

Bygningsreglementets vejledning om korrektioner til 10 pct.-reglen for dagslys

Marts 2018



Forord

Denne vejlednings primære formål er at præcisere og forklare, hvordan der skal korrigeres for skyggende forhold ved fastlæggelse af det nødvendige glasareal i henhold til bygningsreglementets bestemmelser om dagslys. Vejledningen skal desuden understøtte planlægning, projektering og udførelse af bygninger, hvor brugerne sikres tilfredsstillende dagslysforhold med et sundt visuelt indeklima.

Vejledningen er udarbejdet af seniorforsker Kjeld Johnsen og videnskabelig assistent Anders Lumbye, Statens Byggeforskningsinstitut, Aalborg Universitet København.

Denne version af vejledningen er dateret 5. marts 2018. Der er kun foretaget ganske få redaktionelle ændringer i forhold til den tidligere version.

Indhold

Forord	3
Indhold	4
Introduktion	5
Metoden	5
Korrektionsfaktorer	7
Korrektion for rudetype	8
Reduktion for vægtykkelse.....	9
Korrektion for skyggende omgivelser	10
Reduktion for fremspring over vinduet.....	12
Korrektionsfaktor for fremspring ved siden af vinduet	16
Korrektion for faste solafskærmninger	19
Vinduer mod atrier	20
Korrektionsfaktor for rum med stor dybde	22
Korrektion for ovenlys og vinduer i flere flader	23
Dokumentation	24
Dokumentation af beregnede korrektionsfaktorer.....	24

Introduktion

Denne vejledning beskriver, hvordan man kan bestemme, hvor meget forskellige skyggende forhold reducerer dagslysadgangen til vinduerne. Den reducerede dagslysadgang defineres ved en række korrektionsfaktorer, som udtrykker, hvor stor en del af glasarealet, der må medregnes for det enkelte vindue.

Oplevelsen af lyset i rummet afhænger af mange andre faktorer end hvor meget lys, der strømmer gennem vinduerne. For at tage hensyn til, at rumoplevelsen og lyset i rummet ofte kan forbedres ved at have vinduer i flere flader (vægge eller loft) angiver vejledningen derfor også faktorer, som sigter på at tilgodese dette. Endelig giver vejledningen forslag til, hvordan alle beregningsforudsætningerne vedr. dagslysbestemmelserne kan dokumenteres.

Det bør bemærkes, at opfyldelsen af vejledningens forudsætninger for at sikre tilstrækkeligt dagslys skal opfattes som minimumkrav, og ikke i sig selv kan opfattes som sikkerhed for en høj dagslyskvalitet i rummet. I designfasen af byggeriet kan mere detaljerede beregninger af dagslyset og dets variation derfor benyttes til at analysere og sikre gode dagslysforhold i bygnings enkelte rum.

Metoden

Uanset om der er tale om en enkelt bolig, en større boligejendom eller et større kontorkompleks, vil det typisk kun være nødvendigt at identificere relativt få kritiske rum, for hvilke dagslysanalysen bør foretages. For disse rum beregnes gulvarealet, der er bestemmende for det nødvendige mindste glasareal. Hvis der er forhold, som formindsker dagslysadgangen til vinduerne i rummet, skal der for hvert vindue beregnes *korrektionsfaktorer* som udtrykker, hvor meget dagslyset reduceres gennem det aktuelle glasareal under de givne forhold.

Metoden anvender også korrektionsfaktorer, der tager hensyn til, at udnyttelsen og oplevelsen af dagslyset i et rum forbedres, når dagslyset tilføres gennem flere flader i rummet, fx gennem et sidevindue og et ovenlys, eller gennem to af rummets ydervægge.

Summen af glasarealet i de aktuelle vinduer, korrigeret for alle forhold, der formindsker dagslysadgangen og korrigeret for vinduer i flere flader, skal mindst være lig med minimum glasarealet for rummet.

Nødvendigt glasareal, A_G

BR18 angiver, at glasarealet skal udgøre mindst 10 % af gulvarealet. Glasarealet beregnes for hvert vindue som det frie åbningsareal, dvs. hele vinduets areal minus ramme-, karm- og sprossearealer.

Ud fra rummets gulvareal bestemmes minimum glasareal som:

$$A_{G,min} = 0,1 \cdot A_{gulv}, \quad \text{m}^2, \text{ hvor}$$

$A_{G,min}$ er minimum glasareal, m²

A_{gulv} er rummets netto gulvareal, m²

Vinduesplacering

Grundlæggende for fastlæggelsen af det nødvendige glasareal antages det, at facaderne er udformet med hensyntagen til udnyttelsen af dagslyset og udsynet gennem vinduerne. Dette indebærer også, at der antages en hensigtsmæssig placering af vinduerne, som tager hensyn til, at dagslyset gennem højt placerede vinduer normalt bidrager betydeligt mere til dagslyset i rummet end dagslyset gennem lavt placerede vinduer.

Ovenlys

Da ovenlys modtager væsentligt mere dagslys end lodrette vinduer, kan glasarealet for ovenlys indregnes med en faktor 1,4. I denne sammenhæng kan vinduer i klimaskærmen med hældning mindre end eller lig med 60° fra vandret betragtes som ovenlys, mens vinduer med større hældninger beregnes som lodrette vinduer. Reduktionen af dagslyset gennem ovenlys pga. omgivelser eller fremspring kan beregnes på samme måde som for lodrette vinduer.

Korrektionsfaktorer

I mange tilfælde vil der være flere forhold, som formindsker dagslysadgangen til et vindue. Vejledningen beskriver de almindeligste forhold og angiver, hvor meget et aktuelt glasareal kan indregnes med, når der tages hensyn til at dagslysadgangen er anderledes end i referencesituationen. Der er defineret korrektionsfaktorer for følgende forhold:

- Rudens lystransmittans, F_{LT}
- Vinduesvæggens tykkelse, $F_{VÆG}$
- Skygger fra omgivelserne, F_{OMG}
- Skygger fra udhæng over vinduet, F_{OH}
- Skygger fra fremspring ved siden af vinduet, F_{SF}
- Skygger fra faste solafskærmninger, F_{AFS}
- Korrektion for glas i vinduer, der vender mod et atrium, F_{ATR}
- Korrektion for stor rumdybde, F_{RUM}
- Korrektion for vinduer i flere flader, F_{FL}
- Korrektionsfaktor for glas i ovenlys, F_{OVLYS}

Korrektionsfaktorerne, der angives i tabeller og diagrammer, er udtryk for, hvor meget dagslyset gennem glasarealerne i de aktuelle vinduer reduceres under de givne forhold. For hvert vindue beregnes korrektionsfaktorerne, og vinduet medregnes med det aktuelle glasareal ganget med alle korrektionsfaktorerne. Faktorerne er angivet for de almindeligste forhold, der kan reducere dagslystilførslen. I praksis vil der være tilfælde, som ikke umiddelbart kan aflæses i tabellerne, og i sådanne tilfælde vil det være nødvendigt at skønne dagslysreduktionen ud fra de tabeller, der er opstillet i vejledningen.

Reduktionerne af glasarealet på grund af de dagslysreducerende forhold er bestemt for en overskyet himmel (CIE overskyet), der repræsenterer en veldefineret, kritisk dagslyssituation. Ved overskyet himmel stammer dagslyset dels fra himlen og dels fra omgivende terræn og bygninger, som kan reflektere lys mod den aktuelle facade.

For at tage hensyn til alle forhold, der formindsker dagslystilførslen til rummet, skal der for hvert vindue principielt multipliceres med alle de relevante korrektionsfaktorer:

$$A_{Gkor,i} = F_{LT} \cdot F_{VÆG} \cdot F_{OMG} \cdot F_{OH} \cdot F_{SF} \cdot F_{AFS} \cdot F_{ATR} \cdot F_{RUM} \cdot F_{FL} \cdot F_{OVLYS} \cdot A_{Gvin,i}$$
$$= F_{G,kor,i} \cdot A_{Gvin,i} \text{ (m}^2\text{)}, \text{ hvor}$$

$A_{Gkor,i}$ er det aktuelle glasareal for vindue i korrigeret med alle faktorerne for de skyggende forhold

$A_{Gvin,i}$ er det faktiske glasareal i vindue i

$F_{G,kor,i}$ er produktet af alle relevante korrektionsfaktorer for vindue i

Det samlede glasareal, der må indregnes, er summen af alle faktiske glasarealer, korrigeret med faktorer for de aktuelle skyggende forhold:

$$A_{Gkor,total} = \sum_{i=1}^n A_{Gkor,i}$$

For at det vurderes, at rummet har tilstrækkeligt dagslys, skal

$$\sum_{i=1}^n A_{Gkor,i} \geq A_{G,min}$$

For nogle af de forhold, der kan reducere dagslysadgangen til vinduet, er der sat en nedre grænse for korrektionsfaktoren på 0,5, selv om der kan forekomme situationen, hvor dagslyset reduceres mere. Dette er valgt for at tage hensyn til, at dagslysreduktionen for det enkelte forhold, fx skyggende omgivelser, sjældent vil blive oplevet så kraftigt, som det i virkeligheden er. I tilfælde, hvor skyggeeffekterne fra to eller flere forhold 'overlapper' hinanden, skal der kun korrigeres for den del af skyggeeffekterne, der ikke overlapper. Dette optræder typisk i forbindelse med reduktion for vinduesvæggens tykkelse i kombination med fremspring omkring vinduet, og er nærmere beskrevet under afsnittet *Overlappende skyggeeffekter* side 18.

Beregningen af den samlede korrektion for skygger er kun en tilnærmelse til den faktiske effekt. I nogle tilfælde vil den samlede reduktionen af dagslyset til et vindue blive større end, hvad der svarer til produktet af de aktuelle reduktionsfaktorer. I tilfælde af overlappende skyggeeffekter bør der derfor altid foretages en realistisk vurdering af de faktiske forhold, og eventuelt gennemføres en beregning af de faktiske belysningsstyrker.

Korrektion for rudetype

Rudens lystransmittans angives af rude- eller vinduesfabrikanten. Lystransmittansen er her defineret for stråling vinkelret på ruden, og udgangspunktet er en rude med en lystransmittans på 0,75. Mange ruder har en lavere lystransmittans, og derfor skal der korrigeres for den lavere lysgennemgang.

Lystransmittansen af den aktuelle rude LT_{akt} sammenlignes med lystransmittansen af referenceruden $LT_{ref} = 0,75$. Udtrykt ved en korrektionsfaktor, kan glasset i det aktuelle vindue indregnes med korrektionsfaktoren

$$F_{LT} = LT_{akt} / LT_{ref}$$

Eksempel

I et rum på 14 m² ($A_{gulv} = 14$) planlægges anvendt et vindue med et glasareal A_{Gvin} på 1,64 m². Der anvendes en solafskærmende rude med en lystransmittans $LT_{akt} = 0,58$. Det ønskes undersøgt, om vinduet medfører, at glasarealet uden skyggende omgivelser svarer til mindst 10 % af det relevante gulvareal.

Korrektionsfaktoren beregnes til $F_{LT} = LT_{akt} / LT_{ref} = 0,58/0,75 = 0,73$. Glasset kan derfor indregnes med arealet

$$A_{Gkor,i} = F_{LT} \cdot A_{Gvin} = 0,73 \cdot 1,64 \text{ m}^2 = 1,2 \text{ m}^2$$

Kriteriet siger, at glasarealet mindst skal udgøre 10 % af gulvarealet:

$$A_{G,min} = 0,1 \cdot A_{gulv} = 0,1 \cdot 14 \text{ m}^2 = 1,4 \text{ m}^2$$

Da det korrigerede glasareal er mindre end minimum glasarealet, opfylder det valgte vindue *ikke* kriteriet for tilstrækkeligt dagslys.

Omvendt kan det nødvendige glasareal med den valgte rudetype beregnes ud fra forholdet mellem 0,75 og den aktuelle rudes transmittans, her på 0,58. Det nødvendige glasareal skal i stedet for 10 % af gulvarealet udgøre

$$0,75/0,58 \cdot 10 \% = 12,9 \% \text{ af gulvarealet, eller } 0,129 \cdot 14 \text{ m}^2 = 1,81 \text{ m}^2$$



Illustration af at lystransmittansen kan være meget forskellig for forskellige rudetyper. Flere lag glas og belægninger reducerer dagslysindfaldet og farver det indfaldende lys og udsigten.

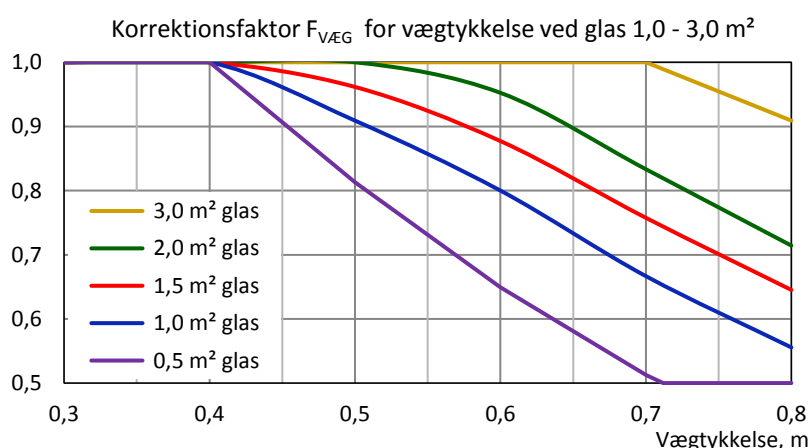
For ruder med højere dagslystransmittans end 0,75 kan glasarealet indregnes med et større areal end det faktiske. For en 2-lags rude med jernfattigt glas med en lystransmittans på 0,84, indregnes glasarealet med et større areal, bestemt ved faktoren $F_{LT} = 0,84/0,75 = 1,12$ gange det aktuelle glasareal.

Reduktion for vægtykkelse

Skærpede energikrav gennem de senere år har medført stigende isoleringstykkelser og dermed også vægtykkelser ved nybyggeri og ved renoveringer. Vægtykkelsen har stor betydning for lysindfaldet i et rum, specielt ved mindre eller smalle vinduer i tykke ydervægge. Ved bestemmelse af korrektionsfaktoren tages udgangspunkt i en vægtykkelse på 40 cm og forskellige vinduesstørrelser med forskellige glasarealer. Korrektionsfaktoren fremgår af tabel 1 og de tilhørende grafer. Korrektionen er størst for små vinduer i tykke vægge. Ved korrektion for vægtykkelsen kan sammenhængende vinduer og vinduespartier behandles som ét vindue. Hvis væggen ikke har samme tykkelse på alle sider af vinduet, kan der regnes med en (vægtet) middelværdi af tykkelsen. Vinduets placering i murhullet/lysningen kan have en vis indflydelse på dagslysreduktionen ved tykke vægge, men dette tages der ikke hensyn til i tabellen.

Tabel 1. Korrektionsfaktor for vægtykkelse. Tabellen tager udgangspunkt i, hvor meget dagslysadgangen reduceres til et vindue eller et vinduesparti af en given størrelse ved en given vægtykkelse. For andre vægtykkelser kan der interpoleres mellem tabellens værdier eller ud fra de tilhørende grafer. Der korrigeres ikke for vægtykkelser mindre end 40 cm.

Vægtykkelse, m	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
Glasareal $\leq 0,5 \text{ m}^2$	1,00	1,00	0,81	0,65	0,51	0,50
Glasareal $1,0 \text{ m}^2$	1,00	1,00	0,91	0,80	0,67	0,56
Glasareal $1,5 \text{ m}^2$	1,00	1,00	0,96	0,88	0,76	0,65
Glasareal $2,0 \text{ m}^2$	1,00	1,00	1,00	0,95	0,83	0,71
Glasareal $\geq 3,0 \text{ m}^2$	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,91



Eksempel

For et beboelsesrum på 8 m^2 kan det almindeligvis antages at der vil være tilstrækkeligt dagslys, hvis rummet har et vindue med et glasareal på $0,8 \text{ m}^2$ i en ydervæg med en tykkelse på 40 cm. I det aktuelle tilfælde har rummet et vindue med et glasareal $A_{Gvin} = 0,96 \text{ m}^2$, og vægtykkelsen er 50 cm. Korrektionsfaktoren ved et glasareal på $0,96 \text{ m}^2$ aflæses i tabellen eller i diagrammet på kurven for 1 m^2 glas til $F_{V\text{ÆG}} = 0,91$. Det aktuelle glas kan derfor indregnes med arealet

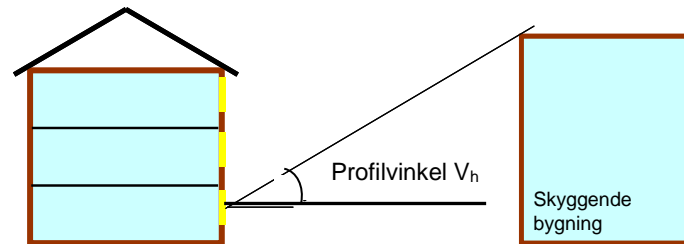


$$A_{G, kor} = F_{V, \text{ÆG}} \cdot A_{G, \text{vin}} = 0,91 \cdot 0,96 = 0,87 \text{ m}^2.$$

Da det korrigerede glasareal er større end $A_{G, \text{min}} = 0,1 \cdot 8 = 0,8 \text{ m}^2$, kan det antages, at rummet har tilstrækkeligt dagslys.

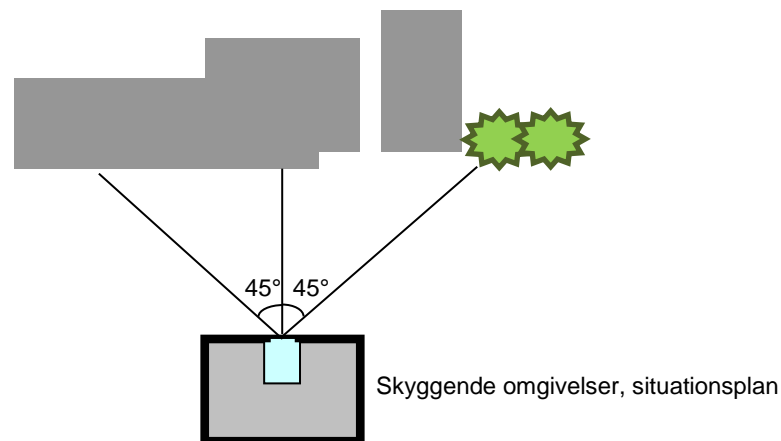
Korrektion for skyggende omgivelser

Ofte vil dagslysadgangen til et rum være reduceret af skyggende omgivelser, fx andre bygninger, som illustreret på figur 1 og figur 2. Skyggeeffekten afhænger især af højdevinklen fra vandret plan til overkanten af skyggegeveren, målt fra midten af vinduet. Lysreduktionen vil være størst i de nederste etager, og beregningerne kan ofte koncentreres om rum placeret her.



Figur 1. Illustration af profilvinklen for skyggende omgivelser.

I praksis vil de skyggende omgivelser ofte have varierende højde, og her kan anvendes en middelværdi af profilvinklen til skyggegeverne. Profilvinklen er defineret som projektionen på et lodret plan, vinkelret på ruden, af vinklen fra vandret i midten af vinduet til overkanten af skyggegeverne, jf. figur 1. For en bygning parallel med den, som der regnes på, er profilvinklen den samme til alle punkter af bygningens overkant. Middelværdien af profilvinklen beregnes for skyggegeverne, der befinder sig inden for en vandret vinkel på $\pm 45^\circ$ i forhold til et lodret plan gennem midten af vinduet, jf. figur 2. Der ses bort fra skyggegeverne, som befinder sig uden for denne vinkel.



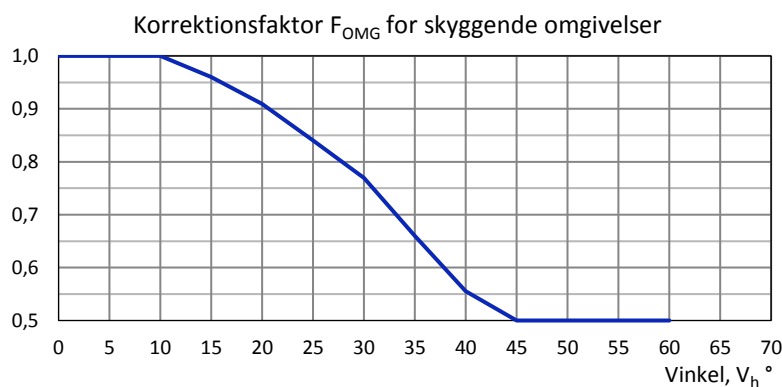
Figur 2. Illustration af skyggende omgivelser. Korrektionsfaktoren er bestemt af middelværdien af profilvinklen for skyggegeverne, som befinder sig inden for en vinkel på $\pm 45^\circ$ i forhold til et lodret plan gennem midten af vinduet.

Dagslysreduktionen i det aktuelle rum varierer med afstanden til vinduet, og afhænger stærkt af, hvor stor en del af himmelhvælvingen, der kan ses fra den aktuelle position i rummet. I en position dybt inde i rummet, hvor himlen ikke er synlig, hverken med eller uden skyggen fra omgivelserne, er lysreduktionen mindre end midt i rummet, hvor skyggen blokerer for en del af udsynet til himlen. Samtidig reducerer de skyggende omgivelser kontrasten mellem vinduet og væggen omkring vinduet. Derfor opleves lysreduktionen ofte mindre end den faktisk er, specielt fra positioner dybt inde i rummet.

Tabel 2 viser korrektionsfaktoren for et rum med et vindue, som vender mod en overfor liggende bygning. Korrektionsfaktoren tager delvist hensyn til, at lysreduktionen ofte opleves mindre end den faktisk er, som beskrevet ovenfor. Udgangspunktet er en profilvinkel på 10°, og de skyggende omgivelser antages at have en lysreflektans på 0,2. Tabel og kurve viser, at for profilvinkler over 45° kan glasarealer kun medregnes med halvdelen af det faktiske areal.

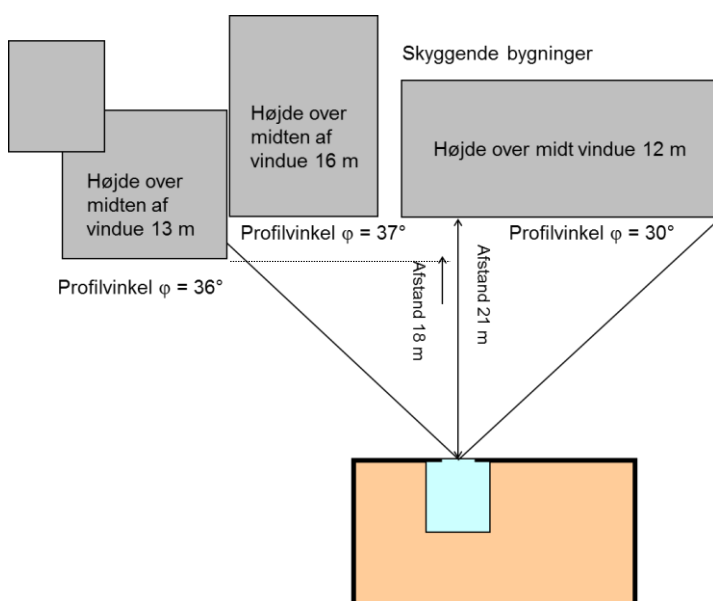
Tabel 2. Korrektionsfaktor for glasarealer i vinduer mod skyggende omgivelser. Profilvinklen beregnes fra midten af de(t) aktuelle vindue(r) til midelhøjden for overkanten af de(n) modstående bygning(er) eller til den synlige horisont. For andre profilvinkler kan der interpoleres mellem tabellens værdier eller ud fra de tilhørende grafer.

Reduktion for skyggende omgivelser												
Profilvinkel, V_h	0°	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°	45°	50°	55°	60°
Korrektionsfaktor	1,00	1,00	0,95	0,91	0,84	0,77	0,66	0,55	0,50	0,50	0,50	0,50



Eksempel

For et rum på 14,0 m² skal beregnes den skyggende effekt af overfor liggende bygninger, som illustreret i figur 3. Minimum glasareal er 10 % af 14, altså $A_{G,min} = 1,4$ m². Rummet har et vinduesparti med et samlet glasareal på 2,2 m² med en lystransmittans på 0,72, og en vægtykkelse på 40 cm. Spørgsmålet er, hvor stort det aktuelle glasareal $A_{G,kor}$ er, når der korrigeres for reduceret lysadgang.



Figur 3. Plan af rum i den aktuelle bygning, som skygges af overfor liggende bygninger.

Profilvinklerne til bygningerne beregnes ud fra højden af bygningerne over vinduets midte og afstanden til bygningerne, målt vinkelret på facadens/ vinduets plan. De beregnede profilvinkler er vist på figuren, og middelprofilvinklen kan fastlægges til 33 grader. Ud fra tabel 2 eller det tilhørende diagram aflæses en korrektionsfaktor på 0,69. Hvis der ikke optræder andre skyggende forhold kan glasarealet, med hensyntagen til de dagslysreducerende forhold beregnes som

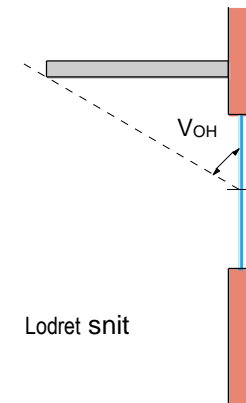
$$A_{Gkor} = F_{LT} \cdot F_{OMG} \cdot A_{Gvin} = (0,72/0,75) \cdot 0,69 \cdot 2,2 \text{ m}^2 = 1,46 \text{ m}^2$$

Da A_{Gkor} (1,46 m²) er større end $A_{G,min}$ (1,4 m²), kan rummet antages at have tilstrækkeligt dagslys.

Reduktion for fremspring over vinduet

Et udhæng over vinduet vil reducere dagslyset mest lige inden for vinduet, hvor der blokeres for en større del af himlen og mindre bag i rummet. Det betyder, at udhænget til dels udjævner forskellen i lysniveau mellem området lige inden for vinduet og bagerst i rummet. Derfor opleves lysreduktionen ikke lige så stærkt som hvis reduktionen var ens i hele rummet.

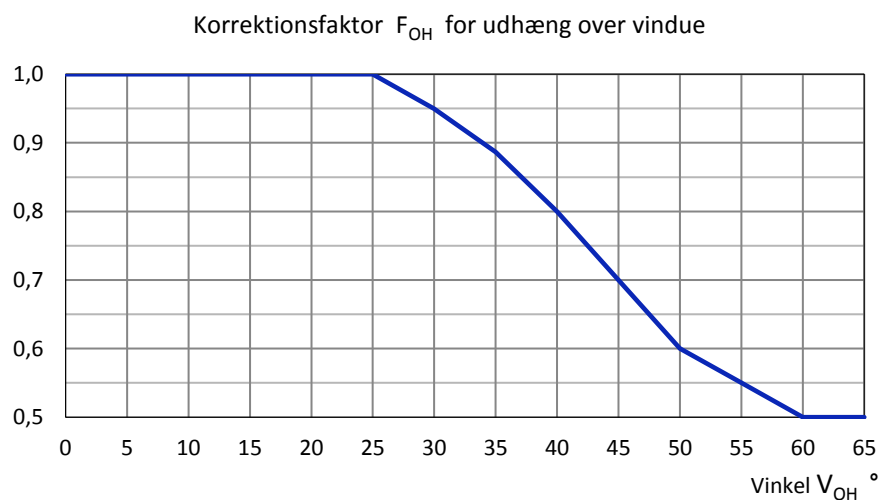
Tabel 3 viser korrektionsfaktoren for udhæng over vinduet, når udhænget er 'uendelig' langt, som fx en altangang eller svalegang.



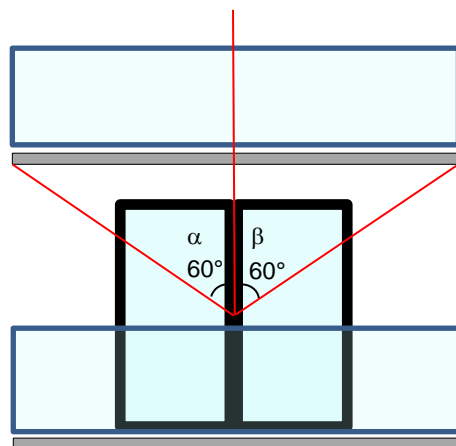
Figur 4. Udhænget defineres ved vinklen V_{OH} fra vinduets midte til forreste kant af udhænget.

Tabel 3. Korrektionsfaktor for udhæng over vinduet. Højdevinklen beregnes fra midten af de(t) aktuelle vindue(r) til fremspringets yderste kant. Tabellen gælder for et 'uendelig' langt udhæng, fx svarende til en altangang. For andre vinkler kan der interpoleres mellem tabellens værdier eller ud fra de tilhørende grafer. For udhæng med begrænset længde anvendes korrektionsfaktorer angivet i tabel 4.

Vinkel V_{OH} til fremspring	0°	15°	20°	25°	30°	35°	40°	45°	50°	55°	60°	65°
Korrektions-faktor	1,00	1,00	1,00	1,00	0,95	0,89	0,80	0,70	0,60	0,55	0,50	0,50



At udhænget er uendelig langt defineres her som et udhæng, der strækker sig længere ud end svarende til at vinklerne fra midten af vinduet eller vinduespartiet til de nederste hjørner af udhænget er 60° eller mere, jf. figur 5.

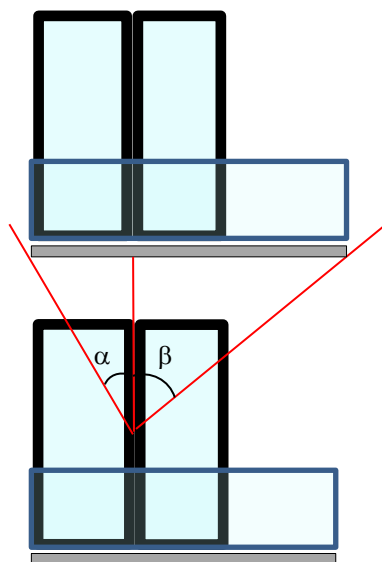


Figur 5. Illustration af udhængets udstrækning i forhold til vinduet. Når vinklerne α og β er større end 60° regnes udhænget at reducere dagslyset (ved overskyet himmel) lige så meget som hvis udhænget havde 'uendelig' udstrækning.

Tabel og kurve viser, at for udhæng større end svarende til en vinkel V_{OH} på 60° kan glasarealer kun medregnes med halvdelen af det faktiske areal.

Udhæng med endelig længde

I mange tilfælde har udhænget over et vindue en begrænset udstrækning i modsætning til en fx en altangang, der regnes 'uendelig' i udstrækning. Dagslysreduktionen fra en altan i et underliggende rum kan reduceres ved at forskyde altanen i forhold til vinduet eller vinduespartiet, som illustreret i figur 6. Længden af udhænget kan defineres ved vinklerne α og β , som illustreret i figuren. Sammenhængende vinduer kan regnes som ét vinduesparti med samme glasareal.



Figur 6 Udstrækningen af et udhæng over et vindue eller vinduesparti kan defineres ved vinklerne α og β , defineret ved vinklerne målt fra vinduets midte til udhængets underkant. Hvis udhænget er placeret helt til den ene side af vinduets midte, vil den ene vinkel være negativ.

Korrektionsfaktorer for udhæng af endelig længde kan aflæses i tabel 4, der angiver korrektion for 3 forskellige dybder af udhænget, angivet ved vinklen V_{OH} (se figur 4). For andre vinkler kan der interpoleres imellem tabellernes værdier.

Tabel 4. Korrektionsfaktorer for udhæng af endelig længde, defineret ved vinklerne V_{OH} som vist i figur 4 samt vinklerne α og β som vist i figur 6. En negativ vinkel betyder, at udhænget er placeret helt til den ene side af vinduets eller vinduespartiets midte. Tabellen fortsætter på næste side.

		Korrektionsfaktor for udhæng over vindue								
		α								
$V_{OH} = 30^\circ$	β	-20°	-10°	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°
			-20°							
	-10°								1,00	1,00
	0°							1,00	1,00	1,00
	10°						1,00	0,99	0,99	0,98
	20°					1,00	0,99	0,98	0,98	0,97
	30°				1,00	0,99	0,98	0,97	0,97	0,96
	40°			1,00	0,99	0,98	0,97	0,97	0,97	0,96
	50°		1,00	1,00	0,99	0,98	0,97	0,97	0,96	0,95
	60°	1,00	1,00	1,00	0,98	0,97	0,96	0,96	0,95	0,95

Tabel 4, fortsat

$V_{OH} = 40^\circ$		α								
		-20°	-10°	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°
β	-20°							1,00	1,00	1,00
	-10°						1,00	1,00	1,00	1,00
	0°					1,00	0,99	0,98	0,96	0,95
	10°				1,00	0,98	0,95	0,95	0,92	0,90
	20°			1,00	0,98	0,95	0,92	0,90	0,88	0,87
	30°		1,00	0,99	0,95	0,92	0,88	0,86	0,85	0,85
	40°	1,00	1,00	0,98	0,95	0,90	0,86	0,84	0,83	0,81
	50°	1,00	1,00	0,96	0,92	0,88	0,85	0,83	0,81	0,80
	60°	1,00	0,99	0,95	0,90	0,87	0,85	0,81	0,80	0,80

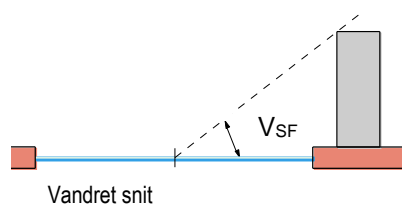
$V_{OH} = 50^\circ$		α								
		-20°	-10°	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°
β	-20°						1,00	1,00	0,99	0,97
	-10°					1,00	0,98	0,95	0,93	0,92
	0°				1,00	0,96	0,92	0,89	0,86	0,83
	10°			1,00	0,95	0,91	0,86	0,83	0,80	0,77
	20°		1,00	0,96	0,91	0,86	0,81	0,77	0,75	0,72
	30°	1,00	0,98	0,92	0,86	0,81	0,76	0,73	0,70	0,67
	40°	1,00	0,95	0,89	0,83	0,77	0,73	0,69	0,66	0,65
	50°	0,99	0,93	0,86	0,80	0,75	0,70	0,66	0,63	0,62
	60°	0,97	0,92	0,83	0,77	0,72	0,67	0,65	0,62	0,57

Korrektionsfaktor for fremspring ved siden af vinduet

Denne type fremspring er særlig vigtig at tage hensyn til ved vinkelformede bygninger, hvor den ene længe af bygningen reducerer dagslyset betydeligt for den anden længe, op imod 50 % når det er værst. Ved planlægning af facadeudformning og indretning af rum ved det indvendige hjørne bør tage hensyn til den reducerede dagslysadgang.



Hvis fremspringet udgøres af en bygning, vil lysreduktionen være størst i de nederste etager, og beregningerne kan ofte koncentreres om rum placeret her.



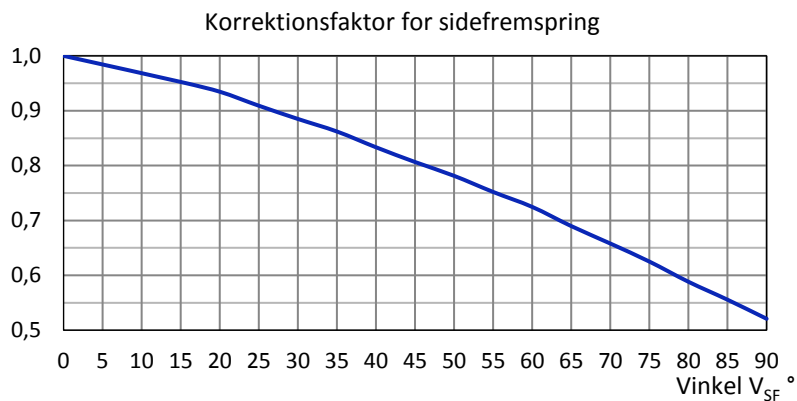
Figur 7. Fremspringet defineres ved vinklen V_{SF} i vandret plan fra midten af vinduet til fremspringets forkant.

Korrektionsfaktorer for fremspring på den ene side af vinduet er vist i tabel 5. Tabelværdierne afhænger af vinklen V_{SF} målt i vandret plan fra midten af vinduet til fremspringets forreste kant, og er beregnet for fremspring med en middelreflektans på 0,2 under den forudsætning, at fremspringet er 'uendelig' højt. For fremspring med begrænset højde anvendes korrektionsfaktorer angivet i tabel 6.

Tabel 5. Korrektionsfaktor for fremspring på den ene side af vinduet. Vinklen beregnes fra midten af det aktuelle vindue til fremspringets forkant. Tabellen gælder for et 'uendelig' højt fremspring, fx svarende til det fremspring en fleretages vinkelformet bygning giver for vinduer i de nederste etager og ved det indvendige hjørne (se foto). For andre værdier af vinklen V_{SF} kan korrektionsfaktoren bestemmes ved interpolation i tabellen eller ud fra den tilhørende graf. For fremspring med begrænset højde anvendes korrektionsfaktorer angivet i tabel 6.

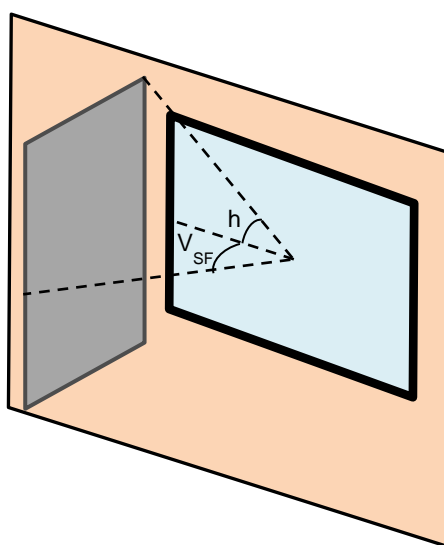
Korrektion for fremspring ved siden af vinduet

Vinkel til fremspring, V_{SF}	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
Korrektions-faktor	1,00	0,97	0,93	0,88	0,83	0,78	0,72	0,66	0,59	0,53



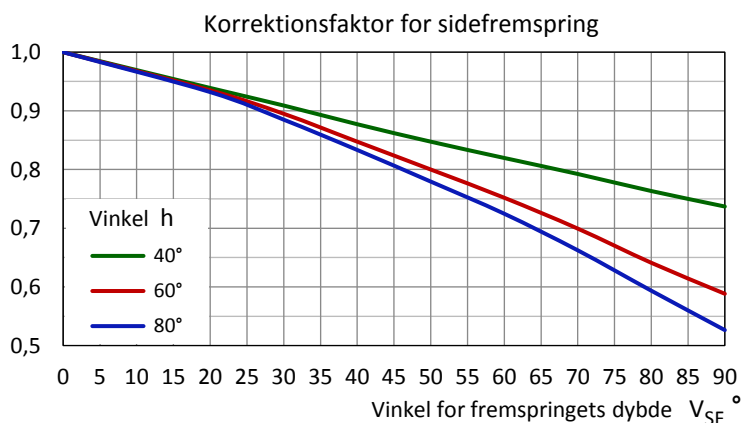
For sidefremspring, der har en begrænset højde, kan højden defineres ved vinklen h , der måles i lodret plan fra midten af ruden til overkanten af sidefremspringet, se figur 8.

Figur 8. Definition af sidefremspringets højde i forhold til ruden i vinduet eller vinduespartiet. Højden defineres ved vinklen h , der måles i lodret plan fra midten af ruden til overkanten af sidefremspringet.



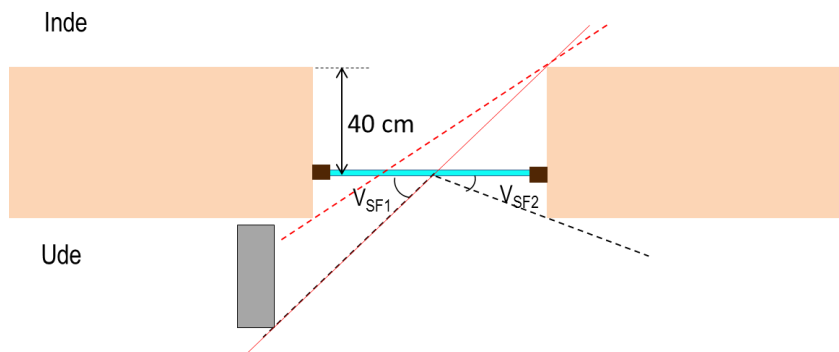
Tabel 6. Korrektionsfaktor for frempring ved siden af vinduet som funktion af vinklen til fremspringets forkant, V_{SF} og fremspringets højde, defineret ved vinklen (h).

Højde af fremspring, h		Vinkel til fremspringets forkant, V_{SF}									
		0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
40°		1,00	0,97	0,94	0,91	0,88	0,85	0,82	0,79	0,76	0,74
60°		1,00	0,97	0,94	0,90	0,85	0,80	0,75	0,70	0,64	0,59
80°		1,00	0,97	0,93	0,88	0,83	0,78	0,72	0,66	0,59	0,53



Overlappende skyggeeffekter

Fremspring omkring et vindue i en tyk vinduesvæg vil ofte medføre et vist overlap mellem de skyggende effekter af fremspringet og væggen. I sådanne tilfælde kan reduktionerne af dagslysindfaldet beregnes som den samlede reduktion af fremspring ved siden af vinduet og fremspring over vinduet. I beregningen af skyggeeffekterne fra væggen, regnes vinduet/glasset placeret 40 cm fra den indvendige overflade. Figur 9 illustrerer et smalt vindue i en tyk vinduesvæg, hvor der desuden er et fremspring ved siden af vinduet.



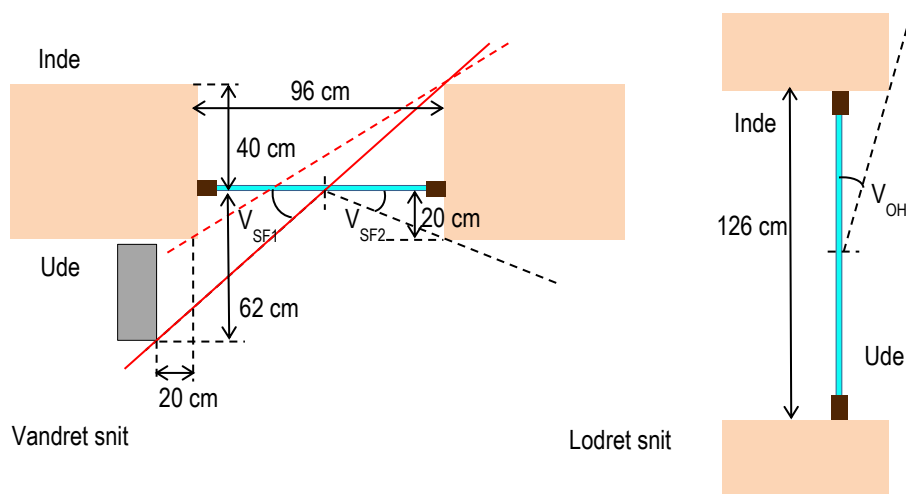
Figur 9. Vandret snit, der illustrerer at skyggevirkningerne fra den tykke vinduesvæg og fra fremspringet ved siden af vinduet overlapper. Den resulterende skyggeeffekt kan beregnes som produktet af korrektionsfaktorerne for de to forskellige fremspring ved siden af vinduet og fremspringet over vinduet.

Den samlede reduktion beregnes som produktet af korrektionsfaktorerne for:

- sidefremspringet til venstre for vinduet (ud fra vinklen V_{SF1} , uendelig højde),
- sidefremspringet til højre for vinduet (ud fra vinklen V_{SF2} , og en højde svarende til halvdelen af murhullet) samt
- murhullets udhæng over vinduet (ud fra vinklen V_{OH} fra midten af glasset til forkanten af væggen (ikke vist) samt en udstrækning svarende til murhullets bredde.

Eksempel

Det korrigerede glasareal ønskes beregnet for et vindue placeret i en ydervæg med tykkelsen 60 cm. Uden for vindue er placeret en søjle med dimensionerne 40 x 20 cm. Geometrien med relevante mål er vist i figur 10.



Figur 10. Skitser til bestemmelse af korrektionsfaktorer for vinduet beskrevet i eksemplet.

Vinduet har et areal på 1,20 m² med et glasareal på 0,92 m². Vinduet regnes placeret 40 cm fra indvendig overflade, da korrektion for vægtykkelse tager udgangspunkt i tykkelse på 40 cm. Principielt skal glasarealet korrigeres både for vægtykkelse og for fremspring ved siden af vinduet. Da der vil være overlap af den skyggende effekt fra væggen med den skyggende effekt fra

fremspringet, kan korrektionerne bestemmes ud fra væggenes udhæng over og vinduet fremspring ved siden af vinduet (til højre), kombineret med fremspringet af søjlen ved den anden side af vinduet (til venstre).

For at undgå 'overlap' mellem de skyggende effekter af udhæng og sidefremspring, bør udhænget kun regnes at have en bredde svarende til murhullet bredde. Dette svarer til at vinklerne α og β begge er ca. 37° , jf. figur 6. Da vinklen V_{OH} til udhænget kun er 18° , bliver korrektionen af glasarealet ubetydelig, med en faktor F_{OH} på 0,99. Længdemål og beregnede vinkler fremgår af tabel 7.

Tabel 7. Data for bestemmelse af korrektionsfaktor for (murhullets) udhæng over vinduet i eksemplet.

Skygger fra udhæng over vinduet, F_{OH}	
Dybde af udhæng over vindue, m	0,20
Lodret afstand fra midten af vindue til forkant af udhæng, m	0,63
Vinkel V_{OH} til udhæng, jf. figur 4, °	18°
Udstrækning af udhæng, vinklerne α og β , jf. figur 6, °	$37^\circ, 37^\circ$
Korrektionsfaktor, F_{OH} (aflæst ved ekstrapolation i tabel 3 og tabel 4).	0,99

Sidefremspringet til venstre (søjlen) kan regnes at have 'uendelig højde, mens sidefremspringet til højre (murhullet) regnes at gå op til overkant af murhul. Længdemål og beregnede vinkler fremgår af tabel 8.

Tabel 8. Data for bestemmelse af korrektionsfaktor for fremspring ved siden af vinduet i eksemplet.

Skygger fra fremspring ved siden af vinduet, F_{SF}	Venstre (1)	Højre (2)
Dybde af fremspring ved siden af vindue, m	0,62	0,20
Vandret afstand fra midten af vindue til fremspring, m	0,68	0,48
Vinkel V_{SF} til fremspring, jf. figur 7	42°	23°
Højden af fremspring over midten af vindue	∞	0,63 m
Vinkel h fra midten af vindue til overkant af fremspring, jf. figur 8	90°	53°
Korrektionsfaktor, F_{SF} (aflæst i tabel 5)	0,82	0,92

Den resulterende korrektionsfaktor bliver således:

$$F_{G, kor, i} = F_{OH} \cdot F_{SF1} \cdot F_{SF2} = 0,99 \cdot 0,82 \cdot 0,92 = 0,75.$$

Det aktuelle glasareal på $0,92 \text{ m}^2$ (for vindue i) kan altså indregnes med et korrigeret areal således:

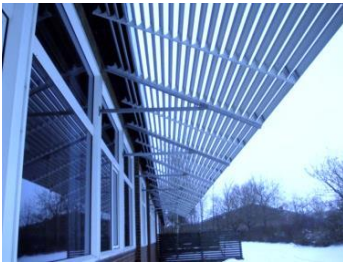
$$A_{Gkor, i} = F_{G, kor, i} \cdot A_{Gvin, i} \text{ (m}^2\text{)} = 0,75 \cdot 0,92 = \underline{0,69 \text{ m}^2}$$

Korrektion for faste solafskærmninger

På det tidlige projekteringsstadiet har man i mange tilfælde ikke viden om, hvilken solafskærmning der vil blive anvendt i den færdige bygning. Men alle solafskærmninger, som ikke kan trækkes helt bort fra ruden, vil reducere dagslystilgangen til rummet. Derfor er det vigtigt ved vurdering af dagslystilførslen til et rum, at det angives, hvilke forudsætninger der er gjort med hensyn til afskærmninger. Disse forudsætninger skal være i overensstemmelse med de forudsætninger, der anvendes ved beregninger af energirammen og det termiske indeklima. Udvendige faste afskærmninger, som sigter på at beskytte mod direkte solindfald, reducerer dagslyset permanent.



Et vandret udhæng bestående af (ofte skråstillede) lameller vil i en overskyet situation reducere dagslyset til rummet ligeså meget som et fast, massivt udhæng. Korrektionsfaktoren kan derfor bestemmes som for faste, massive udhæng over vinduet.

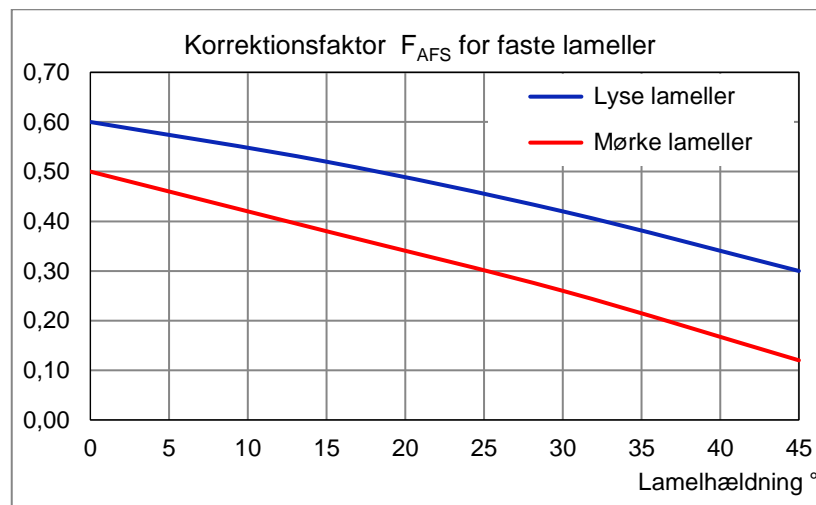


Faste og drejelige lameller placeret lodret foran (en del af eller hele) vinduet vil reducere dagslyset med mindst 40 % for den del af vinduet, de dækker, selv hvis der er tale om tynde lameller i vandret position. Tabel 9 viser vejledende korrektionsfaktorer for faste lameller placeret foran vinduet. Kurverne angiver korrektionsfaktorer for tynde lamelafskærmninger med lysreflektanser på henholdsvis 0,2 (mørk lamel) og 0,8 (lys lamel). For afskærmninger med drejelige lameller, kan reduktionen beregnes for den mest åbne vinkel af lamellerne.

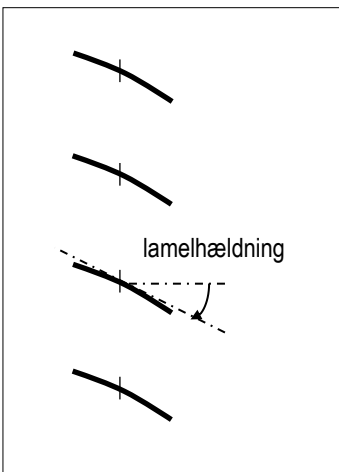


Tabel 9. Korrektionsfaktor (vejledende) for faste lamelbaserede afskærmninger placeret foran vinduet. Tabel og kurver gælder for tynde lameller, som fx persiener, og er angivet for lyse, henholdsvis mørke lameller. For lameller, der kun dækker en del af vinduet, kan det frie vindue og det dækkede vindue regnes som to separate vinduer eller glasarealer. Lamelhældningen måles fra vandret, så lamellerne med hældningen 0° står i vandret position, mens en hældning på 90 svarer til helt lukkede lameller.

Korrektion for faste lamelbaserede afskærmninger				
Lamelhældning	0°	15°	30°	45°
Lyse lameller, RL = 0,8	0,60	0,52	0,42	0,30
Mørke lameller, RL = 0,2	0,50	0,38	0,26	0,12

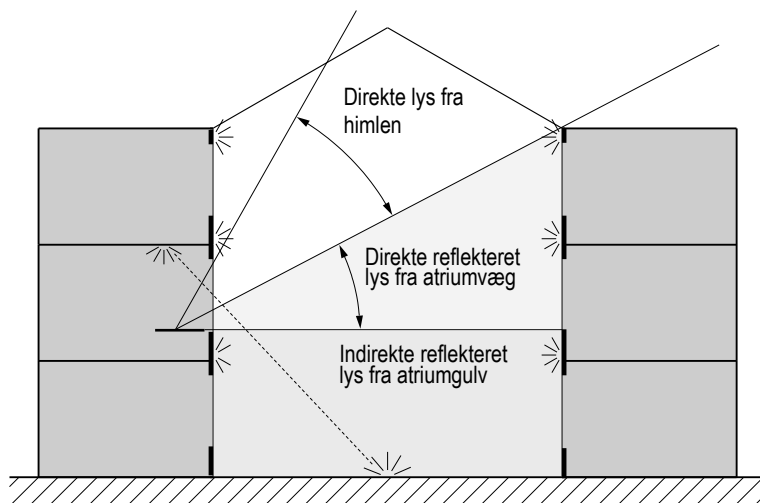


Vejledning om, hvor meget faste afskærmninger reducerer dagslyset kan eventuelt findes i *SBI-anvisning 264 Solafskærmninger*.



Vinduer mod atrier

Mange større bygninger udformes med et indeliggende atrium, ofte for at skabe flere arbejdspladser med dagslystilførsel i en bygning med stor bygningsdybde. Men dagslysadgangen til rum, der vender mod et atrium er betydeligt mindre end for rum, der vender mod det fri med tilsvarende nærved liggende bygninger. For rum i de nedre etager af bygninger, der vender mod et atrium, vil dagslystilførslen fra atriets alene sjældent være tilstrækkeligt til at rummet kan kaldes 'vel belyst'. Mens de øverste etager modtager en del direkte lys fra himlen (efter passage af taget), er hovedparten af lyset i de nederste etager reflekteret lys fra atriets overflader, som illustreret i figur 11.



Figur 11. Illustration af lyset der tilføres rum, som vender mod et atrium. Hovedparten af lyset til rum i de nederste etager er reflekteret lys fra atriets overflader.

Glasarealet i et vindue, der vender mod et atrium kan indregnes efter korrektion for tre forhold:

- $F_{G, kor}$ Korrektionsfaktor for skyggende omgivelser og fremspring ved siden af vinduet samt evt. for udhæng eller andre forhold, der reducerer dagslysadgangen. Faktoren beregnes som om atriet ikke var overdækket. Herved tages hensyn til det reducerede udsyn til himlen fra vinduet.
- F_{LT-tag} Korrektionsfaktor for lystransmittansen af den transparente tagflade. Lystransmittansen dokumenteres ved fabrikant-/ leverandørplysninger. Herved korrigeres for, at dagslyset reduceres ved transmission gennem tagfladen
- F_{TAG} Korrektionsfaktor for åbenheden for ramme/karmkonstruktion samt for den bærende konstruktion af taget. Herved korrigeres for, at konstruktionerne begrænser udsynet til himlen betydeligt.

Den samlede korrektionsfaktor for glasarealer i vinduer mod et atrium bliver således:

$$F_{ATR} = F_{G, kor} \cdot F_{LT-tag} \cdot F_{TAG}$$

Tabel 10 viser typiske korrektionsfaktorer for F_{TAG} . Med mindre det dokumenteres, kan korrektionen F_{TAG} for vinduesrammer og tagkonstruktion tilsammen ikke sættes højere end 0,6. For tagkonstruktioner med glas, vil korrektionsfaktoren ofte være mindre (større reduktion af dagslyset), mens den for lette konstruktioner med kunststof-folier kan være større.

Tabel 10. Korrektionsfaktor F_{TAG} for tagkonstruktion i et atrium. Faktoren korrigerer dels for vinduernes ramme-/karmkonstruktion og dels for den bærende konstruktions blokering af udsynet til himlen.

Type af tagkonstruktion	Korrektionsfaktor for tagkonstruktion F_{TAG}
Let, helt eller delvist selvbærende tagkonstruktion	0,8
Middel tagkonstruktion	0,6
Tung tagkonstruktion	0,4

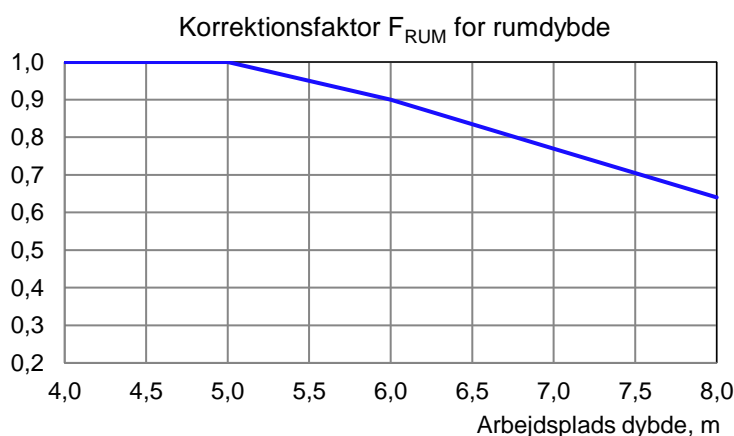
Korrektionsfaktor for rum med stor dybde

I rum med større dybde end 5-6 meter vil der ofte være en stor kontrast mellem området nær ved vinduet (vinduerne) og området bagerst i rummet. Rummet opleves derfor sjældent som 'vel belyst'. Oplevelsen af lyset i rummet afhænger også af andre forhold, især rummets bredde, rumhøjden og indretningen.

For arbejdsrum mv., der er dybere end 5 meter, skal der defineres et arbejdsområde med angivelse af den største afstand fra vinduesfacaden til fjerneste arbejdsplads (arbejdsområdets dybde). For at tage hensyn til, at belysningsstyrken falder hurtigt med afstanden til vinduerne, vil størrelsen af det nødvendige glasareal stige med stigende dybde af arbejdsområdet. Dette kan udtrykkes ved en korrektionsfaktor F_{RUM} for, hvor stor en andel et aktuelt glasareal kan indregnes med. For at det kan antages, at der er tilstrækkeligt dagslys ved fjerneste arbejdsplads, skal det aktuelle glasareal reduceret med faktoren for det dybe arbejdsområde udgøre mindst 10 % af gulvarealet. Faktoren fremgår af tabel 11 og den tilhørende graf. Det bør bemærkes, at personer med en arbejdsplads 6 - 8 m fra vinduet ofte vil føle, at indeklimamiljøet er utilfredsstillende.

Tabel 11. Korrektionsfaktor for arbejdspladser placeret langt fra vinduet (arbejdsrum mv.).

Korrektionsfaktor F_{RUM} for rumdybde (arbejdspladser i dybe rum)				
Arbejdsområdets dybde, m	5,0	6,0	7,0	8,0
Korrektionsfaktor	1	0,9	0,77	0,64
Minimum glasareal pr. m facade, m ²	0,5	0,6	0,7	0,8
Nødvendigt glasareal i % af gulvareal	10	11,1	13,0	15,6
Nødvendigt glasareal pr. m facade, m ²	0,50	0,67	0,91	1,25



For boligrum mv. med gulvarealer der ligger der mere end 6 m fra vinduer, korrigeres for rumdybden med en fast korrektionsfaktor $F_{RUM} = 0,9$.

Korrektion for ovenlys og vinduer i flere flader

Oplevelsen af lyset i et rum eller 'hvor lyst' et rum er, afhænger bl.a. af lysets fordeling i rummet, herunder også af kontrasten mellem de lyse områder i rummet (de højeste luminanser) og de mørke områder i rummet (de laveste luminanser). Erfaringen har vist, at især det mørkeste område har betydning for, om lyset i rummet opleves behageligt eller dunkelt. I praksis betyder dette, at vi ofte oplever et rum uden mørke områder og uden for store kontraster som både mere behageligt og mere lyst end rum, hvor der er store kontraster.

Ovenlys modtager væsentligt mere dagslys end lodrette vinduer, og derfor kan glasarealet for ovenlys indregnes med en faktor 1,4, jf. tabel 12. Vinduer i klimaskærmen med hældning mindre end eller lig med 60° fra vandret betragtes som ovenlys, mens vinduer med større hældninger beregnes som lodrette vinduer. Reduktionen af dagslyset gennem ovenlys pga. omgivelser eller fremspring kan beregnes på samme måde som for lodrette vinduer.

Tabel 12. Korrektionsfaktorer for glasarealet i ovenlys

Korrektionsfaktor for glas i ovenlys, F_{OV}lys	
Korrektionsfaktor for glas i vinduer med hældning mindre end 60 grader fra vandret	1,4

Ved at placere vinduer i flere ydervægge (eller i tag) kan kontrasterne ofte reduceres betydeligt, og for at tage hensyn til dette, kan der anvendes en korrektionsfaktor, F_{FL} , på det faktiske glasareal i rum, der har vinduer i flere ydervægge eller tag.

Faktoren sættes til 1,2, som angivet i tabel 10. Forudsætningen for at indregne korrektionsfaktoren er, at der er en vis åbenhed eller mulighed for gennemsyn i rummet mellem vinduerne. Desuden kan korrektionsfaktoren for rum med vinduer i flere flader kun indregnes, hvis forholdet mellem det mindste og det største glasareal i to forskellige flader er mindst 0,3.

Tabel 13. Korrektionsfaktorer for glasarealet i rum med vinduer i flere ydervægge

Korrektionsfaktor for rum med vinduer i flere ydervægge F_{FL}	
Korrektionsfaktor for rum med vinduer i flere flader (vægge eller loft)	1,2

Dokumentation

Ved dokumentation af dagslysforholdene udarbejdes en oversigt over de 'kritiske rum', dvs. rum, hvor der umiddelbart kan være tvivl om, at kriteriet for tilstrækkeligt dagslys er opfyldt, fordi dagslysadgangen til rummets vinduer er reduceret af ét eller flere forhold.

Hvert af de kritiske rum bør markeres på plantegning med angivelse af rummets udstrækning, eventuelt suppleret med snit, der viser forhold, som reducerer dagslysadgangen til rummets vinduer. På tegningsmaterialet skal angives rummets gulvareal samt arealet af rummets vinduer inklusive glasarealet i hvert vindue.

Dokumentation af beregnede korrektionsfaktorer

For hvert vindue i de kritiske rum skal der beregnes den resulterende korrektionsfaktor $F_{G, kor}$ (produktet af alle relevante korrektionsfaktorer for hvert vindue), for at bestemme med hvor stort et glasareal hvert vindue kan indregnes med, $A_{Gkor,i} = F_{G, kor} \cdot A_{Gvin,i}$ (m^2). Almindeligvis optræder der kun enkelte relevante korrektionsfaktorer for et vindue. For disse bør dokumentationen angive data som beskrevet i det følgende for hver faktor.

Korrektion for rudetype, F_{LT}

Rudens lystransmittans
Korrektionsfaktor

Vinduesvæggens tykkelse, $F_{VÆG}$

Væggens tykkelse, m
Vinduesareal, m^2
Glasareal, m^2
Korrektionsfaktor

Skygger fra omgivelserne, F_{OMG}

Afstand til modstående bygning eller skygge giver, m
Højde af skygge giver over midten af vindue, m
Middel-profilvinkel, $^\circ$
Korrektionsfaktor

Skygger fra udhæng over vinduet, F_{OH}

Dybde af udhæng over vindue, m
Lodret afstand fra midten af vindue til forkant af udhæng, m
Vinkel V_{OH} til udhæng, jf. figur 4, $^\circ$
Udstrækning af udhæng, vinklerne α og β , jf. figur 6, $^\circ$
Korrektionsfaktor

Skygger fra fremspring ved siden af vinduet, F_{SF}

Dybde af fremspring ved siden af vindue, m
Vandret afstand fra midten af vindue til fremspring, m
Vinkel V_{SF} til fremspring, jf. figur 7, $^\circ$
Højden af fremspring over midten af vindue, m
Vinkel h fra midten af vindue til overkant af fremspring, jf. figur 8, $^\circ$
Korrektionsfaktor

Skygger fra faste solafskærmninger, F_{AFS}

Beskrivelse af afskærmningstype og evt. -regulering
For lamelbaseret afskærmning, lamelhældning, °
Lamelreflektans
Korrektionsfaktor

Korrektion for glas i vinduer, der vender mod et atrium, F_{ATR}

Korrektionsfaktor for omgivelser, der mindsker dagslysadgangen, $F_{G,kor}$
beregnet som produktet af alle relevante skyggegivere, jf. ovenfor
Lystransmittans af den transparente del af atrium-taget, F_{LT-tag}
Korrektionsfaktor for tagkonstruktionens reduktion af udsyn til himmel,
 F_{TAG} , jf. tabel 10
Korrektionsfaktor

Korrektion for stor rumdybde, F_{RUM}

Beskrivelse af arbejdsområdets dybde, herunder afstand fra vindue, jf. tabel 11, m
Korrektionsfaktor

Korrektion for vinduer i flere flader, F_{FL}

Glasareal af vinduer i to forskellige flader (vægge og/eller tag), m^2 Korrektionsfaktor

Korrektion for glas i ovenlys, F_{OVLYS}

Glasareal af glasset i ovenlys
Korrektionsfaktor.

I tilfælde med mange kritiske rum, bør data dokumenteres på en overskuelig måde med dokumentation af alle rum og alle vinduer, fx som vist i tabel 14.

Tabel 14. Skema til dokumentation af dagslysanalyser for vinduer i alle kritiske rum.

Rum- og vindues identifikation	Bolig / bygning	id.
	Etage	nr.
	Rum	id.
	Gulvareal	m^2 A_{gulv}
	Vinduesareal	m^2 $A_{vin i}$
	Glasareal	m^2 $A_{G,vin i}$
Korrektionsfaktor for	Rudetype	F_{LT}
	Vægtykkelse	$F_{VÆG}$
	Omgivelserne	F_{OMG}
	Udhæng over vinduet	F_{OH}
	Fremspring ved siden af vinduet	F_{SF}
	Faste solafskærmninger	F_{AFS}
	Glas i vinduer mod et atrium	F_{ATR}
	Rumdybde	F_{RUM}
	Vinduer i flere flader	F_{FL}
	Glas i ovenlys	F_{OVLYS}
Resulterende korrektionsfaktor		$F_{G,kor,i}$
Glasareal korrigeret		$F_{G,kor,i} \cdot A_{G,vin i} \quad m^2$