1,2 met, svarende til 100 W pr person	1 PC
	1 - 2 skærme
	evt. 1 arbejdslampe

Tabel G.5. Dimensionerende samtidigheder for belastninger fra personer og udstyr i kontorer til flere personer til brug for indeklimasimuleringer.



Dimensionering efter 80% samtidighed vil medføre, at CO₂-koncentrationen vil nå 1150 ppm ved fuld belastning.

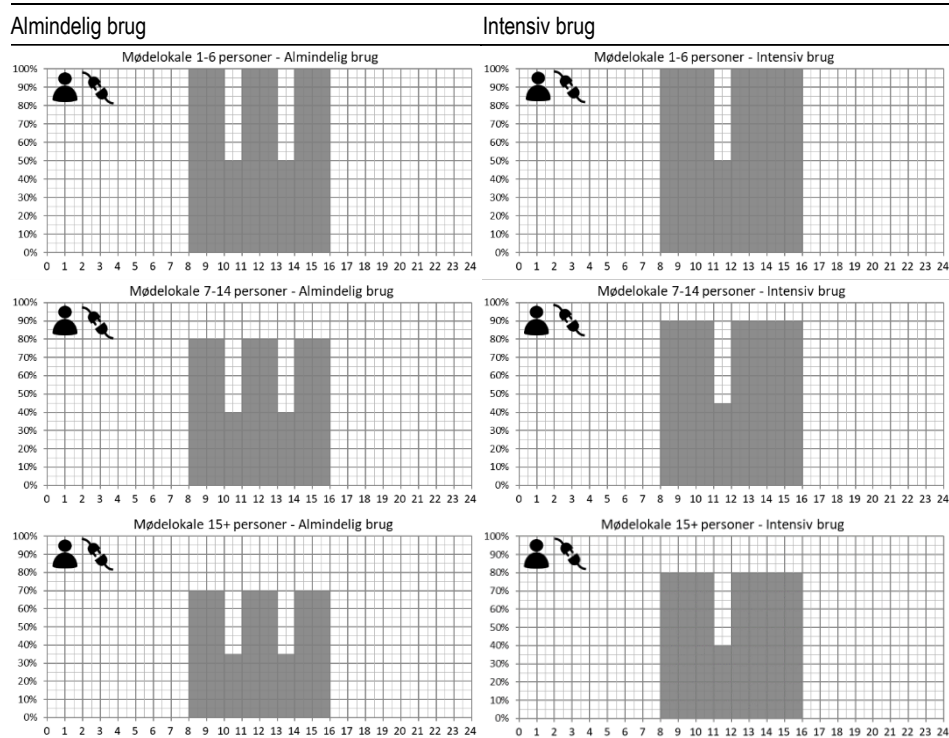
G.3.3 Mødelokaler

I forbindelse med overgangen til flere virtuelle møder og flere storrumskontorer er der en tendens til flere og mindre mødelokaler. Uanset størrelsen belastes et mødelokale sjældent fuldt ud, men et mindre mødelokale vil oftere have en større belastningsprocent og bør derfor kunne overholde krav til indeklime ved 100% belastning. Et stort mødelokale vil en del af tiden formentlig blive brugt af færre personer, end det er indrettet til og sjældent med 100% belastning. Derfor accepteres det, at fx CO₂-koncentrationen overholdes ved en lavere belastning og overskrides ved fuld belastning.

Tabel G.6. Forudsætninger for dimensionerende belastninger i mødelokaler.

 Personer	 Udstyr
Antal personer fastlægges ud fra antal stole på indretningsplaner, alternativt kan antages 2 – 3 m ² pr person	Bærbar pc til minimum halvdelen af brugerne
Aktivitetsniveau på 1,2 met, svarende til 100 W pr person	Øvrigt udstyr, fx en eller flere større skærme, i hht. aktuel indretningsplan eller byggeprogram.
	Alternativt kan antages:
	Mødelokaler op til 14 personer:
	En almindelig projektor / storskærm
	Mødelokaler til 15 eller flere personer:
	Mindst to projektorer / storskærme
	eller én større projektor / storskærm

Tabel G.7. Samtidigheder for belastninger fra personer og udstyr i mødelokaler til brug for dimensionerende indeklimasimuleringer. For at tage højde for at brugen af mødelokaler kan svinge meget, kan der vælges fx at regne med almindelig samtidighed 3 dage om ugen og intensiv brug 2 dage om ugen.



CO₂-koncentrationen ved fuld belastning når der dimensioneres efter hhv. 60% og 80% kan findes i Appendiks H.1.

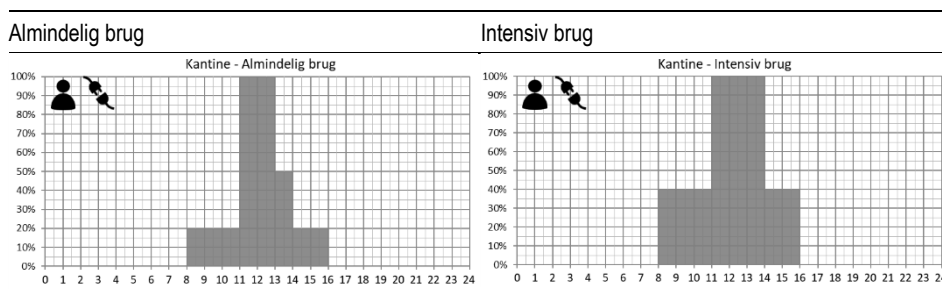
G.3.4 Kantine

Kantiner er kendetegnet ved, at personbelastning er meget høj i få timer midt på dagen. Selvom kantine er i brug af kantinepersonalet i løbet af hele dagen, er den kritiske brugstid timerne omkring frokost. For at skabe acceptable forhold for de spisende brugere, optælles antallet af varme timer for de tre timer fra kl. 11 til kl. 14 og der tillades, at temperaturen overskrider i 5% af timerne, heraf maks. 1,25% af timerne med mere end 1°C. Svarende til 40 timer hhv. 10 timer ved en 5 dages arbejdsuge for dimensionerende belastninger. I det belastningen er forholdsvis kortvarig kan Indeklimaklasse "Minimum" benyttes for CO₂-belastning alene. Dog kræves der i dette tilfælde, at der benyttes 100% belastning i to timer.

Tabel G.8. Forudsætninger for dimensionerende belastninger i kantiner.

 Personer	 Udstyr
Antal personer fastlægges ud fra antal stole på indretningsplaner, alternativt kan antages 2 – 3 m ² pr person	Udstyrsbelastning tilpasses kantineens størrelse og forventet brug. Indeholder typisk:
Aktivitetsniveau på 1,2 met, svarende til 100 W pr person	Varmeplader
(Der ses bort fra varmeafgivelsen fra den varme mad)	Kaffemaskiner
	Infoskærme

Tabel G.9. Samtidigheder for belastninger fra personer og udstyr i kantiner til brug for dimensionerende indeklimasimuleringer.



Kantiner benyttes ofte også til særlige begivenheder, fx foredrag, jubilæer og julefrokoster, hvor lokalet benyttes af flere personer end i forbindelse med almindelig frokostspisning. Medmindre disse scenarier optræder fast flere gange om måneden, dimensioneres der efter det daglige frokostscenarie, da anlæg ellers vil blive uforholdsmæssigt store.

For at synliggøre hvordan indeklimaet udvikler sig i forbindelse med et særligt arrangement, bør der udover det daglige scenarie, simuleres enkeltstående forekomster af særlige arrangementer for at vise bygherre, hvad der kan forventes. Disse køres i en separat simulering, så de ikke påvirker resultaterne af det dimensionerende daglige scenarie.

Afhængig af typen af arrangement kan der simuleres et arrangement en gang i måneden eller der kan lægges et arrangement ind forår, sommer, efterår og vinter, for at vise, hvordan det kan forløbe på forskellige tider af året. Det anbefales, at temperaturen ikke overskrider 29°C ved denne type arrangementer, og at der tillades fuldt brug af solafskærmning.

Forslag til uger der simuleres for med nyeste DRY vejrdato-fil og simulering for det angivne kalenderår:

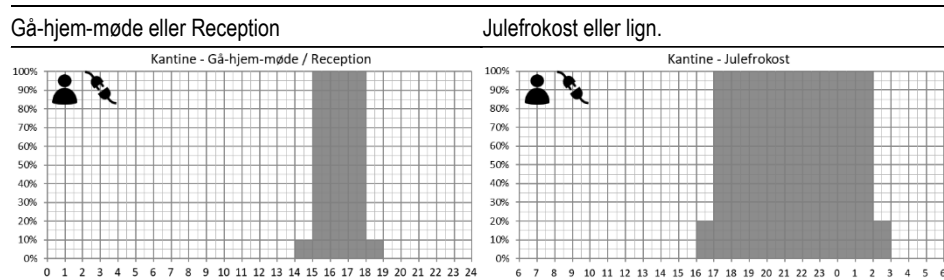
- Varm sommeruge, fx uge 32
- Almindelig sommeruge, fx uge 25
- Almindelig forårs- eller efterårsuge, fx uge 15 og/eller uge 43
- Almindelig vinteruge, fx uge 6

Tabel G.10. Forudsætninger for belastninger i kantiner for særlige arrangementer.

Personer	Udstyr
Antal personer fastlægges ud fra maksimalt antal personer, der forventes i kantinen eller ud fra maks antal personer i forhold til brandplan	Udstyrsbelastning tilpasses arrangementstypen. Udover udstyr fra den daglige brug, som evt. også er i brug, kan det være:
Aktivitetsniveau på 1,2 met, svarende til 100 W pr person	Projektorer Lys- og lydanlæg

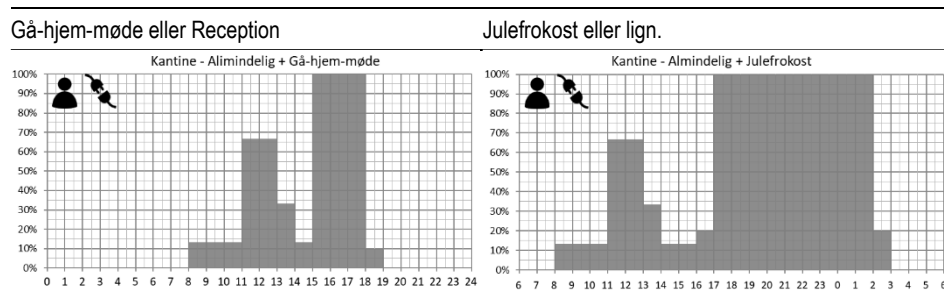
Brugsprofilen for særlige begivenheder lægges i forlængelse af brugsprofilen for daglig brug.

Tabel G.11. Forslag til samtidigheder for belastninger fra personer og udstyr i kantiner i forbindelse med særlige arrangementer til visualisering af udvikling i temperatur og CO₂-koncentrationen. OBS! For julefrokost er tidsangivelsen ændret og går over midnat.



Vær opmærksom på, at hvis fuld belastning fx regnes som 100 personer i kantine til dagligt og 150 personer ved særlige arrangementer, så vil procentsatsen være ændret, når det daglige scenarie lægges ind sammen med arrangementet. 100 personer vil i så fald svare til 67% belastning, mens 150 personer er 100% belastning. Eksempler på brugsprofiler for de udvalgte dage ved maks. 100 personer i løbet af dagen og maks. 150 personer til særlige arrangementer er optegnet herunder.

Tabel G.12. Eksempel på samtidigheder for belastninger fra personer og udstyr i kantiner i forbindelse med særlige arrangementer til visualisering af udvikling i temperatur og CO₂-koncentrationen inklusiv den almindelige belastning inden. Der er antaget et maks. på 100 personer normalt og maks. 150 personer i forbindelse med arrangementet, derved svarer de 100 personer til 67% belastning. OBS! For julefrokost er tidsangivelsen ændret og går over midnat.

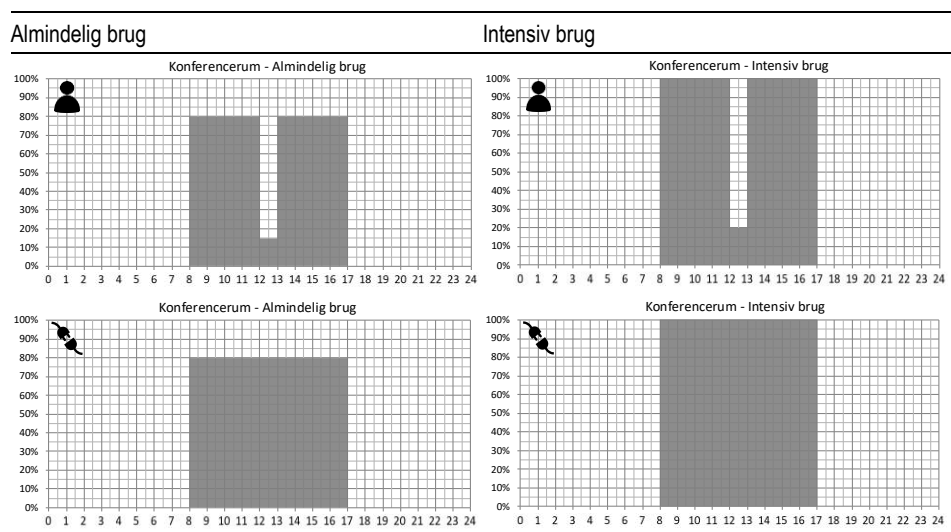


G.3.5 Konferencerum

Tabel G.13. Forudsætninger for dimensionerende belastninger i konferencerum.

 Personer	 Udstyr
Antal personer fastlægges ud fra antal stole på indretningsplaner, alternativt kan antages 2 – 3 m² pr person Aktivitetsniveau på 1,2 met, svarende til 100 W pr person	Udstyrsbelastning i konferencerum: Bærbar pc til minimum halvdelen af brugerne Øvrigt udstyr i hht. aktuel indretningsplan eller byggeprogram. Alternativt kan antages: Mindst to projektorer / storskærme eller én større projektor / storskærm

Tabel G.14. Dimensionerende samtidigheder for belastninger fra personer og udstyr i konferencerum til brug for indeklimasimuleringer.



Dimensionering efter 80% samtidighed vil medføre, at CO₂-koncentrationen vil nå 1150 ppm ved fuld belastning.

G.3.6 Auditorier og undervisningsrum

Se "Branchevejledning for Indeklima i Skoler".



Det atmosfæriske indeklima i erhvervsbygninger, der primært forurenes af personer, evalueres i forhold til CO₂-koncentration og afgangninger.

For det atmosfæriske indeklima er indeklimaklasse Skærpet identisk med Standard, bortset fra en tilføjelse af krav om test af afgangning. Det er valgt ikke at anbefale en CO₂-koncentration på 900 ppm i Skærpet, da det kræver en væsentlig øget luftmængde, som ikke kan forsvares i forhold til ressourceforbrug.

Der bør ikke på noget tidspunkt forekomme overskridelse af de opstillede krav med de dimensionerende brugsmønstre. Ved naturlig ventilation accepteres dog, at CO₂-koncentrationen overholdes som gennemsnit på dage med pulsventilation, dog med et maksimum på 1499 ppm.

Enkelte rumtyper, store samlingsrum, kantiner mv. kan have enkeltstående og særlige brugsscenarier, hvor ekstraordinært mange samles og som ikke forekommer særligt ofte. I disse situationer beregnes udviklingen i CO₂-koncentration i løbet af arrangementet, så bygherre og brugere er oplyste om hvilket indeklima, de vil få i disse situationer. Det anbefales, at CO₂-koncentration ikke overstiger arbejdstilsynets krav på 1499 ppm [AT-vejledning A.1.2-1, 2018].

H.1 Luftmængder og CO₂-koncentration

CO₂-koncentration evalueres enten i forbindelse med de dynamiske, termiske simuleringer eller ved beregning ud fra fortyndingsligningen. Der benyttes samme belastningsprofiler som til de termiske modelleringer.

Ved beregning af det atmosfæriske indeklima regnes der med en CO₂-produktion pr. person på 17 L/h pr. m² svarende til 20,4 L/h per person ved 1,2 m² [BR18, vejledning om ventilation, §447]. For børn i børnehaver og vuggestuer kan der regnes med 12,2 L/h per barn. Ved andre aktivitetsniveauer skaleres CO₂-produktionen tilsvarende [Andersen, KT et al., 2002].

$$c_{op} = \frac{1}{\varepsilon_{op}} \cdot \left(\frac{q}{n \cdot V_r} \cdot (1 - e^{-n \cdot \tau}) + (c_0 - c_i) \cdot e^{-n \cdot \tau} + c_i \right)$$

Hvor

c_{op}	er	koncentrationen i opholdszonen
c_0		startkoncentrationen
c_i		koncentrationen i indblæsningsluften
ε_{op}		ventilationseffektiviteten
n		luftskiftet i rummet
V_r		rumvoluminet
q		tilført forurening til rummet
τ		tiden

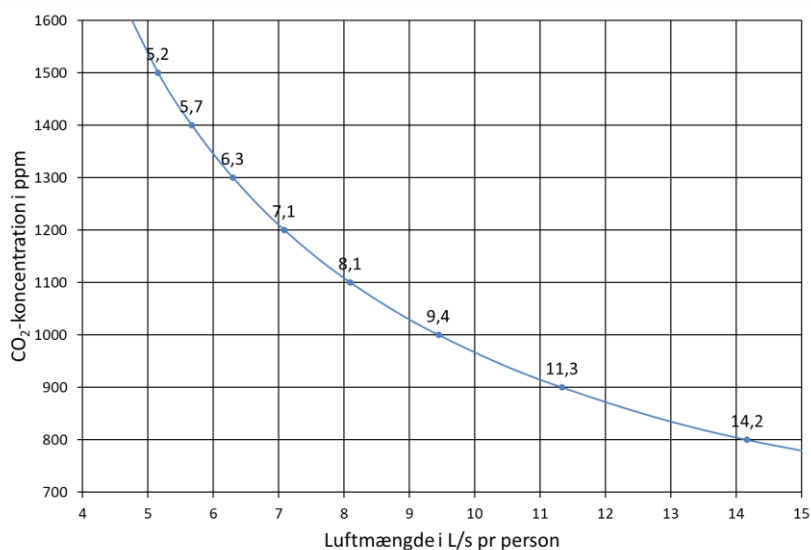
For de fleste rum med VAV-ventilation, vil CO₂-koncentrationen ved fuld belastning hurtigt stige til sit maksimale niveau. Ved opblandingsventilation kan dette niveau beregnes som:

$$c_{op} = \frac{q}{n \cdot V_r} + c_i = \frac{P \cdot 20,4 \frac{\text{L}}{\text{h}} \cdot 1000}{Q_{vent}} + 400 \text{ ppm}$$

Hvor

c_{op}	er	koncentrationen i opholdszonen i ppm
P		antallet af personer i rummet
Q_{vent}		luftmængden tilført ved ventilation i m ³ /time

Herunder er sammenhængen mellem lufttilførsel og resulterende CO₂-koncentration optegnet.



Figur H.1. Sammenhæng mellem lufttilførsel og resulterende CO₂-koncentration.

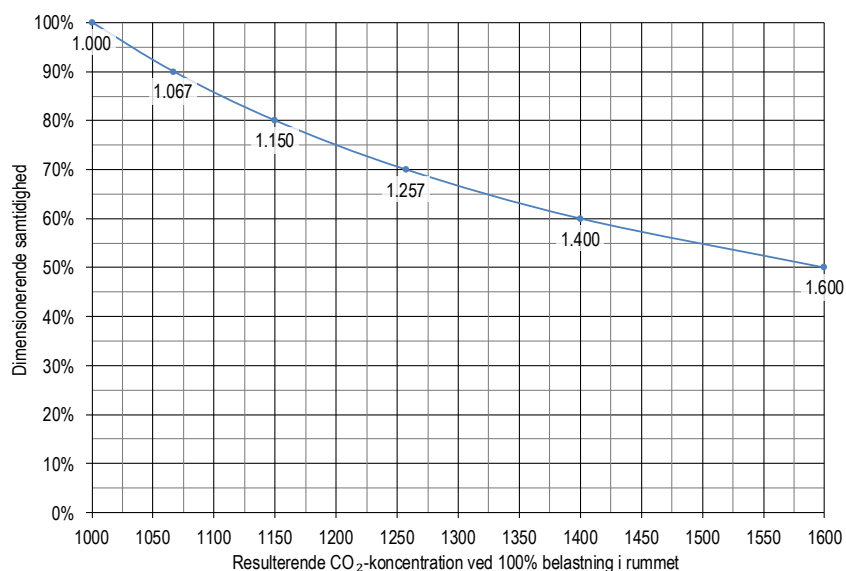
Det ses, at der skal mere og mere luft til for at sænke CO₂-koncentration med 100 ppm, jo lavere CO₂-koncentration, der ønskes. En forbedring af CO₂-koncentrationen fra 1500 ppm til 1400 ppm kræver en øget luftmængde på 0,5 L/s, mens det kræver 1,9 L/s ekstra at sænke den fra 1000 ppm til 900 ppm.

H.1.1 CO₂-koncentration og samtidighed

I en del af de opstillede belastningsprofiler, er samtidigheden for personer lavere end 100%. Det betyder, at hvis det en dag sker, at alle møder ind på kontoret, eller alle pladser i mødelokalet er besat, så vil CO₂-koncentrationen komme over 1000 ppm.

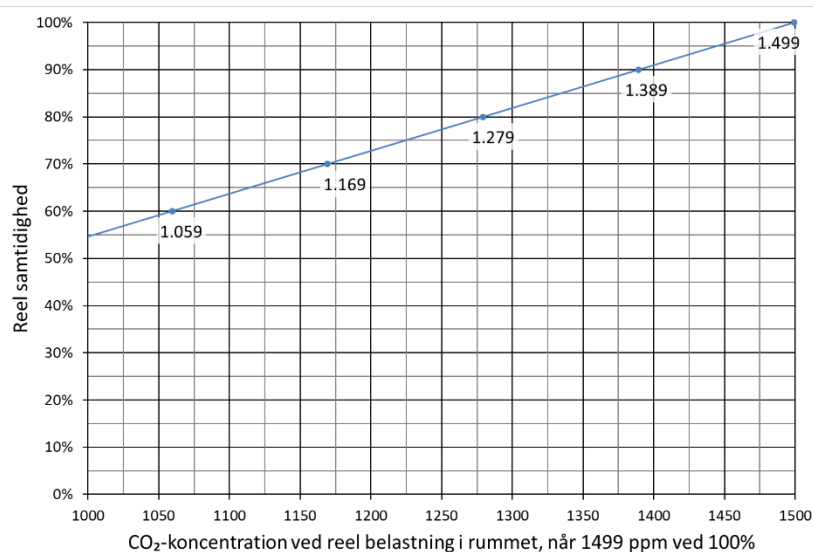
Er ventilationen i et kontor dimensioneret til 1000 ppm ved en samtidighed på 80% vil det resultere i, at CO₂-koncentrationen når op på 1150 ppm den dag, alle pladser er besat.

Er ventilationen i mødelokalet dimensioneret til 1000 ppm ved 70% samtidighed, vil CO₂-koncentrationen nå op på 1257 ppm, hvis alle pladser er besatte.



Figur H.2. Grafen viser, hvilken CO₂-koncentration, der vil optræde ved 100% belastning i et lokale, hvis det er dimensioneret til at holde 1000 ppm ved en lavere samtidighed. Er lokalet fx dimensioneret til at holde 1000 ppm ved en samtidighed på 70%, vil der blive 1257 ppm når lokalet er fyldt.

Hvis man modsat har dimensioneret efter at holde 1499 ppm ved en samtidighed på 100%, vil man kunne opnå en lavere CO₂-koncentration, når der er færre personer til stede i rummet. Dette kræver dog, at ventilationen styres, så der fx ventileres med fuld luftmængde over 1000 ppm.



Figur H.3. Grafen viser, hvilken CO₂-koncentration, der kan forventes, når ventilationen er dimensioneret til at holde 1499 ppm ved fuld 100% samtidighed, men der reelt er færre til stede. Hvis der er 80% tilstede, vil CO₂-koncentrationen fx nå 1279 ppm.

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

For brug, der ligger udenfor dimensionerende forhold, tillades overskridelser, men ikke over 1499 ppm, da arbejdstilsynets regler skal overholdes for fx serveringspersonale eller oplægsholder.



Eksempel H1

Kantine

I en kantine skal det sikres, at CO₂-koncentrationen holdes under det fastsatte niveau i forbindelse med den daglige frokostspisning, som er de dimensionerende forhold. Overskridelser af de fastsatte niveauer er acceptable, hvis kantinen nogle få gange om året benyttes til foredrag eller julefrokost, men skal dog holdes under 1499 ppm.

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.

H.2 Afgasning

Byggematerialer kan indeholde kemiske stoffer, som kan afgasse eller på anden vis påvirke indeklimaet negativt. Disse materialer kan også indeholde stoffer, der nedbrydes over tid og frigiver forureninger til indeklimaet. Derfor skal der ved valg af byggematerialer tages hensyn til de forureninger, der findes i materialerne eller dannes under deres brug, så de ikke påvirker personers sundhed eller komfort.

Det anbefales altid at benytte byggematerialer med den lavest mulige afgivelse af forureninger til indeklimaet. Afgasning fra byggematerialer omfatter blandt andet flygtige organiske stoffer (VOC), der kan være kræftfremkaldende, mutagene og reproduktionsskadelige (CMR). Ved at vælge byggematerialer med dokumenteret lave emissioner, reduceres afgasningen til indeklimaet, hvilket forebygger høje koncentrationer af sundhedsskadelige stoffer.

Der stilles to krav til afgasninger i branchevejledningen:

1. **Afgasning på produktniveau** jf. EU taksonomiens miljømål 5 – indeholder krav til afgasning for formaldehyd og VOC repræsenteret ved afgasningstest i kammer.

For formaldehyd gælder krav om afgasning på maksimalt 0,06 mg / m³ eftervist via luftkammer-test. De hyppigst anvendte teststandarder er i den forbindelse EN717-3 eller EN16516.

For afgasning af stoffer karakteriseret som carcinogen 1A eller 1B gælder krav om maksimal afgasning på 0,001 mg/m³ efter 28 dage eftervist via luftkammer test jf. CEN/EN 16516 eller ISO 16000-3:2011.

Det vurderes i BVI 2.0 at CEN/EN 16516 er tilstrækkelig til dokumentation af formaldehydavgasning, hvorfor der ikke nødvendigvis skal testes jf. DS/EN 717. Der gøres dog opmærksom på BR18 kravet til træbase-rede plader, som skal dokumenteres særskilt i forhold til afgasning.

2. **Funktionstest af indeklimaet** i forhold til det samlede indhold af TVOC. Der udtages prøver på sorbentrør, som efterfølgende analyseres på et kemisk laboratorium. Evalueringen baseres på målinger, der udføres senest 28 dage efter, at et repræsentativt rum er blevet erklæret færdigt. "Færdigt" refererer til det tidspunkt, hvor både tekniske installationer, inklusive idriftsættelse af ventilationsanlæg, og alt håndværksmæssigt arbejde er afsluttet, så rummet er klar til overdragelse.

Kravet til formaldehyd følger standarden DS/EN 16798-1 DK NA 2021, mens grænseværdien for TVOC (Total Volatile Organic Compounds) er baseret på erfaringer fra DGNB-certificerede projekter. Høje TVOC-niveauer kan medføre problematiske afgasninger, som påvirker det atmosfæriske indeklima negativt.

B.3.1 Test i færdigt byggeri

Ved test af byggeriet skal følgende parametre være overholdt:

- Test inden 28 dage efter rummet er erklæret færdigt
- Rummet skal være umøbleret
- Tekniske installationer (ventilation) skal være idriftsat og ikke være forceret
- Vinduer skal være lukkede 24 timer op til målingen
- Temperaturen skal være mindst 20°C
- Den relative luftfugtighed skal ligge mellem 25% og 65%

Det er prøvetagerens ansvar at sikre og dokumentere temperatur og relativ luftfugtighed i forbindelse med prøvetagningen.

Bestemmelsen af TVOC foretages ved prøvetagning på et ATD-rør pakket med tenax TA og kemisk analyse ved ATD GC/MS. Analyse skal foretages jf. ISO 16000-3 (2022), EN ISO 16000-6 (2021) og relevante dele af EN 16516 (2017) + A1 (2020).

Analyser skal foretages af kemisk laboratorium akkrediteret jf. EN ISO/IEC 17025 (2017).

- VOC opsamles typisk ved 100 mL/min indtil ca. 5 liter luft er opsamlet.
- Aldehyder opsamles typisk ved 200 eller 1000 mL/min afhængigt af DNPH-rør og pumper

Prøvetagning skal følge anvisninger fra producent af rør og/eller instruktion fra analyselaboratoriet.

Nedenfor ses en oversigt over, hvor mange målinger der skal udføres pr. rumtype for rum med samme indretningstype. Hvis en rumtype har flere forskellige indretningstyper, skal målingerne fordeles på alle typer. Hvis antallet af indretningstyper overstiger antallet af påkrævede målinger, skal der udføres ekstra målinger, så alle indretningstyper dækkes.

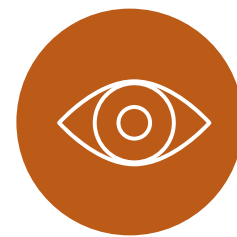
Ved måling af afgangninger i den færdige bygning, skal der for opholdsrum måles i **alle rumtyper** og i **alle de indretningstyper**, der optræder i bygningen.

For hver rumtype med væsentlig samme indretning måles:

- I rumtyper med **fast ophold**, mindst **2** forskellige rum
- I rumtyper med **kortere ophold**, **1** rum

Ved "væsentligt samme indretning" forstås rum med lignende luftskifte og materialer/overflader, som påvirker TVOC-indholdet i luften.

Rumtyper med fast ophold kan fx være storrumskontorer, cellekontorer, undervisningsrum, opholdsrum i daginstitutioner. Rumtyper med kortere ophold kan fx toiletter, møderum, grupperum.



I.1 Dagslys

I hht. bygningsreglementet er der metodefrihed til, hvordan tilstrækkeligt dagslys dokumenteres, men det anføres, at følgende to metoder vil resultere i tilstrækkelig tilgang af dagslys til at overholde kravet.

Metoder i BR18 §379 Dagslys

- **10%-metoden**

Tilstrækkeligt dagslys kan dokumenteres, når glasarealet, korrigeret for dagslys-reducerende forhold, udgør minimum 10% af det relevante gulvareal.

- **300 lux-metoden**

Rummet anses som værende tilstrækkeligt belyst, når 50% af det relevante gulvareal har en indvendig belysningsstyrke fra dagslys på minimum 300 lux i halvdelen af dagslystimerne.

Metoderne til evaluering af dagslys adskiller sig fra hinanden i kompleksitet og vidensniveau.

10%-metoden forholder sig ikke til indretning og dagslysets fordeling i lokalet og skal derfor anvendes med forsigtighed og egner sig til rum og bygninger med en simpel geometri og hensigtsmæssig placering af vinduer.

300 lux-metoden bestemmer dagslysets fordeling i forhold til den reelle indretning og omgivelsernes udformning. Metoden giver en mere kvalificeret vurdering af dagslyset i rummet.

For arealer med mere kompleks geometri eller, hvor der er mere end 6 - 8 m fra facade til bagkant af arbejdsarealer benyttes 300 lux-metoden, da den giver en mere reel eftervisning af dagslys. Det bør bemærkes, at personer med en arbejdsplads 6 - 8 m fra vinduet ofte vil føle, at indeklimamiljøet er utilfredsstillende. 300 lux-metoden skal benyttes for arbejdspladser længere væk end 8 m fra facaden [BR18 Dagslys vejledning].

Når dagslys sættes på en formel, uanset hvilken metode, der benyttes, er det vigtigt at bemærke, at metoderne giver en teoretisk afbildning af virkeligheden, og ikke nødvendigvis afspejler de reelle dagslysforhold en til en. Der er også forhold, som metoderne ikke håndterer, og som har betydning for dagslyset, herunder møbler og solafskærmning.

Uanset hvilken metode der benyttes, bør dagslyset evalueres løbende gennem projekteringsprocessen, også ved ombygning.

I.1.1 Sammenligning

De to beregningsmetoder for dagslys, som er nævnt i bygningsreglementet, har hver deres styrker og svagheder, der gør af dem egnede til forskellige formål. Det

er tilladt at benytte andre metoder, som kan påvise et tilsvarende dagslysniveau, men disse er ikke medtaget i sammenligningen.

Valg af metode vil afhænge af bygningens kompleksitet og hvor man er i byggeprocessen. Den ene dagslysmetode udelukker ikke den anden, da de kommer med forskellige kvaliteter.

For relativt simple bygninger med hensigtsmæssig placering af vinduerne og hvor arbejdspladser ligger indenfor 6 - 8 m fra facaden, kan 10%-metoden benyttes.

Ved 300 lux-metoden beregnes lysstyrken flere steder i rummet for et helt år. 300 lux-metoden kan håndtere kompleks geometri og dybe rum. 300 lux-metoden tager højde for vinduernes orientering, hvilket betyder, at der er behov for mindre glas mod syd end mod nord.

Nedenstående sammenligning er baseret på publikationen "*Dagslys i det bebyggede miljø (2023)*".

Tabel I.1. Styrker og svagheder ved 10%-metoden. [Dagslys i det bebyggede miljø, 2023]

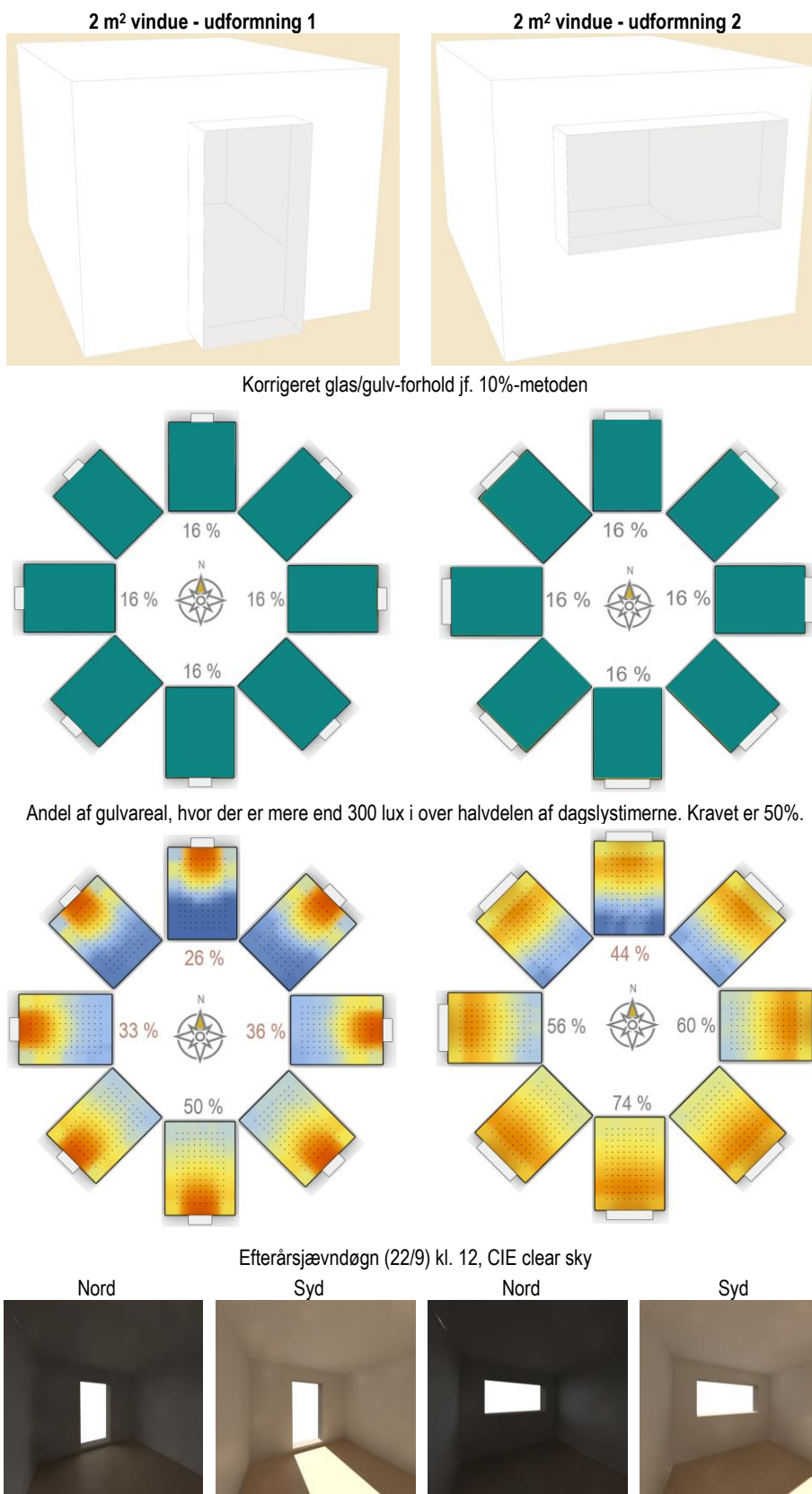
10%-metoden	Styrker og svagheder	
Kompleksitet	+	Simpel og hurtig metode, som egner sig godt til simpel geometri. Metoden stiller ikke krav til særlige værktøjer eller forudsætninger.
Rummets orientering	-	Tager ikke hensyn til rummets orientering. Korrektionsfaktorerne i vejledningen til 10%-metoden er udregnet på baggrund af en overskyet himmel, "CIE overskyet". Denne himmel repræsenterer en kritisk dagslyssituation og repræsenterer bedst en orientering mod nord.
Udformning	-	10%-metoden antager, at facaden er designet til optimal udnyttelse af dagslys og udsyn, uden at tage direkte højde for vinduernes placering og udformning.
Mulighed for lempelser	+	10%-metoden har en lempelse af dagslyskravet for soverum. Bygningsreglementet har åbnet op for, at et lavere dagslysniveau kan tillades i børne- og soveværelser. Boligen som helhed skal dog overholde dagslyskravet, mens værelser skal have et ukorrigeret glasareal på minimum 10% af gulvarealet.
Geometri	-	Ved komplekse skyggeforhold overvurderer metoden det faktiske dagslys. Der er sat en nedre grænse for korrektionsfaktorerne, selvom der kan forekomme situationer, hvor dagslyset reduceres mere af de skyggende forhold. Det skyldes, at den subjektive oplevelse af dagslys afhænger af mere end det lys, der strømmer gennem vinduer.
Dagslyskvalitet	-	Metoden informerer ikke om dagslyskvalitet og -fordeling i det enkelte rum. Metoden skal opfattes som et minimumskrav, og er ikke i sig selv en sikkerhed for en høj dagslyskvalitet i rummet. Vejledningen til metoden angiver, at mere detaljerede beregninger af dagslyset og dets variation kan benyttes i de tidlige designfaser til at analysere og sikre gode dagslysforhold i bygningens enkelte rum.

Tabel I.2. Styrker og svagheder ved 300 lux-metoden. [Dagslys i det bebyggede miljø, 2023]

300 lux-metoden		Styrker og svagheder
Kompleksitet	–	Mere tids- og ressourcekrævende metode sammenlignet med 10%-metoden. Selve simuleringstiden er dog faldet drastisk pga. højere computerkraft. Kræver software til at udføre dagslyssimuleringer. Flere beregningsforudsætninger skal kendes og anvendes korrekt.
Rummets orientering	+	Tager hensyn til rummets orientering. Bedre sammenhæng med termisk indeklima.
Udformning	+	300 lux-metoden tager højde for vinduets faktiske udformning og placering.
Lempelse	–	Ingen lempelser i Bygningsreglementet. Dvs. løsningsrummet kan være mindre med denne metode.
Geometri	+	Dagslyssimuleringen tager højde for vinduets, rummets, bygningens og omgivelsernes aktuelle geometri, i det omfang, som modelleres i 3D-modellen. Detaljering vurderes ift. betydning på dagslyset. Metoden kan derfor håndtere simpel såvel som kompleks geometri. Metoden vil for meget skyggende forhold ikke kunne overholde dagslyskrav lige så nemt som 10%-metoden. Dvs. løsningsrummet er/kan være mindre med denne metode
Dagslyskvalitet	+	Bedre repræsentation af dagslyskvaliteten, idet metoden også informerer om dagslysets udbredelse i rummet. Det er muligt at identificere områder, som er mindre eller særligt belyste. Resultatet kan bl.a. bruges til indretning af rummet.

En væsentlig forskel mellem 10%- og 300 lux-metoden er betydningen af vinduernes placering og udformning i facaden. 10%-metoden antager, at facaden er designet til optimal udnyttelse af dagslys og udsyn, uden at tage direkte højde for vinduernes placering og udformning. 300 lux-metoden er baseret på en 3D-model af bygningen, og tager højde for vinduernes faktiske udformning og placering.

Nedenstående figurer illustrerer resultatet af dagslysberegninger med de to metoder for et arbejdsrum med samme glasareal, men med to forskellige vinduesudformninger. Beregningerne er udført for otte forskellige orienteringer af vinduet.



Figur I.1. Betydningen af vindues udformning og indflydelsen på hhv. 10% og 300lux [Worm, A. et al. 2023]

Figuren viser, at dagslys krav ved brug af 10%-metoden er opfyldt for hele rummet med begge vinduesplaceringer og alle orienteringer. Det korrigerede glasgulvareal er 16% og altså markant højere end kravet på 10%.

Ved beregning med 300 lux-metoden varierer andelen af gulvarealet, hvor der i halvdelen af dagslystimerne er 300 lux eller mere, både i forhold til vindues udformning og orientering.

Med et lodret vindue opnås et højt dagslysniveau i bordhøjde lige ved vinduet, men det bliver ikke fordelt til resten af rummet. Derfor er det kun mod syd krav, til dagslys med 300 lux-metoden, er opfyldt.

Med et vandret vindue opnås et langt mere jævnt dagslysniveau i rummet og lyset trænger længere ind i rummet. Med et vandret vindue overholdes krav til dagslys med 300 lux-metoden for de fleste retninger.

Ved at udforme og placere vinduer på den mest hensigtsmæssige måde, vil man i nogle tilfælde, særligt mod syd, kunne komme i mål med et mindre glasareal i 300 lux-metoden sammenlignet med 10%-metoden. Dette er et væsentligt perspektiv at have for øje i målet om at reducere klimabelastningen fra byggesektoren, og samtidig opretholde et tilstrækkeligt dagslysniveau og et godt termisk indeklima.

Analyser af dagslysindfald ved beregninger med 300 lux-metoden viser, at et bredt, højtplaceret vindue giver et højere dagslysniveau end et smalt, gulv-til-loft vindue. Analyserne viser også, at glas under beregningsplanet (0,50 m for boliger og 0,85 m for erhverv) ikke bidrager væsentligt til dagslysniveauet. Glas til gulv kan dog give andre fordele som adgang til uderum og større rumfølelse. Dette kan have værdi i boliger og fællesarealer, mens glas til gulv ved arbejdspladser i erhvervsbygninger vil øge kølebehovet, uden at bidrage med brugbart dagslys.

I.2 10%-metoden

Beregninger iht. 10%-metoden er nærmere gennemgået under boliger og der henvises til dette afsnit for uddybning af metoden, dog er forhold, der alene er relevante for erhvervsbyggeri gennemgået her.

10%-metoden er egnet til byggeri med en simpel geometri og er baseret på, at vinduerne er placeret optimalt i facaden, samt at arbejdspladser ikke ligger længere end 8 m fra facaden. Hvis dette ikke er tilfældet, bør man i stedet benytte 300 lux-metoden. Det bør bemærkes, at personer med en arbejdsplads 6 - 8 m fra vinduet ofte vil føle, at indeklimamiljøet er utilfredsstillende. 300 lux-metoden skal benyttes for arbejdspladser længere væk end 8 m fra facaden [BR18 Dagslys vejledning].

I virkeligheden har vinduets placering i facaden stor betydning for dagslysniveauet på arbejdsplanet, selvom dette ikke indgår i 10%-metoden. Glasareal under arbejdsfladen bidrager stort set ikke til dagslyset på arbejdsfladen og for rum med skrivebordsarbejde og lignende bør det derfor ikke medregnes.

Anvendes 10%-metoden til vurdering af dagslyset i områder med skrivebordsarbejde, medregnes alene glas over 55 cm over gulv, idet de fleste skriveborde er 65 cm eller højere. Dette sikrer, at der fortsat er udsyn nedad fra arbejdspladsen samtidig med, at dagslysforholdene tilgodeses. I fx kantiner, fællesområder eller rum med andre typer arbejde kan alt glasset medregnes.

Hvis det er muligt at placere vinduer i flere flader, fx to forskellige ydervægge eller i ydervægge og i loft, vil det skabe bedre dagslysforhold i lokalet og bidrage til oplevelsen af et mere lyst rum. Dette bør derfor gøres, hvor det er muligt.

I.3 300 lux-metoden

300 lux-metoden foreskriver, at der skal være en dagslysmængde på mindst 300 lux på 50% af det relevante areal i halvdelen af dagslystimerne.

Evalueringsmetoden er baseret på metoden Daylight Autonomy, DA, som er en af de mest anvendte klimabaserede dagslyssimuleringsmetoder. Metoden angiver i hvor stor en del af en analyseperiode belysningsstyrken overstiger en given værdi i et punkt eller område. 300 lux-metoden er en variant kaldet Spatial Daylight Autonomy, sDA, hvor der er krav til hvor stor en del af området, som skal overholde kravene.

Ved metoden opbygges en computermodel af bygningen og for alle lyse timer i løbet af et år beregnes belysningsstyrken i et vandret net i rummet. Beregningerne er baseret på klimadata, bygningens geometri, vinduernes placeringer, skygger, glassets egenskaber og reflektanser af overfladerne i og udenfor bygningen. For erhvervsbygninger ligger beregningsplanet 85 cm over gulvet. [BR18 Dagslys vejledning].

Der evalueres alene efter nedre grænseværdi og ikke i forhold til eventuelle høje værdier, som kan medføre blænding eller termisk diskomfort.

Bygningsreglementet henviser til den europæiske standard DS/EN 17037 (2022), som beskriver retningslinjer for beregning og evaluering af dagslys i bygninger.

En del certificeringsordninger fremhæver også denne metode. DGNB-ordningen godtager fra 2025 alene dagslys verificeret med 300 lux-metoden.

Ved benyttelse af 300 lux-metoden indgår mobil solafskærmning ikke, hvis den kan trækkes helt fra. Dette skyldes, at metoden ser på alle de lyse timer over et år og dermed også evaluerer på fx weekender, de tidligere morgentimer og aften timerne om sommeren, hvor bygningen ikke er i brug og det kan være mest energioptimalt at køre solafskærmningen for, for at undgå overophedning den følgende dag. For ikke at straffe energioptimal brug af solafskærmning vurderes i stedet potentialet for dagslys ved ikke at medtage solafskærmningen. Brugen af solafskærmning påvirker dog både dagslys og udsyn og derfor er der lagt et loft for brug af solafskærmning i brugstiden.

I.3.1 Beregningsnet

I hvert rum skal der fastlægges et beregningsnet, som definerer de punkter, hvor belysningsstyrken beregnes. I SBI-anvisning 272, "Anvisning om Bygningsreglement 2018," er der opsat et paradigme for størrelsen af beregningsnettet, som er gengivet herunder.

Den maksimale maskevidde i beregningsnettet afhænger af den bestemmende dimension, d . Normalt er d den største længde af beregningsområdet (i meter). Hvis forholdet mellem den lange og den korte side er 2 eller mere, skal d dog indsættes som den korte side af beregningsområdet. For eksempel, hvis et rum er 8 x 4 meter (så forholdet mellem den lange og den korte side er ≥ 2), skal maskestørrelsen være 0,63 m i stedet for 1,0 m. En randzone på 0,5 m fra væggene er undtaget beregningsområdet.

Tabel I.3 angiver for et rektangulært rum, hvor mange netmasker og knudepunkter der mindst skal være i den givne retning som funktion af d . For ikke-rektangulære rum beregnes belysningsstyrkerne normalt i et beregningsnet med

knudepunkter i linjer parallelt med og vinkelret på den dominerende vinduesfacade, med maskestørrelser bestemt ud fra rummets største dimension.

Tabel I.3. Bestemmelse af antallet af netmasker og knudepunkter der mindst skal være i den givne retning som funktion af d . [SBI-anvisning 272, 2020]. En randzone på 0,5 m fra væggene er undtaget beregningsområdet.

Rummets bestemmende længde, l [m]	Beregningsnettets bestemmende dimension, d [m]	Største maskevidde [m]	Antal masker	Antal knudepunkter
$2,2 \leq l \leq 3,0$	$1,2 \leq d \leq 2,0$	0,40	3-5	4-6
$3,1 \leq l \leq 5,8$	$2,1 \leq d \leq 4,8$	0,60	4-8	5-9
$5,9 \leq l \leq 11,0$	$4,9 \leq d \leq 10,0$	1,0	5-10	6-11

For små, komplekse eller dybe rum opnås mest retvisende resultater med en lille maskevidde, mens det for store rum generelt er acceptabelt med en større maskevidde. Der anbefales en maskestørrelse på omkring 0,25 meter.

Ved kompliceret geometri kan det være nødvendigt at forfine beregningsnettet yderligere ned til 0,1 m. Dog er det væsentligt, at nettet aldrig bliver finere end højst nødvendigt, da beregningsmodellerne herved bliver meget tunge i brug.

I.3.2 Overfladereflektanser

Ved beregning af dagslys anvendes der normalt standardværdier for reflektanser angivet i Bygningsreglementet 2018. Disse standardreflektanser er sat ud fra den øvre del af spændet for materialerne i DS/EN 17037 (2022), hvilket kan resultere i et lavere beregnet dagslysniveau end reelt. For at opnå et mere præcist resultat, kan der anvendes reelle reflektanser. I *SBI-anvisning 203, "Beregninger af dagslys i bygninger,"* findes skemaer for typiske refleksionsværdier for bygningsmaterialer og farver, som kan anvendes i beregningerne.

Hvis der anvendes produktspecifikke overfladereflektanser, er det vigtigt at få disse specificeret i udbudsmaterialet. Dette sikrer, at de valg, der er truffet under projekteringen, også afspejles i det færdige byggeri. Hvis overfladereflektanserne i det færdige byggeri afviger fra de anvendte værdier i dagslysdokumentationen, skal denne dokumentation revideres, så den matcher de faktiske reflektanser i bygningen.

I.3.3 Beregningsparametre

Ved benyttelse af radiance til beregningerne skal alle parametre reflektere og understøtte bygningens udformning, vinduesstørrelse og -udformning, det byggede miljø og overfladernes beskaffenhed. Nedenfor er minimumsværdier for parametre listet. En ændring af parametrene til det bedre vil øge beregningstiden markant. Indstilling af parametrene skal gøres med øje for kvaliteten af beregningen i det konkrete rum. En ændring af parametrene i forhold til nedenstående skal underbygges i dagslysnote.

I bynært miljø i skal opdelingen af himmelrummet være mere præcis, idet der er flere skygger udenfor. Blandt andet skal -ab, -ad, og -as tilpasset nærmiljøet.

Tabel I.4. Anvendes Radiance som beregningskerne for dagslysanalyser udført på CPU'en sættes radiance-parametre som minimum til de listede værdier.

Forkortelse	Parameter	Beskrivelse	Min. værdi
-ab	Ambient bounces	Angiver det maksimale antal af diffuse refleksioner ved beregningen. Ved dybe rum bør den øges.	5
-ad	Ambient divisions	Angiver antallet af teststråler ved diffust lys, der vil blive målt over en (stratificeret) halvkugle. Radiance bruger et basistal på 0,5 eller 50%. Det betyder at er der ved en -ab på 5 og -ad på 1024, kun vil være 1 teststråle, der ikke indgår i beregningen	1024
-as	Ambient super-samples	Anvendes kun sammen med -ad, -ad. -as reducerer unøjagtigheder eller støj i beregningen. Ved at anvende høje værdier vil flere stråler bliver analyseret for givende punkt	128
-aa	Ambient accuracy	Beskriver nøjagtigheden af interpolationen af de diffuse stråler i beregningen og deraf den største tilladte fejl. En værdi for -aa på 0,1 tillader en fejl på op til 10% i beregningen af de diffuse stråler	0,1
-ar	Ambient resolution	Bestemmer den maksimale inddeling af overflader ved interpolation. Inddelingen afhænger af -aa og -ar. Lille -aa og stor -ar giver finere inddeling i analysen.	256
	Ambient calculation	'Ambient calculation' beskriver beregningen af interreflekteret lys	

I.4 Relevant gulvareal

Krav til dagslys skal overholdes for "det relevante gulvareal". For erhvervsbyggeri er det relevante gulvareal, der hvor der placeres arbejdspladser.

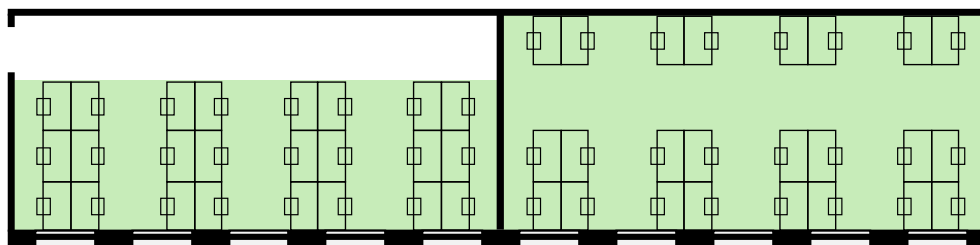
Vejledningen til bygningsreglementet:

"For arbejdsrum defineres det relevante gulvareal som den del af rummet, hvor der kan placeres arbejdspladser. Arealet beregnes som et sammenhængende område fra vinduesfacade(r) og til de fjerneste arbejdspladser, inklusive hele arbejdsfeltet (fx et skrivebord) for hver arbejdsplads.

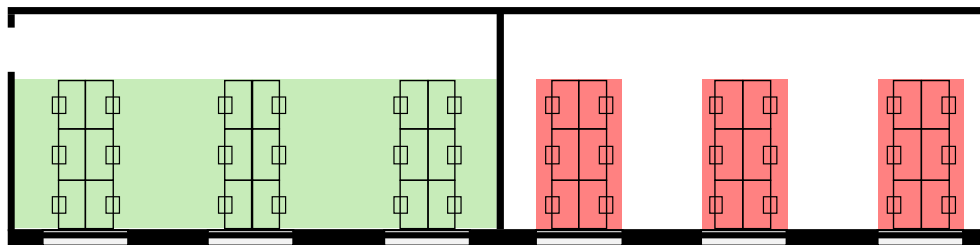
Gulvareal opmåles fra inderside af vægge og udgør derfor et nettoareal i rummene. Gulvarealet i vinduesnicher skal tælles med, hvis vinduesnichen er så stor, at gulvarealet er relevant i forhold til rummets funktion."

For arbejdspladser er der ikke krav til dagslys på gangarealer, der passerer igennem et rum, men udelukkende krav til dagslys på den del af arealet, som ligger fra facaden og ind til bagkanten af bagerste skrivebord. Dette lægger op til at man indretter sin bygning i forhold til at udnytte de arealer med bedste dagslys til arbejdspladser.

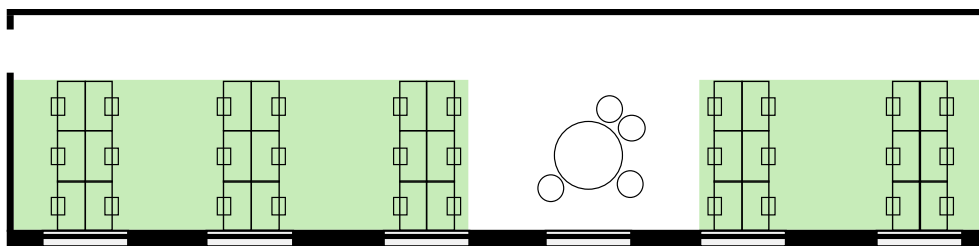
Det relevante gulvareal måles vinkelret fra facaden til bagkant af bagerste skrivebord. Bredden af området dækker alle de vinduer, der medtages i beregningen og hele det sammenhængende område, der ønskes benyttet til arbejdspladser.



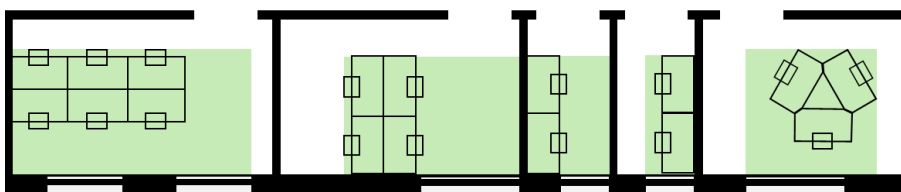
Figur I.2. Det relevante gulvareal går fra facaden og vinkelret ind til bagkant af bagerste arbejdsplads er markeret med grøn for to forskellige scenarier/rum.



Figur I.3. Det relevante gulvareal beregnes som hele det sammenhængende område, der ønskes benyttet til arbejdspladser, som vist med grønt på figuren til venstre, ikke som vist med rød til højre.



Figur I.4. Det relevante gulvareal beregnes som hele det sammenhængende område, der ønskes benyttet til arbejdspladser. Hvis der i dele af rummet er andre funktioner, kan det vælges ikke at medtage disse. Men områderne vil i så fald ikke kunne benyttes til arbejdspladser på et senere tidspunkt.



Figur I.5. Det relevante gulvareal går vinkelret ind fra facaden, indeholder alle vinduer, der indgår i beregningen og hele det areal, som ønskes benyttet til arbejdspladser.

Ifølge bygningsreglementets "spørgsmål og svar"-side kan der accepteres "lavere dagslysniveauer" i møderum. Det er dermed ikke tilladt at have mødelokaler helt uden dagslysforsyning.

"Spørgsmål og svar" til bygningsreglementet:

"I møderum, der planlægges anvendt til almindelig mødebrug, dvs. skiftende møder med skiftende brugere, vil der normalt kunne accepteres lavere dagslysniveauer. Indretning af et lokale med begrænset dagslysadgang kan dog være begrænsende for den fremtidige anvendelse af rummet, da rummet dermed ikke er muligt at anvende som fast arbejdsplads."

I.5 Udsynskvalitet

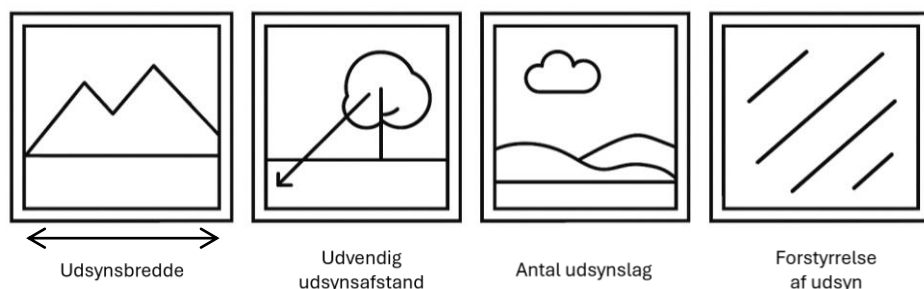
Udsynet giver os mulighed for at orientere os om omgivelserne, aktiviteter, vejr og tid på døgnet. Udsyn til det fri giver visuel forbindelse til omgivelserne udenfor bygningen. Udsyn er vigtigt for oplevelsen af rummet og tilfredsheden med indeklimaet.

Der er lovmæssigt krav om at kunne se ud fra bl.a. arbejdsrum og spiserum, men der er ikke krav til kvaliteten af udsynet. En del bæredygtighedsordninger stiller krav til udsynskvaliteten.

Udsynet fra en et rum afhænger af flere parametre, men det er ikke alle parametre, en bygherre har indflydelse på. Kvaliteten afhænger af, hvor meget man kan se ud, hvor langt man kan se, hvad man kan se ud på og hvor godt man kan se ud.

Forsimplet kan det stilles op som:

- Udsynsbredde
- Udvendig udsynsafstand
- Antal udsynslag (terræn, landskab, himmel)
- Forstyrrelse af udsyn fra glas eller solafskærmning



Figur I.6. Parametre til vurdering af udsyn.

Udsynsbredden måles som den vandrette udsynsvinkel og vil afhænge af vinduesåbningernes størrelser og vil variere med personens afstand til facaden. *Jo større synsvinkel, jo bedre.*

Den *udvendige udsynsafstand* er ofte dikteret af omgivelserne og kan ikke altid ændres. Men det er muligt ved nybyggeri at placere og udforme bygningen i forhold til at optimere udsynsafstanden. *Jo længere man kan se, jo bedre.*

Hvad man ser ud på og hvor mange af de tre *udsynslag* man kan se, er udslagsgivende for kvaliteten. De tre lag er terræn, landskab og himmel. Hvor mange lag man kan se afhænger af personens afstand til facaden, vinduets højde og omgivelsernes geometri udenfor vinduet. *Jo flere lag man kan se, jo bedre.*

Glassets kvalitet kan påvirke udsynet, hvis det fx er farvet. *Solafskærmning* kan forstyrre eller blokere udsynes. *Jo klarere og friere udsyn, jo bedre.*

Dertil kommer den æstetiske værdi af udsynet, som er sværere at sætte på formel. Generelt foretrækkes et varieret udsyn med natur, liv og arkitektur.

Bredt sammenhængende udsyn foretrækkes fremfor udsyn opdelt i flere mindre åbninger, selvom den samlede bredde er den samme.

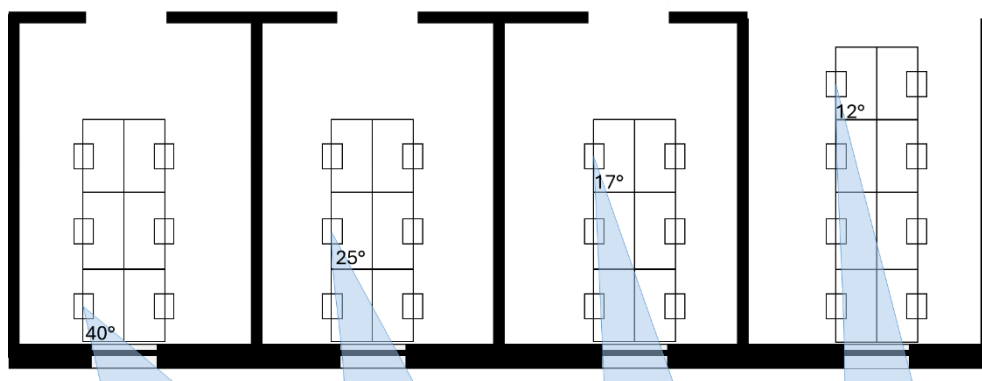
Udsynskvaliteten evalueres i henhold til DS/EN 17037 (2018) + A1 (2021). Udsynskvaliteten vurderes indenfor det relevante gulvareal, som er defineret i Appendix I.4.

I.5.1 Udsynsbredde

Udsynets vandrette vinkel aftager med afstanden fra vinduet. En person tæt på vinduet kan se i en større vandret vinkel på omgivelserne, end en person længere fra vinduet. Kvaliteten af udsynet i forhold til udsynsbredden vil dermed variere i et rum. Derfor skal udsynsvinklen bestemmes fra flere opholdspositioner indenfor det relevante gulvareal i rummet.

Udsynskvaliteten for rummet som helhed, bestemmes af udsynsvinklen for arbejdspladsen med det dårligste udsyn.

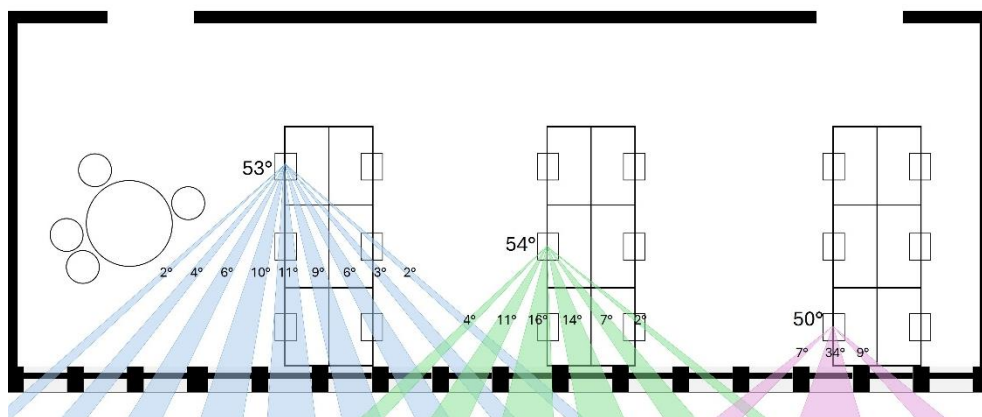
Det kan dog have stor værdi at angive værdien fx for både første, andet og tredje skrivebord. Eller markere i hvilke dele af rummet udsynsvinklen svarer til hhv. minimum, middel og høj kvalitet.



Figur I.7. Vandret udsynsvinkel for personer med forskellig afstand fra vinduet. En person ved første skrivebord fra vinduet har medium kvalitet af vandret udsyn, personerne ved andet og tredje skrivebord har minimum kvalitet af vandret udsyn og udsynet fra fjerde skrivebord er dårligere end minimum.

Hvis der er flere vinduer i rummet med lille afstand mellem dem, kan vinklerne til vinduerne lægges sammen. Det skal dog understreges, at brede vinduer giver et bedre udsyn for brugerne, dels fordi vindueshullet vil skygge mere for udsigten ved smalle vinduer og fordi øjet foretrækker et sammenhængende billede.

Ved smalle vinduer får ydervæggens tykkelse større indflydelse på udsynsvinklen og derfor skal der et større glasareal til at give samme udsynsvinkel.



Figur I.8. Ved smalle vindues opdeles udsynet i mindre bidder, hvilket giver en dårligere oplevelse af udsynet. Ved smalle vinduer har vægtykkelsen større indflydelse på udsynsvinklen. Udsynsvinklerne til vinduerne lægges sammen ved bestemmelse af udsynsvinklen fra en given position.

I.5.2 Udsynsafstand

Udsynsafstanden er den afstand med frit udsyn, der findes mellem vinduets indvendige flade til og hen til udsynet rammer væsentlige obstruktioner (fx andre bygninger eller store træer).

I.5.3 Udsynets kvalitet og lag

Udsynets kvalitet evalueres løbende i forbindelse med den overordnede disposition. Evalueringen inkluderer betydningen af glasvalg og solafskærmning.

Udsyn til omgivelserne er vigtigt for oplevelsen af et rum og bidrager med en fornemmelse af både tid og sted. Det er et lovmæssigt krav at kunne se ud fra arbejdsrum i Danmark, men det betyder også meget, hvad det er vi ser ud på, selvom dette ikke er omfattet af lovgivningen.

Kvaliteten af udsyn afhænger af en række parametre som så vidt muligt helst skal understøttes samtidig. Disse parametre kan blandt andet være selve rummets geometri og vinduernes placering, som har stor betydning for hvilke steder i rummet, der kan forventes en tilstrækkelig udsynskvalitet fra.

Glasset i vinduet skal understøtte at udsynet opfattes klart, uforvrænget og med neutrale farver. Variationen og sammensætningen i objekter, og ikke mindst den æstetiske værdi af de objekter, der er udsyn til, har ligeledes stor betydning for udsynskvaliteten. Derudover har både sigtelinjer og afstand betydning, samt kombinationen af at have udsyn til terræn, landskab og himmel.



Figur I.9. Det der kan ses fra vinduet inddeles i tre lag. Himmel, landskab og terræn. Jo flere lag jo bedre. Også afstanden til omgivelserne har betydning. Jo længere man kan se, jo bedre er det. AI-genereret tegning.

Udsynskvaliteten evalueres jævnfør DS/EN 17037 (2018) hvor der med simple retningslinjer vurderes på udsyn fra et bestemt referencepunkt i lokalerne.

Selve udsynet deles op i tre forskellige lag:

- et himmellag (giver information om tid på dagen, årstid og vejret)
- et landsskabslag (kan bestå af bygninger, natur og/eller horisonten alene)
- et terrænlag (kan give informationer om aktiviteter)

I.6 Elektrisk belysning

Lyskvalitet og synsforhold har betydning for trivsel og sundhed, derfor stilles der krav til den elektriske belysning og dens samspil med dagslyset.

I vores nordlige klima er det naturlige lys ofte ikke tilstrækkeligt på grund af store variationer i dagslyset samt behovet for at skærme af for solvarme. Derfor er udformningen af den elektriske belysning vigtig.

I.6.1 Krav til elektrisk belysning

Den elektriske belysning udføres i henhold til gældende regler i DS/EN 12464-1 Lys og belysning – Belysning ved arbejdspladser – Del 1: Indendørs arbejdspladser (2021).

Belysningsstyrke

Kravene til belysningsstyrke er middelbelysningsstyrken på arbejdsfeltet, som oftest vil være i bordhøjde. Derudover er der krav til belysningsstyrken på vægge og loft samt den cylindriske belysningsstyrke. Der er desuden, for særlige situationer, der kræver særlig belysning, en række kontekstbestemte tilpasninger af belysningsstyrken, som skal indarbejdes. Disse findes i DS/EN 12464-1 afsnit 5.3.3.

Store rumlige variationer i belysningsstyrker omkring arbejdsfeltet skal undgås, da det kan føre til visuel stress, hovedpine samt ubehag. Dette omfatter belysningsstyrker på det omgivende felt, svarende til et bånd på mindst 0,5 m omkring arbejdsfeltet inden for synsfeltet, samt baggrundsområdet, der bør være mindst 3 m bredt stødende op til det omgivende felt, inden for rummets afgrænsning. Omvendt kan rummet synes monotont, formløst og kedeligt, hvis der kun er få eller små variationer og lysforskelle.

Den elektriske belysning skal dimensioneres efter at kunne imødekomme disse krav til belysningstyrker ved koncentreret arbejde ved arbejdspladserne. I andre situationer, kan der dog være en fordel i at rummet er uregelmæssigt belyst for at opnå visse stemninger. Dette kunne være ved aktiviteter, der kræver fordybelse såsom møder eller individuelt arbejde. Her kan fokuseret lys, eksempelvis pendelbelysning, fungere som hjælpemiddel til at skabe en rolig og fokuseret stemning på mindre områder i lokalet, i mindre perioder ad gangen.

Regelmæssighed

Indretningen i kontoret er typisk ikke kendt eller der ønskes fleksibel indretning i områderne med tilstrækkelig dagslys til arbejdsområde, hvorfor hele området i disse tilfælde skal betragtes som arbejdsfelt. Belysningsstyrken på det omgivende felt skal være min 200 lux ved 300 lux i arbejdsfeltet og minimum 300 lux ved 500 lux i arbejdsfeltet.

Ud over krav til regelmæssighed på 0,6 i arbejdsfeltet skal der i det omgivne felt være en regelmæssighed på 0,4 og i baggrundsområdet 0,1.

Farvegengivelse

Den elektriske belysning skal sikre at farver i omgivelser, på genstande og på den menneskelige hud gengives naturligt og præcist, af hensyn til synspræstation, komfort og trivsel. Farvegengivelsesindekset R_a , som er en objektiv indikation af en lyskildes farvegengivende egenskaber, anvendes til at sikre dette. For alle indeklimaklasser anbefales $R_a \geq 90$. Dette er en skærpelse af kravet i

DS/EN 12464-1, som anbefales idet de fleste lyskilder i dag uden problem kan levere $R_a \geq 90$.

Farvetemperatur

En lyskildes lysfarve udtrykkes ved dens korrelerede farvetemperatur. Lyskilder med lavere farvetemperaturer giver et mere varmt lys, mens højere farvetemperatur giver et koldere lys. Dagslysets lysfarve varierer i løbet af dagen og mennesket er fysiologisk afhængigt af denne dynamik. Lysets intensitet og farve påvirker receptorer i hjernen til at producere hormoner, som påvirker humøret, holder os vågne eller gør os søvnige.

Farvetemperaturen kan således anvendes til at skabe tilsligtede stemninger i forskellige rum, men skal som udgangspunkt i arbejdslokaler dimensioneres så rummet føles naturligt og behageligt at være i. For på trods af, at det kolde lys efterligner den blå himmel, og teknisk set holder os vågne, så opfattes det ofte som koldt og sterilt. Omvendt vil det varmere lys blive opfattet som hyggeligere, men det er dog uegnet til at arbejde fokuseret i.

En kombination af koldt og varmt lys kan også anvendes i samme lokale. Fx kan rumbelysningen gøres koldere, så den efterligner himlen, mens den fokuserede belysning gøres varmere, så den efterligner solen. Et studie for skoleelever har vist, at brugerne oplevede større fokus, mindre træthed og mere energi med denne form for belysning [Wies van Mil, 2020].

Blænding

Ubehagsblænding forårsaget af elektrisk belysning skal undgås, hvilket opnås ved at UGR-værdierne i kravspecifikationstabellerne. UGR-værdien fra den kunstige belysning skal overholdes i alle retninger på armaturet, for at sikre fuld fleksibilitet i forhold til indretningen af brugen af lokalet.

Stigende brug af skærme (bærbære, smartboards og tablets) stiller dog særligt krav til belysningen for at undgå synsudsættende blænding, samt trættende og generende reflekser.

Den elektriske belysning skal udformes så refleksblænding, som forårsages af refleksioner fra blanke flader, såsom computerskærme og tablets, mindskes mest muligt. Der bør i placeringen af armaturer sikres, at disse er hensigtsmæssigt placeret i forhold til en given møblering med arbejdspladser.

Flicker/Flimmer

Flicker eller flimmer fra elektrisk belysning opstår når der forekommer hurtige svingninger i lysmængden. Flicker er distraherende og kan fremkalde fysiologiske reaktioner såsom stress hovedpine, træthed, sløret syn samt smerter i og omkring øjnene.

Styring

Den elektriske belysning styres automatisk efter mængden af dagslys for at sikre energieffektivitet. Styringen af belysningen skal opdeles i zoner, da dagslyset aftager ind gennem bygningen. Ligeledes skal styringen af belysningen foretages efter tilstedeværelse, for at sikre energieffektiviteten [BR18 § 382]. Dette gælder også baderum og toiletter i tilknytning til arbejdsrum mv. Der skal, for at overholde klassen "Skærpet", benyttes døgnrytmebelysning, som kan tilføje værdi i rum, der benyttes tidlig morgen, aften og nat.

For at overholde klassen "Standard" skal der være mulighed for overstyring af belysning med dæmpning af lysniveauet. På denne måde kan lysniveauet justeres afhængig af aktivitet og anvendes til at ændre stemningen.

For at overholde klassen "Skærpet" skal der både være mulighed for overstyring af belysning med dæmpning samt ændring af farvetemperaturen.

Appendiks J – Baggrund for krav

Kravene i denne branchevejledning bygger på danske og internationale standarder, som enten er anvendt direkte eller tilpasset den danske kontekst og bygningsreglementets krav. Når kravene lægger sig op ad internationale standarder, er de markeret med cirka lighedstegnet ($\approx$) for at angive sammenfaldet. Standarderne angives med deres navn og kategori, eksempelvis "16798-1 II" hvilket refererer til DS/EN 16798-1 og kategori II.

J.1 Bolig

J.1.1 Termisk indeklima

Tabel J.1. Baggrund for krav i termisk indeklima for bolig

Indeklimaklasse	Renovering	Standard	Skærpet
Operativ temperatur i °C	Nedre: 16798-1 II Øvre: 16798-1 IV	Nedre: 16798-1 I Øvre: 16798-1 III	Nedre: 16798-1 I Øvre: 16798-1 II
Toleranceoverskridelser			
– Sommer + overgang	BR18	BR18	BR18
– Vinter	-	-	Tilsvarende procentvis overskridelse, som for varme perioder
Trækrisiko (draught rate)			
– Trækrisiko i %	$\approx$ 16798-1 II-III (midt imellem)	16798-1 II	$\approx$ 16798-1 I-II (midt imellem)
– Krav til 94% af brugstiden	DS 447	DS 447	DS 447
Relativ fugtighed	16798-1 III, ENØK i bygninger, SBI-277	16798-1 III, ENØK i bygninger, SBI-277	16798-1 II, ENØK i bygninger, SBI-277
Kritisk overfladetemperatur i °C	SBI-277*	SBI-277*	SBI-277*

* Fugtbelastningsklasse ved 75% RF. Beregnet ud fra DRY 2013 vejrdato og en indetemperatur på 20°C

J.1.2 Atmosfærisk indeklima

Tabel J.2. Baggrund for krav i atmosfærisk indeklima for bolig.

Indeklimaklasse	Renovering	Standard	Skærpet
Min Udelufttilførsel			
Minimum i L/s pr. m ²	BR18	BR18	BR18
L/s pr. person	-	DGNB 2025 / ≈ 16798-1 III	DGNB 2025 / 16798-1 II
Filterkvalitet	-	-	DS 447 ODA 1 SUP 2
Emhætter			
Aftræk til det fri	BR18 Vej §420-452	BR18 Vej §420-452	BR18 Vej §420-452
Erstatningsluft	Renoveringsafvejning	BR18 Vej §420-452	BR18 Vej §420-452
Krav til effektivitet, <i>eller</i>	Tilpasset efter klasse skærpet	Tilpasset efter klasse skærpet	Svensk ventilation (2025) – Klass 3
Krav til luftmængde i L/s,			
Afstand til kilde 0-40 cm	50% fjernelse af ultra- fine partikler jf. Jo- hannsen et al., 2023	50% fjernelse af ultra- fine partikler jf. Jo- hannsen et al., 2023	75% fjernelse af ultra- fine partikler jf. Jo- hannsen et al., 2023
Afstand til kilde 40-80 cm			
Afstand til kilde ≥ 80 cm			
Afgasning til indeklimaet			
Produktniveau			
Formaldehyd i mg/m ³	EU TAX* M5.2	EU TAX* M5.2	EU TAX* M5.2
Kræftfremkaldende VOC i mg/m ³	EU TAX* M5.2	EU TAX* M5.2	EU TAX* M5.2
Test i færdigt byggeri	-	-	BVI
Formaldehyd i µg/m ³	16798-1 LPB**	16798-1 LPB**	16798-1 LPB**
TVOC i µg/m ³	DGNB 2025 / ≈ 16798-1 LPB**	DGNB 2025 / ≈ 16798-1 LPB**	DGNB 2025 / ≈ 16798-1 LPB**
Radon			
Radon-niveau i Bq/m ³	BR18 §332	BR18 §332	BR18 §332
Krav om måling	BVI	-	BVI

* EU TAX = EU Taksonomi

** LPB = Low polluted buildings

J.1.3 Visuelt indeklima

Tabel J.3. Baggrund for krav i visuelt indeklima for bolig

Indeklimaklasse	Renovering	Standard	Skærpet
Dagslys			
1:1 udskiftning af vinduer	Renoveringshensyn		
Korrigeret glas/gulv-areal i %	BR18 §379	BR18 §379	BR18 §379
<i>eller</i> belysningsstyrke i lux	BR18 §379 / DS/EN ISO 17037	BR18 §379 / DS/EN ISO 17037	BR18 §379 / DS/EN ISO 17037
Udsyns krav til omgivelserne i opholdsrum	BR18 §378	BR18 §378	BR18 §378

J.1.4 Akustisk indeklima

Tabel J.4. Baggrund for krav i akustisk indeklima for bolig

Indeklimaklasse	Renovering	Standard	Skærpet
Luftlydisolation, trinlyd, støj, og efterklangstid	Tager udgangspunkt i lydklasse D i DS 490	BR18 §368-373 / lydklasse C i DS 490	Tager udgangspunkt i lydklasse B i DS 490

J.2 Erhverv

J.2.1 Termisk indeklima

Tabel J.5. Baggrund for krav i termisk indeklima for erhverv.

Indeklimaklasse	Minimum	Renovering	Standard	Skærpet
Operativ temperatur i °C				
Øvre grænse				
- Sommer og overgang	16798-1 cat. III	16798-1 cat. III	16798-1 cat. II	16798-1 cat. I
- Vinter	16798-1 cat. III	16798-1 cat. III	16798-1 cat. II-III	16798-1 cat. II
Nedre grænse				
- Sommer	16798-1 cat. III	16798-1 cat. III	16798-1 cat. III	16798-1 cat. II-III
- Vinter og overgang	16798-1 cat. I	16798-1 cat. I	16798-1 cat. I	16798-1 cat. I
		Opvarmningssætpunkt i langt de fleste bygninger		
Toleranceoverskridelser				
- Sommer og overgang		BR-krav for varme perioder		
- Vinter	Tilsvarende procentvis overskridelse, som for varme perioder			
Trækrisiko / draught rate i %	16798-1 cat. II-III	16798-1 cat. II-III	16798-1 cat. II	16798-1 cat. I-II
- Overskridelse	DS 447	DS 447	DS 447	DS 447
Relativ fugtighed i % ¹		16798-1 III	16798-1 III	16798-1 II
Kritisk overfladetemperatur i °C	SBi-277*	SBi-277*	SBi-277*	SBi-277*
Robusthedsanalyse	Anbefales	Anbefales	Anbefales	Ja

* Fugtbelastningsklasse ved 75% RF. Beregnet ud fra DRY 2013 vejrdato og en indetemperatur på 20°C

J.2.2 Atmosfærisk indeklima

Tabel J.6. Baggrund for krav i atmosfærisk indeklima for erhverv.

Indeklimaklasse	Minimum	Renovering	Standard	Skærpet
Lufttilførsel				
CO ₂ -koncentration i ppm (ved udeniveau på 400 ppm)	1200	AT	BR18	BR18
Luftmængde pr. person i L/s pr person ²	Beregning ud fra CO ₂ -koncentrationen			
Afgasning fra materialer				
Produktniveau				
Formaldehyd i mg/m ³			EU TAX* M5.2	
Kræftfremkaldende VOC i g/m ³			EU TAX* M5.2	
Test i færdigt byggeri				
Formaldehyd i µg/m ³			16798-1 LPB**	
TVOC i µg/m ³			≈ 16798-1 LPB**	

* EU TAX = EU Taksonomi

** LPB = Low polluted buildings

J.2.3 Visuelt indeklima

Tabel J.7. Baggrund for krav i visuelt indeklima for erhverv.

Indeklimaklasse	Minimum	Renovering	Standard	Skærpet
Dagslys				
Korrigeret glas/gulv-areal i % eller belysningsstyrke i lux	BVI fortolkning	BR18	BR18 17037 Minimum	17037 Minimum
Udsyn				
Vægtet solafskærmningstid i forhold til brugstid i %	BVI fortolkning af BR18 §378	BVI fortolkning af BR18 §378	BVI fortolkning af BR18 §378	BVI fortolkning af BR18 §378
Solafskærmningstid i forhold til brugstid i %, ved styring i felter af maks. 5 m i bredden og 1 etage i højden + manuel overstyring	BVI fortolkning af BR18 §378	BVI fortolkning af BR18 §378	BVI fortolkning af BR18 §378	BVI fortolkning af BR18 §378
Blændingsafskærmning		BR18	BR18	BR18
Udsynskvalitet	17037 Minimum	17037 Minimum	17037 Middel	17037 Højt
Elektrisk belysning				
Belysningsstyrke i lux	12464-1	12464-1	12464-1	12464-1
Farvegengivelse for belysning, R _a	Skærpelse af 12464-1	Skærpelse af 12464-1	Skærpelse af 12464-1	Skærpelse af 12464-1
Blænding fra elektrisk belysning	12464-1	12464-1	12464-1	12464-1
Flicker/flimmer fra elektriske lyskilder				
PstLM	Ecodesign*	Ecodesign*	Ecodesign*	Ecodesign*
SVM	Ecodesign*	Ecodesign*	Ecodesign*	Ecodesign*
Belysningsstyrkens regelmæssighed på arbejdsfeltet		12464-1	12464-1	12464-1
Automatisk styring		BR18	BR18	-

* Ecodesign-krav til belysning, EU forordning 2019/2020, tabel 4 s. 20