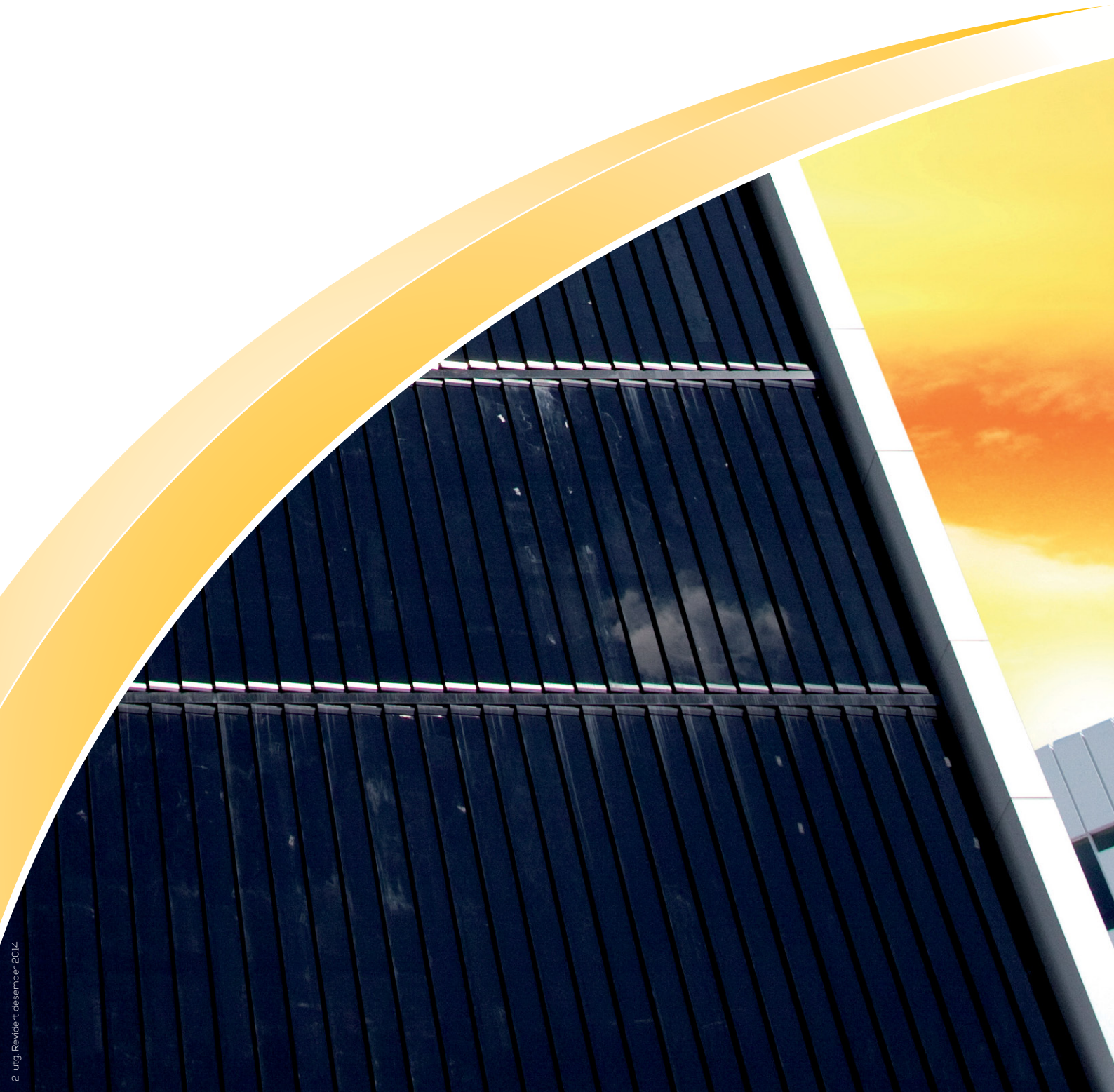
FASADER I GLASS

som holder hva vi lover

Glass i fasader og
SOLSKJERMING



2. utg. Revidert desember 2014

Forskningsrådet

Samarbeid med forskningsinstitusjonene og støtte fra Forskningsrådet gir oss inngående kunnskap og forståelse om å bygge miljøriktig!

Ida H. Bryn, Erichsen & Horgen AS

Grip sjansen til å bli en vinner i miljøvennlige løsninger!

2015 blir et viktig år for forskning og utvikling i på miljøvennlige løsninger i byggsektoren. Hundretalls millioner ligger i potten for å utvikle løsninger for mer effektiv energibruk. Grip sjansen til å få relevant forskning for din bedrift.

ENERGIX er Forskningsrådets store program for miljøvennlig energi som støtter FoU hos bedriftene. Næringslivet kan også samarbeide med forskningsinstitusjoner i kompetanseprosjekter og forskerprosjekter.

Neste år vil ENERGIX kunne tildele over 450 millioner kroner til nye forskningsprosjekter som bidrar til en bærekraftig omstilling av energisystemet. En stor del av dette vil gå til prosjekter der næringslivet er aktivt med.

I sin nye nasjonale strategi har Energi21 pekt ut seks satsingsområder, der energieffektivisering og fleksible energisystemer er blant disse. Strategien vil være retningsgivende for hvilke prosjekter som får støtte fra ENERGIX.

Forbered prosjektsøknaden som ledd i bedriftens strategi før utlysningen våren 2015. Søknadsfristen er normalt september/oktober.

TA KONTAKT MED:

Spesialrådgiver
Ane Torvanger Brunvoll
i Forskningsrådet.

atb@forskningsradet.no
22 03 74 97 / 97 77 90 89
forskningsradet.no/energix

«FASADER I GLASS SOM HOLDER HVA VI LOVER»

Prosjektet «Fasader i glass som holder hva vi lover» er eiet av Erichsen & Horgen AS og Glass og Fasadeforeningen. Prosjektet har vært støttet av Norges Forskningsråd.

Prosjektets mål har vært å gi en vesentlig forbedret beskrivelse av fysikk og komfort rundt fasader i glass og å sannsynliggjøre hvordan dette påvirker energibruken. Vi vil vise hvordan en kan ivareta både termisk og visuell komfort samtidig som en oppnår lav energibruk. Prosjektet illustrerer også hvordan fasadens egenskaper som U-verdi, g-verdi og dagslysforhold varierer med varierende uteklima samt type og styring på solskjerming. Prosjektet gir grunnlag for forbedret termisk og energimessig kravspesifisering og dokumentasjon av fasader.

Medvirkende og deltakere i prosjektet har også vært:

- **Avantor AS** har stilt bygg til rådighet for prosjektet og **Geir Vaagan** har bidratt aktivt i møter og med tilrettelegging for målinger på byggeplass.
- **Entra Eiendom** har også bidratt med å stille bygg til rådighet og **Rune Pedersen** har tilrettelagt for målinger feltarbeid.
- **Erichsen & Horgen AS** har hatt prosjektledelsen sammen med **Glass og Fasadeforeningen**. Prosjektleder har vært **Ida Bryn**. I tillegg har Bryns kollegaer, **Axel Bjørnulf, Søren Gedsø, Arnkell Petersen** og **Marit Smidsrød** gjort feltarbeid, skrevet tekster og artikler. Erichsen & Horgen har også holdt kurs og konferanser om temaet og undervist på **Arkitekthøgskolen i Oslo** og **HiOA.**
- **Høgskolen i Oslo, HiOA,** ved **Line Karlsen**, har bidratt med målinger i laboratoriet, skrevet rapporter og holdt foredrag.
- **Glass og Fasadeforeningen** har, ved **Sverre Tangen**, deltatt i prosjektledelse. Foreningen har i tillegg bidratt med stoff til rapporter og et regneprogram for beregning av korrekte U-verdier ved forskjellige klimaforhold og derav følgende kaldras. GF har holdt kurs og foredrag om temaet for medlemsbedrifter og andre i byggebransjen.
- **Nytt Sykehus i Østfold** har stilt prosjektet til rådighet for beregninger, tester og bidratt i prosjektet ved **Kai Martin Lunde**.
- **Omega Termografering AS** har bidratt med målinger og underlag til rapporter. Deres representant i prosjektet har vært **Hans Olav Vestli**.
- **Saint Gobain Bøckmann**, ved **Jørgen Slydal**, har bidratt i prosjektet med fasadeberegninger og vurderinger av prosjekt.
- **Sapa Buildingsystem AS** har bidratt med kunnskap om fasader på generelt grunnlag. Selskapet har laget illustrasjoner og bidratt til rapportutarbeidelse. Deres representant har vært **Øystein Havik**.
- Solskjermingsgruppen, ved **Rune Klementsen** og **Hans Otto Häger**, har bidratt med materiale omkring solskjerming til bruk i rapporten.

«Fasader i glass som holder hva vi lover» har vært omtalt i fem artikler i Glass & Fasade. Prosjektet har vært omtalt gjennom temaene «bakgrunn og formål», «lufttetthet», «kuldebroer», «løsninger for solavskjerming» og «effekten av solavskjerming».

Prosjektet avsluttes med utgivelsen av tre veiledere, hvorav dette er Veileder «Glass i fasader og solskjerming». De to øvrige veilederne har disse titlene:
Veileder **«Glass i fasader – kuldebroer»**
Veileder **«Glass i fasader – lufttetthet»**

Veilederne finnes også digitalt på **www.glassportal.no** og **www.erichsen-horgen.no**

VEILEDER
«GLASS I FASADER – SOLSKJERMING»

Utgitt av:
Erichsen & Horgen AS og
Glass og Fasadeforeningen.
Utgivelsen er støttet av ENOVA
og Forskningsrådet.

Redaktør:
Ida Bryn, Erichsen & Horgen AS

Forfattere:
Ida Bryn, Erichsen & Horgen AS
Axel Bjørnulf, Erichsen & Horgen AS
Søren Gedsø, Erichsen & Horgen AS
Line Karlsen, HiOA

Distribusjon:
Bilag med «Glass & Fasade» som sendes personlig til 2 100 arkitekter, og 544 arkitektkontorer. 1350 sendes til entreprenører, bygningstekniske konsulenter, rådgivende ingeniører, utdanningsinstitusjoner, medier, eiendomsselskaper, eiendomsutviklere og byggherrer. 1200 distribueres internt til deltakerne i prosjektet.

Grafisk formgivning:
Member Media AS

Trykk:
Nr 1 Trykk Grefslie

erichsen horgen

Glass og Fasadeforeningen

Foto: Adam Sterling

Innholdsfortegnelse

1. INNLEDNING 7
2. SOLSKJERMINGENS FUNKSJONER 8
3. SOLSKJERMINGENS EGENSKAPER 9
3.1 Varme- og lystekniske verdier 9
3.2 Solskjermingens påvirkning av dagslys 11
3.2.1 Dagslys, reflektanser og innvendige flater 11
3.2.2 Solskjerming mot blending 12
3.2.3 Dagslyssystemer 13
3.2.4 Dagslys komfort 15
3.2.5 Varighet bruk av solskjerming 17
3.3 Solskjermingens påvirkning av temperaturer og varmestrømmer 18
3.3.1 Kontroll av solas påvirkning av lufttemperatur 18
3.3.2 Kontroll av solas påvirkning av overflatetemperatur på vinduet eller solskjermingen 19
3.3.3 Kontroll av direkte solstråling på kroppen 22
3.3.4 Solskjerming som isolasjon 23
3.4 Dokumentasjon av solskjermingens egenskaper 26
3.4.1 Solstråling 26
3.4.2 Beregning av solskjermingens egenskaper 27
3.4.3 Dokumentasjon ved laboratorie tester 29

4. TYPER SOLSKJERMING 30
4.1 Solskjerming med ikke regulerbar soltransmisjon 30
4.1.1 Glass 30
4.1.2 Fast utvendig solskjerming 31
4.1.3 Vegetasjon, nabobygg og landskap 32
4.2 Solskjerming som kan regulere soltransmisjon 32
4.2.1 Justerbare glass 32
4.2.2 Utvendig bevegelig solskjerming med fast soltransmisjon 32
4.2.3 Utvendig regulerbar solskjerming med justerbar soltransmisjon 34
4.2.4 Innvendig solskjerming 35
4.2.5 Mellomliggende solskjerming - klimabuffer 36
4.2.6 Vegetasjon 39

5. SOLSKJERMING, INNEKLIMA OG ENERGI 40
5.1 Termisk komfort 40
5.1.1 Når sola skinner 40
5.1.2 Termisk komfort når det er kaldt ute 43
5.2 Dagslys, solskjerming og energi 44
5.3 Optimalisering av termisk komfort og energi 46
5.4 Simuleringsprogrammer for energi og inneklima 48
5.4.1 Termisk komfort og energi 49
5.4.2 Dagslys 50

6. KRAV TIL SOLSKJERMING 51
6.1 Krav i TEK 10 51
6.2 Krav i anbudstekster 51

7. REFERANSER 54

1. Innledning

Denne rapporten omhandler effekten på dagslys, termisk komfort og energibruk i bygg ved bruk av solskjerming. Det er en rekke andre funksjonelle og praktiske forhold ved solskjerming også. Disse behandles i *Hall. A* (2008).

Det viktigste spørsmålet ved valg av solskjerming er å definere hvilke funksjoner den skal fylle. De egenskapene som er ønsket av en solskjerming kan ofte være motstridende, som for eksempel at man på sommeren ønsker å stoppe solvarmen, men likevel ønsker mye dagslys og utsyn. På vinteren kan det være slik at mye solvarme kan redusere oppvarmingsbehovet, men man må likevel benytte solskjerming for å sikre den termiske komforten og unngå blending for de som oppholder seg inntil vinduer. En må derfor søke det beste kompromisset mellom ulike egenskaper. Avanserte og styrbare solskjerminger presterer som regel best, men ofte kan enklere solskjerming være god nok og gunstigere med hensyn til kostnader, drift og vedlikehold.

En solskjerming påvirker dagslys, termisk komfort og energibruk i bygg. Dagens standarder og praksis for dokumentasjon av disse forhold er relativt forenklede og ikke konsistente. Forskriftskrav baserer seg på dette grunnlaget og de planlagte løsninger vil derfor være påvirket av dette. Dette er forhold rapporten vil belyse. Rapporten foreslår optimaliserte fasadeløsninger med hensyn på dagslys, termisk komfort og energi. I tillegg foreslår den forbedrede metoder for integrert dokumentasjon av dette.

Denne veilederen gir eksempler på de viktigste typene solskjerming og har til hensikt å gi økt forståelse for effekten av solskjerming på visuell og termisk komfort samt energibruk. Den gir også veiledning i hvordan en bør dokumentere termisk komfort og energibruk for å ivareta effekten av solskjermingen på en mer utvidet og riktig måte enn praksis i dag. Til slutt inneholder den forslag til hvordan en kan stille krav til solskjerming og dokumentasjon av denne.

2. Solskjermingens funksjoner

Hovedfunksjonen til solskjerming sammenfaller med det som er temaet for denne veilederen: Termisk og visuell komfort samt energibruk. Den kan imidlertid også ha en rekke andre funksjoner som går ut over de som er hovedfokus for denne veilederen. Disse andre funksjonene kan være akustikk, estetikk, beskyttelse mot regn, regulering av innsyn og utsyn, mørklegging og å hindre utvendig kondens.

TERMISK KOMFORT:
- Kontrollere lufttemperatur
- Skjerme mot direkte soleksponering
- Regulere operativ temperatur

VISUELL KOMFORT:
- Hindre blending og reflekser
- Dagslysnivå og fordeling

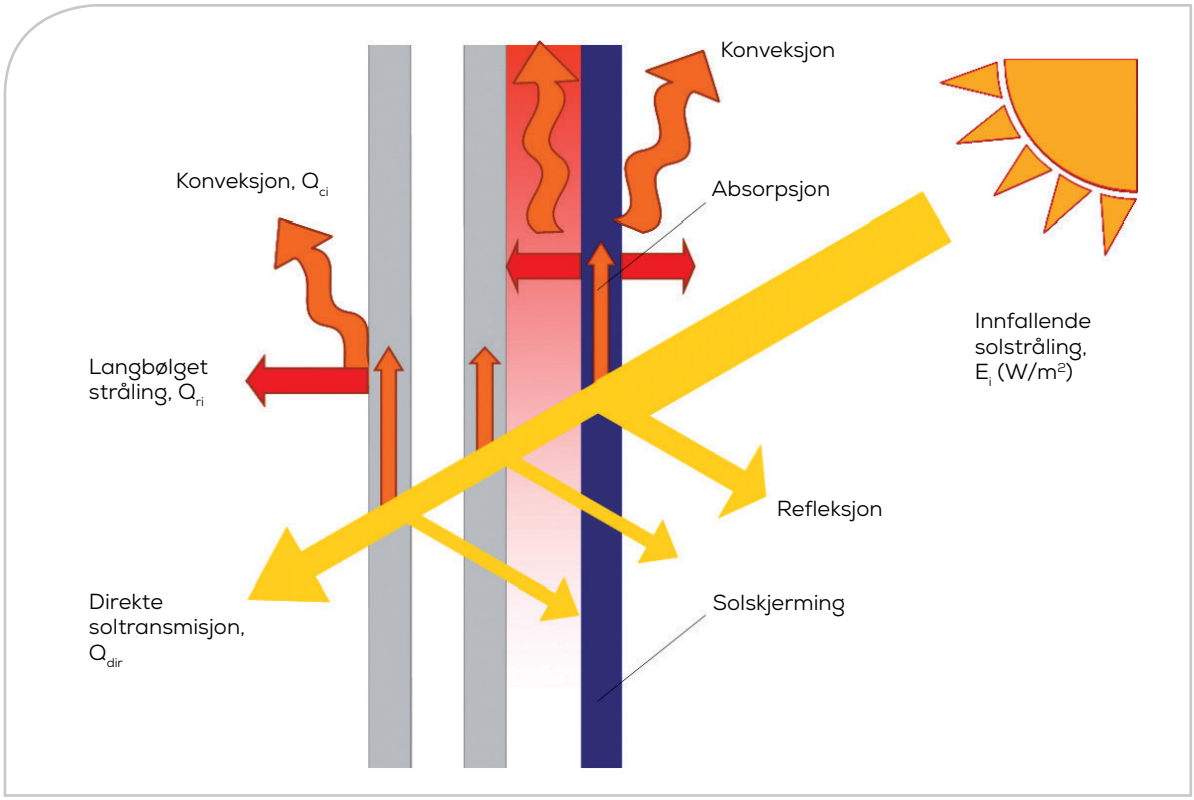
ENERGIBRUK:
- Redusere sol som skaper kjølebehov
- Regulere passiv solvarme
- Skjerming av vinduer om natten (redusere varmetap)
- Utnyttelse av dagslys

3. Solskjermingens egenskaper

3.1 VARME- OG LYSTEKNISKE VERDIER

Når den kortbølgede solstrålingen treffer en flate vil noe reflekteres bort fra flaten, noe absorberes og resten transmitteres direkte. Fordelingen av dette avhenger av flatens egenskaper.
Det som absorberes vil øke flatetemperaturen. Den absorberte energien avgis så ved ledning, konveksjon og langbølget stråling fra flaten.Prinsippene vil være de samme for glass alene og sammen med solskjerming. Generelt gjelder:

Innfallende solstråling = Refleksjon + Absorpsjon + Direkte soltransmisjon



Figur 1. *Varmestrømmer gjennom et vindu med utvendig solskjerming utsatt for sol. Grunnlagsfigur er hentet fra Beck.W m.fl (2010).*

Direkte soltransmisjon, T_{dir} (T_e i standarder):
Direkte soltransmisjon er den solstrålingen som går direkte gjennom glasset og / eller solskjermingen uten å bli reflektert eller absorbert.

$T_{dir} = Q_{dir} / E_i$

Total solenergitransmisjon, g-verdi :
g-verdien angir den totale solenergitransmisjonen. Den er summen av den direkte transmitterte solstrålingen og den absorberte solvarmen som avgis til innerom ved langbølget stråling og konveksjon fra glassflaten eller solskjermingen dividert på total solinnstråling.

Det angis både en g_{glass}-verdi for et glass og en total g_{tot}-verdi for kombinasjoner av glass og solskjerming, men ikke for en solskjerming alene.

$$g = (Q_{dir} + Q_{ci} + Q_{ri}) / E_i$$

g-verdien varierer avhengig av solas innfallsvinkel da innfallsvinkelen har innflytelse på refleksjon, transmisjon og absorpsjon.

For de verdier som oppgis fra leverandører gjelder imidlertid standardbetingelser for dokumentasjon av g-verdi. De angir sol med normal innfallsvinkel i forhold til flaten og en solinnstråling på 500 W/m^2. Rom og utetemperatur skal være 25 °C. Merk at disse standardverdiene ikke er tilstrekkelige om en ønsker å ta maksimal fordel av solskjermingen og optimalisere løsningen. Dette gjelder både g-verdi og direkte solstransmisjon.

Lystransmisjon, LT-verdi (T_v i standarder):
LT-verdien angir hvor stor % -del av det synlige lyset som passerer gjennom glass og/eller solskjerming.

Lysrefleksjon, LR (ρ_e i standarder):
Ofte har glass og solskjerming ulike kvaliteter på inn- og utside, og det angis da separate lysrefleksjoner, LR, for inn og utside.

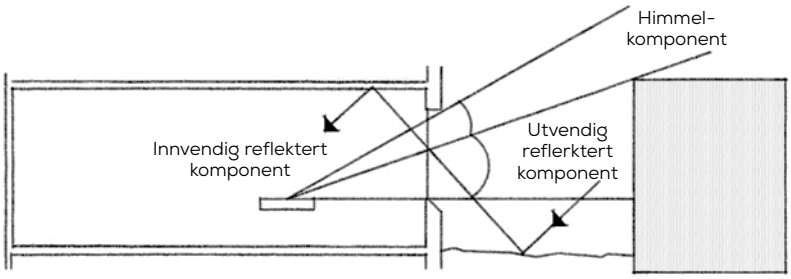
Ekstra varmemotstand på grunn av skodder eller solskjerming, ΔR
Verdi som angir hvor mye ekstra isolasjon solskjermingen gir når den er nede.
Denne verdien er ikke mye brukt.

Emissivitet, ε
Emissivitet angir hvor mye varme som stråler fra glassoverflaten. Et ubelagt glass har en emissivitet på 0,837, dvs. 83,7 % av den totale varmen, som er teoretisk mulig, stråler fra glassoverflaten. Glass med en emissivitet lavere enn 0,2 benevnes lavemisjonsglass.

3.2 SOLSKJERMINGENS PÅVIRKNING AV DAGSLYS

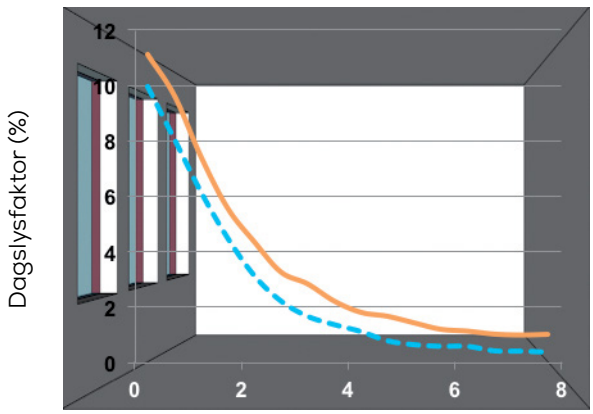
3.2.1 DAGSLYS, REFLEKTANSER OG INNVENDIGE FLATER

Dagslyset i et rom regnes ofte å bestå av tre komponenter; himmelkomponenten (dersom utsyn til himmelen er tilstede), utvendig reflektert komponent og innvendig reflektert komponent, se **Figur 2**. Himmelkomponenten bidrar mest til å heve dagslysnivået i rommet.



Figur 2: *Dagslysets komponenter.*

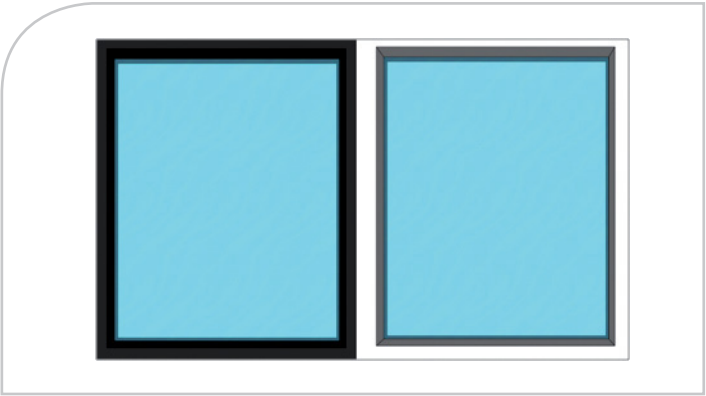
Både direkte himmelkomponent og utvendig reflektert komponent avtar i dybden av rommet, dog avtar den direkte himmelkomponenten raskest. Den innvendige reflekterte komponenten er imidlertid forholdsvis jevn i hele rommet og spiller derfor spesielt en viktig rolle i bakre del av dype rom. For å oppnå en høy innvendig reflektert andel dagslys bør man ha lyse farger på alle flater. **Figur 3** illustrerer hvordan dagslysfaktoren varierer i senterlinjen av et rom med mørke flater og lyse flater og det kommer tydelig frem hvordan lyse flater kan bidra til bedre daglystilgang i rommet.



Figur 3: *Illustrasjon av hvordan dagslysfaktoren varierer i dybden av et rom med mørke flater (blå stiplet graf) og lyse flater (oransje graf).*

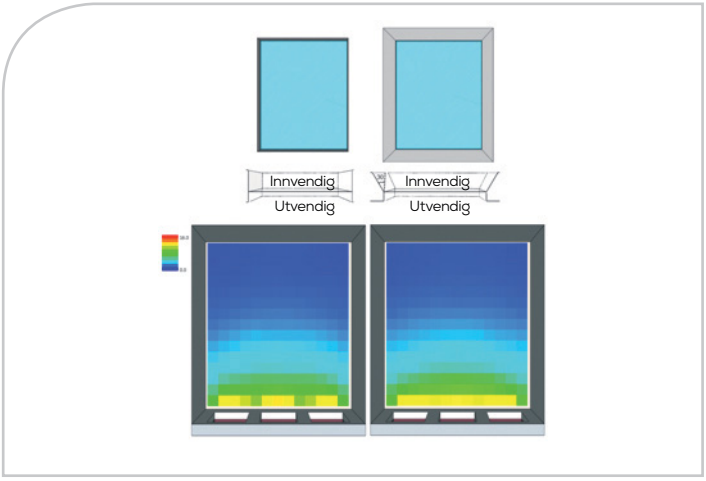
Vi ønsker gjerne både godt dagslysnivå i rommet og samtidig å unngå blending. En rekke faktorer påvirker om en blir blendet blant annet i hvilken retning en person ser i forhold til vinduet og farger på flatene. Generelt ønsker en å unngå kontraster.

Det er derfor spesielt viktig å unngå mørke farger rundt vinduet siden dette vil føre til store kontraster mellom vinduet og veggen som kan øke risikoen for blending.



Figur 4: *Illustrasjon av hvordan fargen på vinduskarmen påvirker kontrasten, som er en kritisk parameter i forhold til fare for blending.*

Et annet grep som også kan redusere faren for blending og samtidig bedre dagslys fordelingen er å benytte skrå vinduskarmer. Dette er et tiltak som kan være spesielt nyttig for bygg med tykke vegger som for eksempel passivhus. Vinduskarmene bør da ha en lys farge og utgjøre en mellomliggende lyshet mellom vinduet og romflatene og bidra til en myk overgang for øyet.



Figur 5: *illustrasjon av skrå innvendig vinduskarm og hvordan det påvirker den resulterende dagslysfaktor i rommet.*

3.2.2 SOLSKJERMING MOT BLENDING

Man bør så godt det lar seg gjøre skjerme brukere for utsikt mot reflekterende overflater som for eksempel speilende glass på nabobygg som kan føre til blending. Dette er et økende problem i tettbebygde bymiljø med utstrakt bruk av glass i fasadene. Generelt sett er det nødvendig med en form for solskjerming for å hindre blending enten fra utvendige refleksjoner, direkte sol eller lys himmelhvelving.

For å unngå blending er det en forutsetning at direkte sol i synsfeltet unngås. I *Bryn. I, Hagen. R, Matusiak. B, Smidsrød. M. (2007)* er det oppgitt at solskjermingens lystransmisjon maksimalt kan være 13% ved valg av glass med 75% lystransmisjon. Benyttes glass som har en lystransmisjon lik 50% kan maksimal lystransmisjon på solskjermingen være 20%. Nyere forskning viser at høyere lystransmisjon kan benyttes dersom lystransmisjonen dirigeres bort fra synsfeltet, for eksempel opp i taket.

Dubois (Dubois, 2003) har ved hjelp av simuleringer undersøkt hvordan syv ulike solskjerminger påvirker dagslyskvaliteten i et sørorientert kontor lokalisert utenfor København i Danmark. Resultatene viste at for nordlige breddegrader kan det være vanskelig å oppnå god daglys-kvalitet om vinteren på grunn av lav solhøyde. Skjermingselementer som overheng og markiser vil alene ikke være tilstrekkelig i slike situasjoner. Undersøkelsen viser at solskjermingsløsningen enten bør spre lyset diffust eller endre retningen opp i taket. Både en persienneløsning med lukkede lamel-ler samt en diffuserende hvit screen ga tilfredsstillende resultater i denne under- søkelsen. En fordel med bruk av persienneløsningen er fleksibiliteten den medfører ved at man kan endre lamellvinkel-en. Med en persienneløsning kan man blant annet benytte en reguleringsstrategi for persiennelamel-lene som regulerer dem i en posisjon slik at de akkurat hindrer direkte solstråling, såkalt «cut off». Da vil en i perioder beholde utsyn og slippe inn dagslys. Når solhøyden er stor kan imidlertid en «cut-off» strategi føre til relativt åpne lameller, noe som kan føre til blending fra himmelen eller lamellene selv. Dersom man prioriterer noe mer stengte lameller om sommeren når solhøyden er stor vil dette også føre til bedre g-verdi, men det fører også til mindre utsyn.

Da en må ned i lystransmisjon på 10 % direkte inn mot synsfeltet for å unngå blending reduseres samtidig dagslysnivået i rommet. I mange tilfeller benyttes kunstig lys for å gi et tilstrekkelig og jevnt lysnivå. Det finnes imidlertid dagslyssystemer som kan redirigere lyset og som søker å optimalisere dagslyskomfort og dagslysutnyttelse.

3.2.3 DAGSLYSSYSTEMER

I henhold til Baker og Steemers er det spesielt fire situasjoner hvor det kan være en fordel å benytte dagslyssystemer:

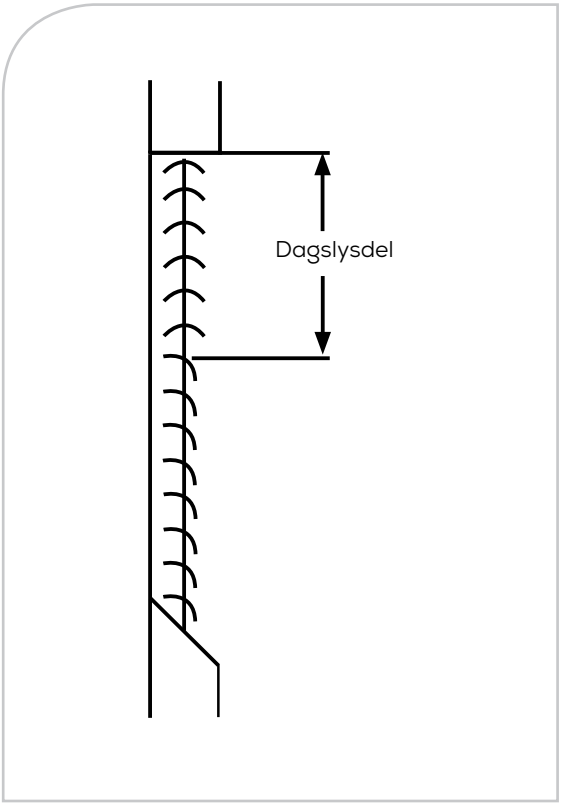
- Dersom bygningen er omgitt av store hindringer kan dagslyssystemer bli designet for å styre lyset fra himmelen og inn i bygget.
- Hvis et rom er for dypt til å gi tilfredsstillende dagslysfordeling, kan dagslyssystemer reflektere deler av det innkomne lyset til bakre delen av rommet.
- I solfylt klima kan systemer benyttes for å skjerme mot sollys og/eller reflektere det opp i taket dypt inn i bygget.
- Dersom lyskravene er strenge (for eksempel museer eller kontor med VDU) kan dagslyssystemer bli brukt for å hindre blending og/ eller hindre direkte sollys.
- Det finnes ulike former for dagslyssystemer og de kan både bestå av elementer på innsiden eller utsiden av vinduet, integrert i vinduet eller i bygningskroppen. I det følgende gis en kort beskrivelse av to dagslyssystemer; persienner med dagslysfelt og lyshyller.

Persienner med dagslysfelt

Solskjerming i form av persienner kan som nevnt være et godt alternativ for å oppnå visuell komfort. Det er imidlertid ikke alltid nødvendig å skjerme hele vinduet i like stor grad, spesielt ikke når det er snakk om høye vinduer. Bülow-Hübe *(Bülow-Hübe, 2007)* har gjennomført en undersøkelse av en todelt persienne med et øvre dagslysfelt, en illustrasjon av et slikt system er gitt i **Figur 6**.

For å unngå blending med et slikt system bør skillet mellom øvre og nedre del holdes et godt stykke over øyehøyde og det sentrale synsfeltet. I studien av Bülow-Hübe er det benyttet et kommersielt persiennesystem hvor en deler opp persiennen i to felt.

Studien viser at vinkelforskjellen mellom persiennenes øvre og nedre del bør begrenses til om lag 20 grader for å unngå direkte solinnfall om vinteren. Resultatene viser også at for bygg i nordlige breddegrader vil slike dagslyspersienner ha liten effekt ved lavt plasserte vinduer med overkant ca. 2,1 m over gulv. Det antas at effekten ved høytsittende vinduer vil være bedre siden større deler av vinduet da vil være over det sentrale synsfeltet og dagslysdelen dermed kan være større.



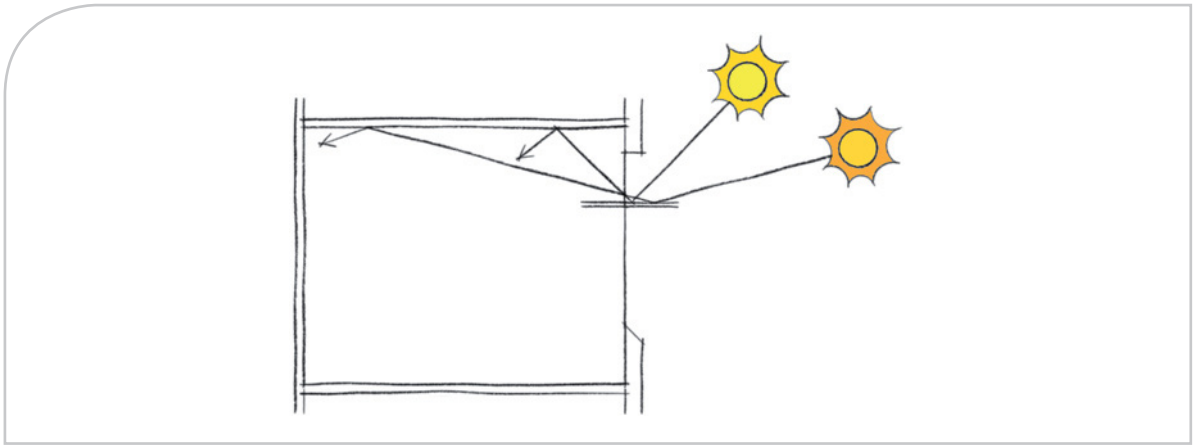
Figur 6:
Illustrasjon av persienne med dagslysfelt.

Lyshyller

En lyshylle består vanligvis av en horisontal eller nær horisontal plate plassert på innsiden og/eller utsiden av en fasadeåpning i en høyde over synsfeltet. Oversiden av lyshyllen består gjerne av et speilende materiale som reflekterer dagslys mot innvendig himling, det er derfor viktig å ha en høy reflektans på himlingen i kombinasjon med lyshyller slik at dagslyset reflekteres videre inn i rommet.

Lyshyllen deler vinduet inn i to funksjoner; et utsynsvindu under lyshyllen og et dagslysvindu over lyshyllen. Dersom lyshyllen er plassert på utsiden av fasaden vil lyshyllen også fungere som et skjermingselement mot sol med stor solhøyde.

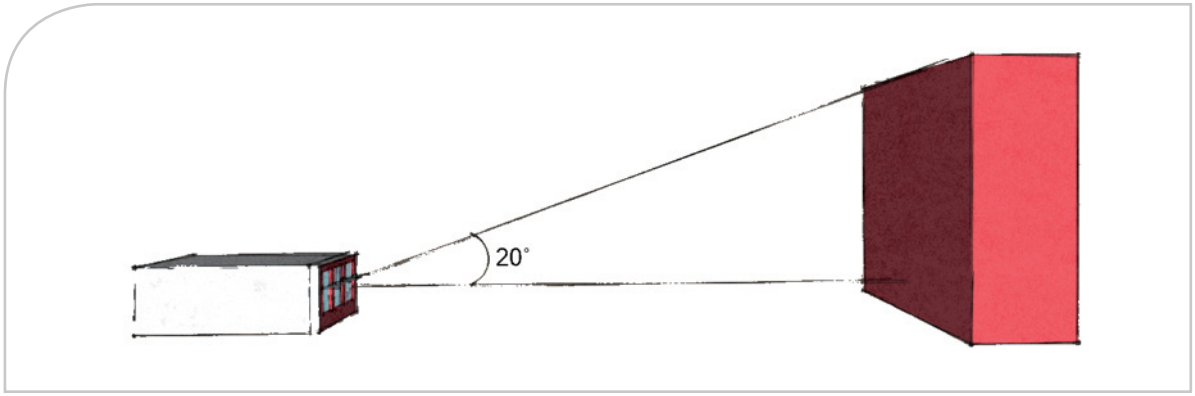
Lyshyller vil imidlertid redusere dagslysnivået på overskyede dager fordi den skjermer for himmellyset. En lyshylle vil være mest effektiv ved solfylte værforhold og en orientering mot sør. En må derfor evaluere effekten av en lyshylle under varierende værforhold over året for å kunne ta en beslutning om en lyshylle kan bedre dagslysforholdene. Det er også viktig å være oppmerksom på at lyshyller ikke er tilstrekkelig skjerming alene. Det kan være behov for både ekstra solbeskyttelse og blendingskontroll.



Figur 7: *Illustrasjon av lyshylle og dens funksjon.*

3.2.4 DAGSLYS KOMFORT

Som nevnt tidligere kan det være en fordel å benytte dagslyssystemer dersom for eksempel en fasade er omgitt av store hindringer. Det er gjennomført en undersøkelse av et kvadratisk kontorlandskap på 64 m^2 med og uten lyshylle. Lyshyllen er plassert utvendig 2,1 m over gulvnivå og har en dybde på 0,7 m, oversiden har et speilende materiale med reflektans på 0,55. Fasaden er orientert mot sør og har tre vinduer med høyde 2 m, bredde 1,6 m og brystning 0,8 m. I front av fasaden er det et annet bygg som fører til en skjermingsvinkel på 20° målt fra senter av vinduet, se **Figur 8**.



Figur 8: *Illustrasjon av horisontal skjermingsvinkel.*

Det er regnet for et case med lyshylle og et uten. Begge casene er så regnet for tre alternativer over året:

- uten solskjerming
- med automatisk solskjerming hvor solskjermingen aktiveres for å unngå at direkte solstråling over 50 W/m^2 treffer arbeidsplanet
- solskjermingen alltid er aktivert.

Scenarioene «uten solskjerming» og «solskjerming alltid aktivert» illustrerer ytterpunktene for hvordan dagslystilstanden over året kan arte seg i et rom hvor det utføres papirarbeid arbeid på en PC. Det vil det ofte være nødvendig med bruk av solskjerming, enten for å hindre solbelastning eller for å hindre blending. Scenarioet hvor solskjermingen aktiveres for å unngå direkte solstråling over 50 W/m^2 på arbeidsplanet kan derfor være et realistisk estimat på en årlig dagslyssituasjon.

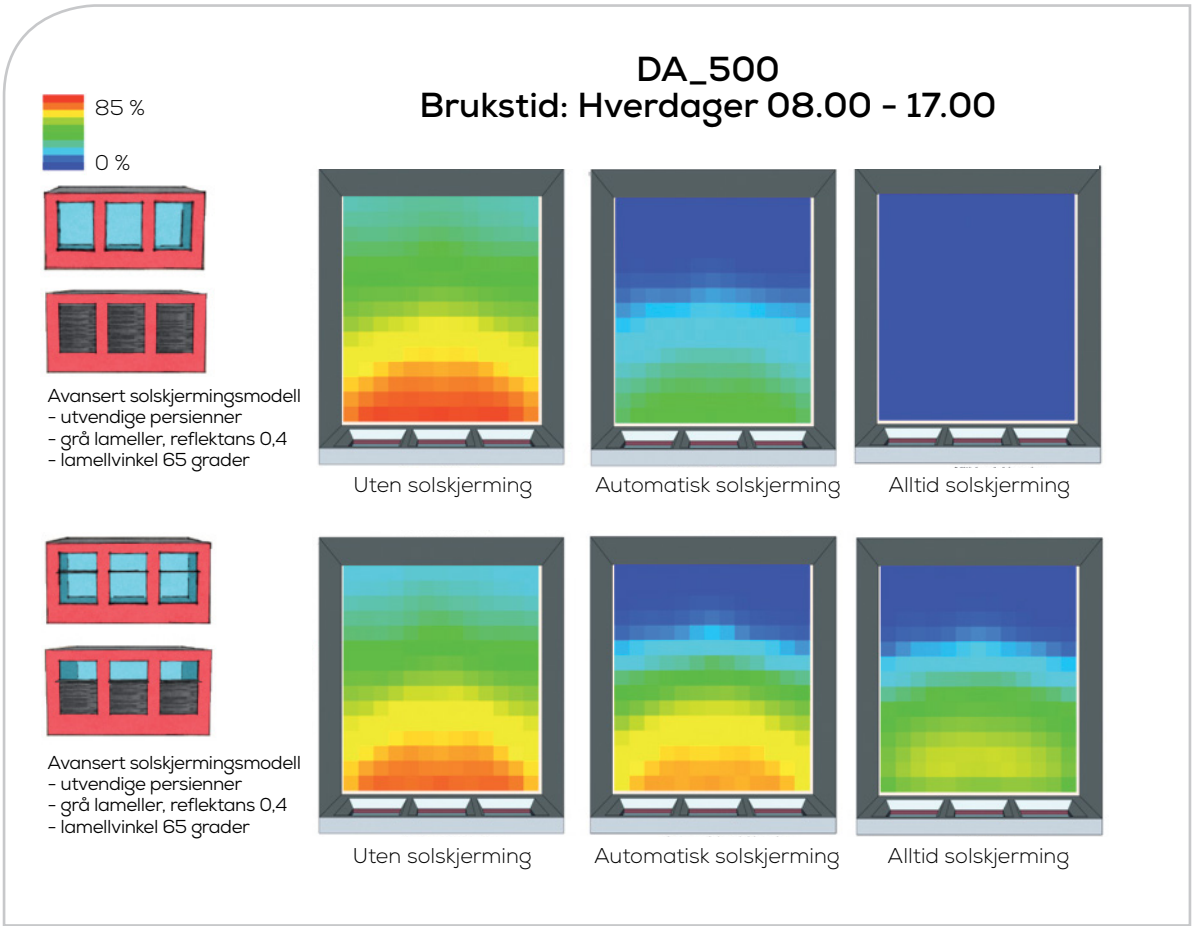
Det er regnet med en solskjerming bestående av utvendige persienner med en diffus reflektans på 0,4 som er lukket med en lamellvinkel på 65°. For situasjonen med lyshylle er det kun utsynsvinduet som skjermes med persienner.

For å gjøre en evaluering av dagslyset i rommet under varierende værforhold, er det gjennomført en klimabasert dagslys modellering. I denne beregningen er klimadata fra NS 3031 benyttet og brukstiden er satt til hverdager mellom 08.00-17.00.

Figur 9 gir en oversikt over resultater for daylight autonomy (DA) og figuren angir andel av brukstiden i prosent når dagslys alene forsyner beregningspunktet med en illuminans på 500 lux eller mer (DA500).

Figur 9 viser lavere gjennomsnittlig lysnivå med lyshylle enn uten når det regnes uten solskjerming. Når det regnes med solskjerming ser vi imidlertid gevinsten av lyshylla ved at lysnivået blir høyere enn for caset uten.

Dette illustrerer viktigheten av å gjøre klimabaserte vurderinger med mer fysisk korrekt modellering av solskjerming på det aktuelle bygget dersom man skal vurdere effekten av dagslyssystemer. Det bør i tillegg gjennomføres en blendingsanalyse for å undersøke om det eventuelt er behov for mer omfattende bruk av solskjerming dersom det stilles spesielle krav til visuell komfort.



Figur 9: *Sammenlikninger av resultater for DA500 (% av brukstiden når dagslys alene forsyner beregningspunktet med en illuminans på 500 lux eller mer) ved ulike skjermingskonfigureringer og ulike solskjermingsmodeller, simuleringer i DAYSIM.*

3.2.5 VARIGHET BRUK AV SOLSKJERMING

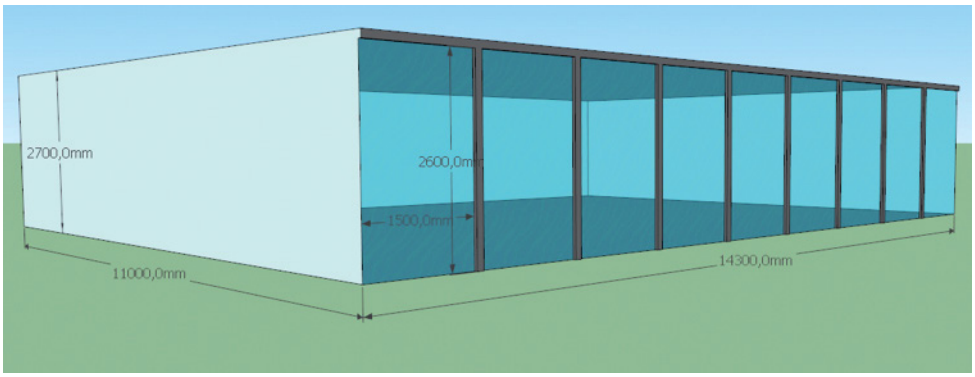
Det hevdes ofte at utstrakt bruk av glass i fasaden fører til godt dagslys, dette er nødvendigvis ikke tilfellet siden utstrakt bruk av glass i fasaden kan føre til et stort behov for bruk av solskjerming for å unngå blending og overtemperaturer. Det er gjennomført en undersøkelse av et åpent kontorlandskap med en stor andel glass i fasaden som vist i **Figur 10**. Fasaden er orientert mot sør med fri horisont. Glasset i fasaden har en g-verdi på 0,37, direkte soltransmittans på 0,35, synlig lystransmittans på 0,7 og U-verdi på 1,1W/m^{2}K. Kontoret har installert utvendig solavskjerming.

Solskjermingen styres for å unngå blending og overtemperaturer etter følgende prinsipp:

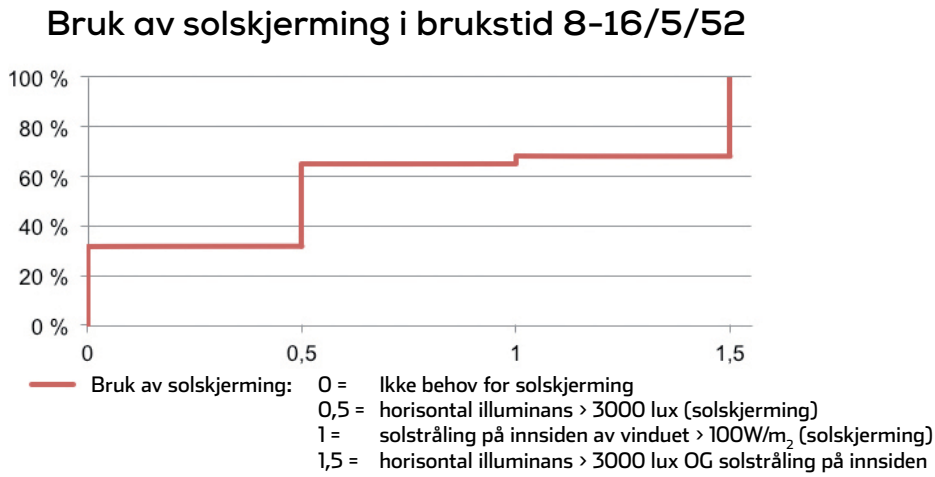
Solskjerming aktiveres når :

- 3000 lux overskrides på et horisontalt plan 0,8 m over gulvet (indikasjon på blending)
- Solstråling på innsiden av glasset overskrider 100 W/m^2.(indikasjon på termisk diskomfort)

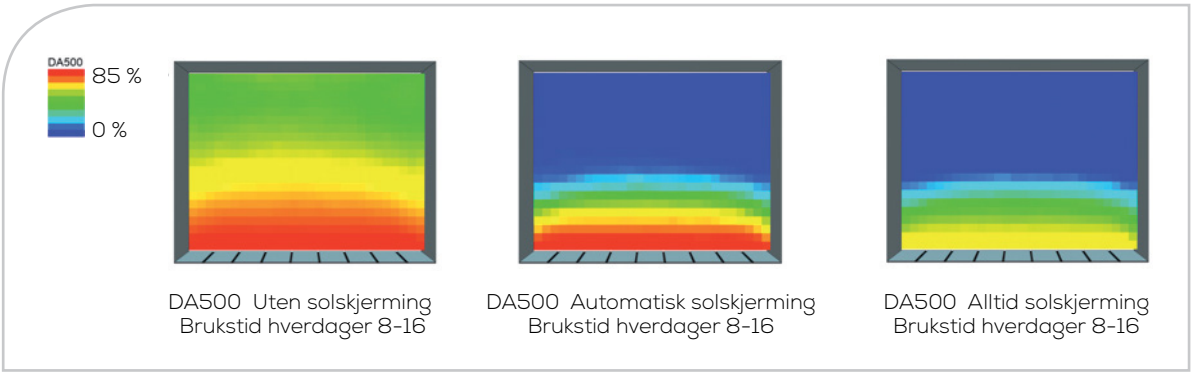
Figur 11 viser varigheten for bruk av solskjerming kl 08-16 alle hverdager hele året. Som man ser er det behov for å aktivere solskjermingen i ca. 60 % - 70 % av brukstiden dersom man benytter solskjermingsstrategien skissert over. Omfattende bruk av solskjerming fører også til økt behov for bruk av kunstig belysning.



Figur 10: *Illustrasjon av åpent kontorlandskap med glassfasade.*



Figur 11: *Varighet for bruk av solskjerming i brukstid 8-16 hverdager hele året basert på resultater fra IDA ICE 4.5 og DAYSIM.*



Figur 12: *Sammenlikninger av resultater for DA500 ved ulike skjermingskonfigureringer og ulike driftstider, simuleringer gjennomført med DAYSIM.*

Det ble videre gjort en klimabasert dagslysmodellering for å evaluere dagslysforholdene i rommet. I denne beregningen er klimadata fra NS 3031 benyttet. **Figur 12** gir en oversikt over resultatene for DA500 dersom ingen solskjerming benyttes, dersom automatisk solskjerming benyttes og dersom solskjerming alltid er aktivert i brukstiden. Automatisk solskjerming refererer til den skisserte solskjermingsstrategien. Solskjermingsmodellen som benyttes er en forenklet modell hvor vi antar at solskjermingen blokkerer all direkte solstråling og transmitterer 25 % av alt diffust dagslys.

Det kommer tydelig frem fra **Figur 12** at bruk av solskjerming har stor innvirkning på dagslyset i rommet.

3.3 SOLSKJERMINGENS PÅVIRKNING AV TEMPERATURER OG VARMESTRØMMER

Solen og solskjermingen påvirker inneklimaet på flere måter. Den påvirker lufttemperaturen, alle overflatetemperaturer og overflatetemperaturen til personen i rommet. Til sammen bestemmer dette hvor og i hvilken grad personer i rommet opplever termisk komfort. En person som oppholder seg nært vinduet vil i større grad oppleve komforten påvirket av overflatetemperaturen på vinduet eller solskjermingen enn en person som er plassert dypt inn i rommet.

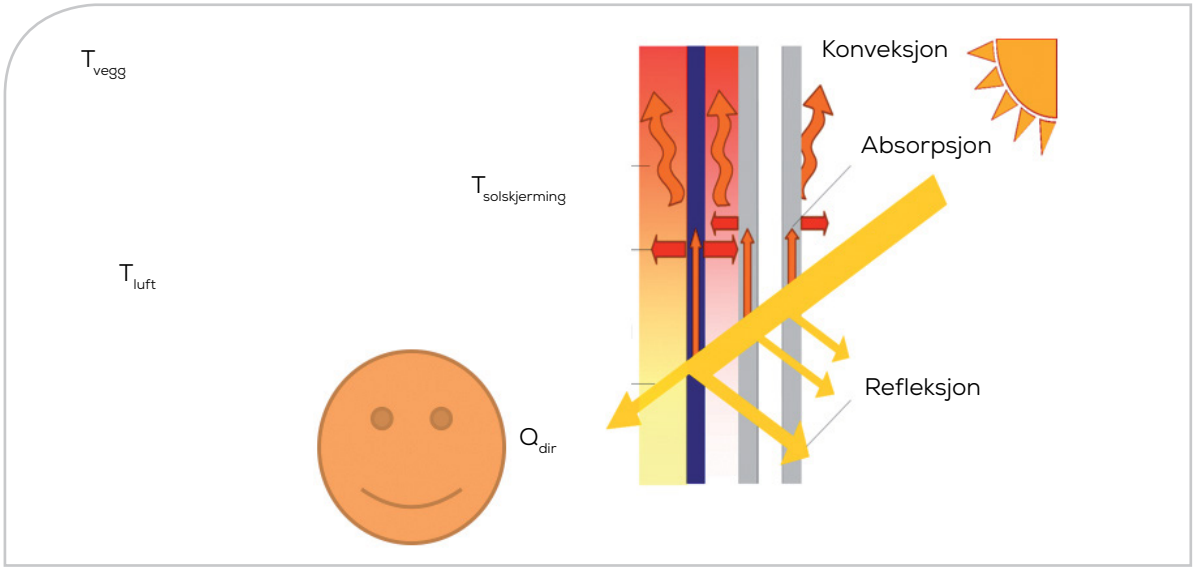
Dette kapitlet viser sammenhengene mellom enkelte av de varmetekniske egenskapene og hvilke temperaturer og varmestrømmer de påvirker. Mer utdypende presentasjon av ulike solskjermingsløsningers innvirkning på termisk komfort og energibruk er vist i kapittel 5.

3.3.1 KONTROLL AV SOLAS PÅVIRKNING AV LUFTTEMPERATUR

Den totale solenergitransmisjonen (g-verdien) er den faktoren for vinduet og solskjermingen som har størst innflytelse på lufttemperaturen. Det er den som bestemmer hvor mye av solenergien som kommer inn i rommet. Det er produktet av g-verdi, innfallende solenergi og vindusareal som gir hvor mye solenergi som slippes inn i rommet.

Har vi et sørvendt vindu med g-verdi på 0,15 får vi følgende varmeinnstråling i rommet fra sola med innfallende solstråling på 700 W/m^2:

$$Q_{rom} = Q_{dir} + Q_{ci} + Q_{ri}$$
$$Q_{rom} = g * E_i$$
$$Q_{rom} = 700\ W/m^2 * 0{,}15 = 105\ W/m^2$$



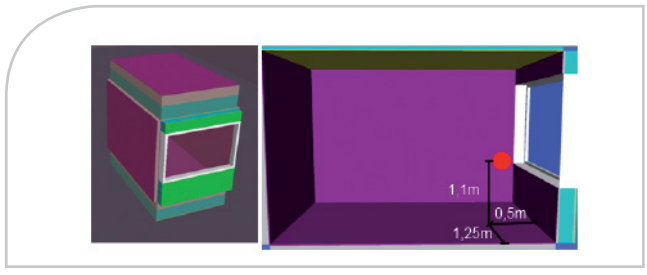
Figur 13: *Varmestrømmer og temperaturer som påvirker følelse av komfort*

Denne varmen påvirker direkte rommets varmebalanse og derved også romtemperaturen. Når det er varmebehov i rommet kan denne varmen være ønskelig, mens den bør unngås når det er varmere i rommet enn det en ønsker. Den totale solenergien kontrolleres derfor best med en regulerbar g-verdi. En regulerbar g-verdi kan en for eksempel oppnå ved utvendige persienner med vribare lameller eller med utvendig og innvendig solskjermingsduk i ulike kombinasjoner. Det er denne faktoren som også har størst betydning for å redusere kjøleenergibehovet i byggene for eksterne varmelaster.

Kunnskap om den totale solvarmetransmisjonen, g-verdien er avgjørende for å bestemme luft-temperaturen i et rom. I passivhus med lite varmetap er det spesielt viktig å kunne regulere g-verdien til en svært lav verdi (mindre enn 0,05) på sør, øst og vestfasader for å unngå overtemperaturer.

3.3.2 KONTROLL AV SOLAS PÅVIRKNING AV OVERFLATETEMPERATUR PÅ VINDUET ELLER SOLSKJERMINGEN

Overflatetemperaturen på vinduet eller solskjermingen påvirkes hovedsakelig av en kombinasjon av g-verdi og direkte soltransmisjon. Overflatetemperaturen blir høy når mye solenergi absorberes i flaten og mye solenergi må avgis som stråling og konveksjon. Når flaten er helt tett og ingenting transmitteres må all solenergi enten absorberes eller reflekteres. Hva som skjer avhenger av refleksjonsegenskapene til materialet og refleksjonsegenskapene til glasset utenfor. En svart innvendig solskjerming vil absorbere nesten all varme og bli svært varm. Tilsvarende har en erfaring med høye temperaturer på innvendig glass ved mellomliggende solskjerminger.



Figur 14: *Cellekontor benyttet som regneeksempel.*

Det er gjort beregninger i IDA ICE av termiske forhold i et cellekontor for tre ulike solskjerminger, henholdsvis utvendig, mellomliggende og innvendig. Solskjermingstekniske data for glass og solskjerming er vist i **Tabell 2**. Lufttemperaturen i rommet styres til maksimalt 25 °C.

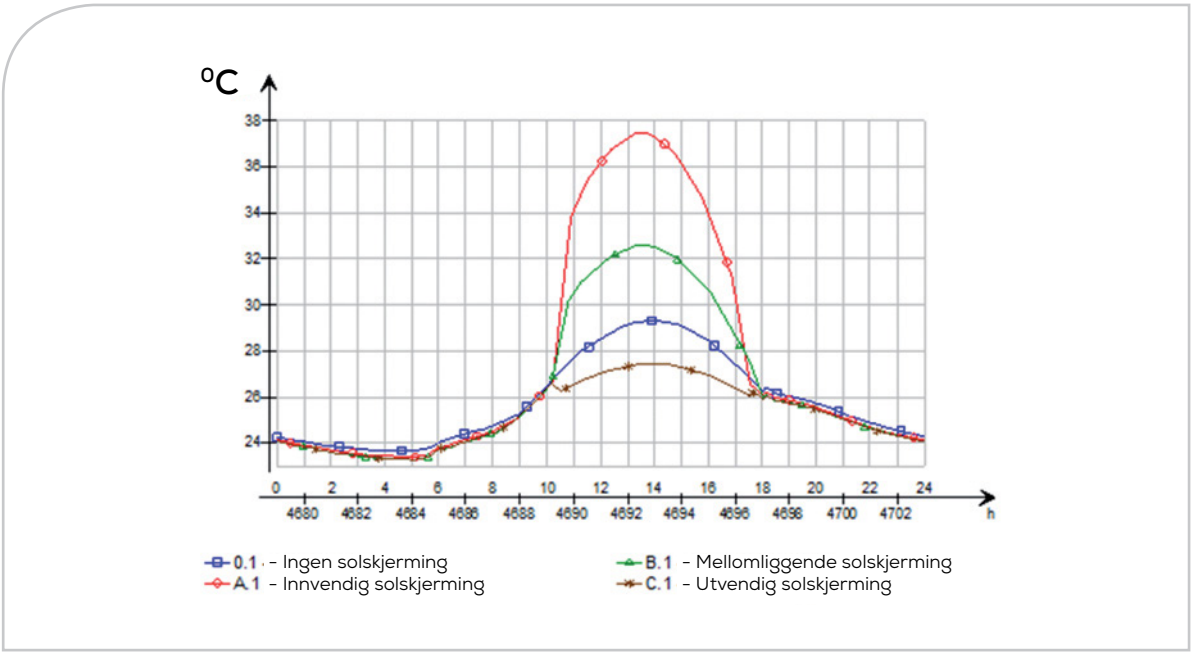
Ventilasjonsmengde	[m³/h]	10
Tilluftstemperatur	[°C]	18 °C
Driftstid ventilasjonsanlegg	Hverdager	6:00-18:00
Lokal kjøling	[W]	700
Setpunkt for lufttemperatur, kjøling	[°C]	25
Belysning (NS 3031)	[W/m²]	8,0
Utstyr (NS 3031)	[W/m²]	11,0
Personer (NS 3031)	[W/m²]	5,4
Driftstid internlast	Hverdager	6:00-18:00

Tabell 1: *Tekniske data for cellekontor*

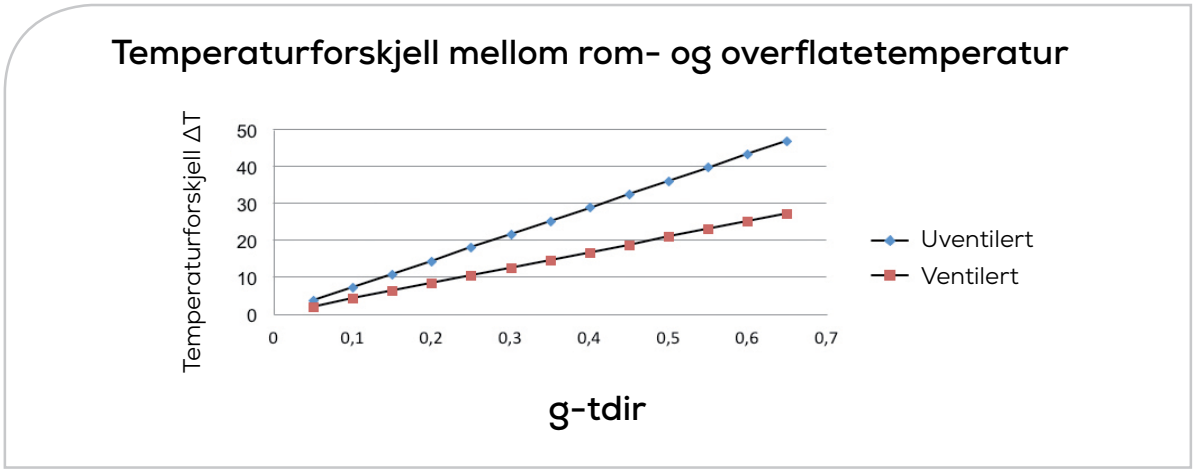
	G_{GLASS}	$T_{DIR,GLASS}$	G_{SYSTEM}	$T_{DIR, SYSTEM}$
Innvendig (A)	0,36	0,33	0,23	0,05
Mellomliggende (B)	0,36	0,33	0,14	0,04
Utvendig (C)	0,36	0,33	0,05	0,03

Tabell 2: *Solskjermingsegenskaper for glass og solskjerming sammen.*

De resulterende overflatetemperaturene innvendig på glass/solskjerming er vist i **Figur 15.**



Figur 15: *Overflatetemperatur på innvendig flate mot rom for ulike løsninger med vindu og solskjerming.*



Figur 16: *Temperaturøkning på flate inn mot rom på solskjerming eller vindu som funksjon av differense mellom g-verdi og direkte solstransmisjon. Gjelder for en normal innstråling på 500 W/m². **Uventilert:** Tett innvendig flate som for eksempel glass. **Ventilert:** Fritthengende solskjerming der luft mellom solskjerming og vindu får passere fritt mot rom.*

Som det fremkommer gir de ulike løsningene svært ulike overflatetemperaturer selv om lufttemperaturen i rommet er den samme. Det er utviklet et forenklet formelverk for overslag på overflatetemperaturen på vindu eller solskjerming. Metoden er dokumentert i *Bryn. I, Gedsø.S og Petersen. A.* Resultatet av formelverket er vist i **Figur 16.**

Kurven som er merket «Uventilert» representerer en løsning der all varme avgis fra en flate som er like stor som vinduet og er vendt mot rommet. Det kan for eksempel være et vindu eller en innvendig solskjerming tett festet til karmen av vinduet eller et vindu med mellomliggende solskjerming. Figuren viser at vi kan få svært høye overflatetemperaturer dersom g-verdien er høy og den direkte transmisjonen liten. Dette kan også føre til at vinduet sprekker, spesielt er dette risikabelt dersom kun deler av vinduet er dekket og en kan få temperaturforskjeller på flate 60 °C. Et eksempel på en slik løsning kan være to lag klart glass med innvendig sort blendingsgardin.

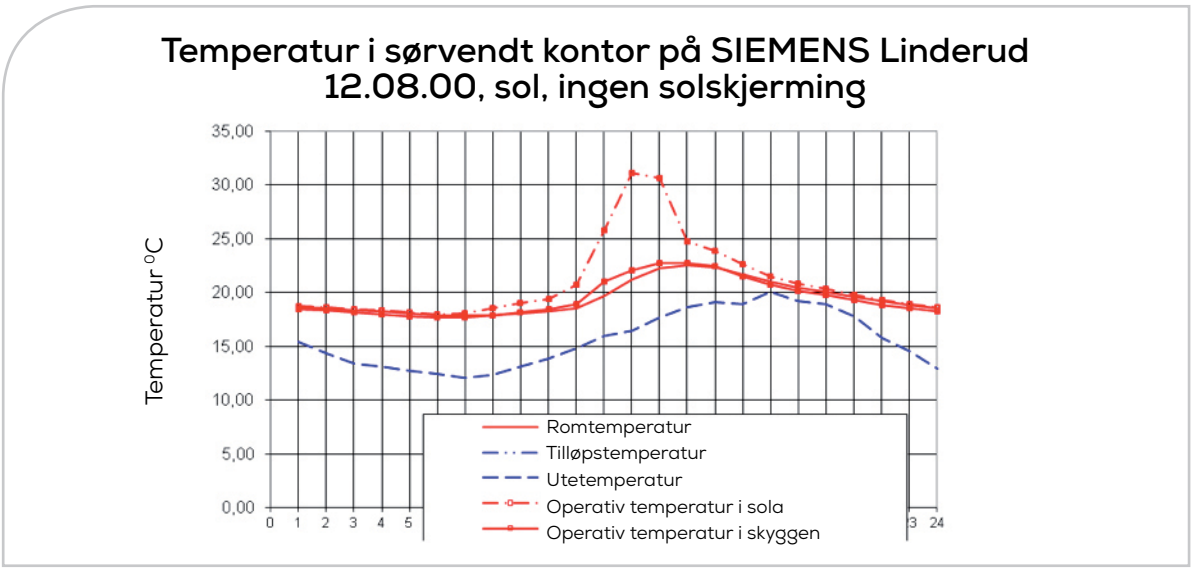
Figur 16 viser hvorfor en bør unngå store arealer med løsninger med mellomliggende solskjerming eller tettsittende innvendig solskjerming som oppfyller byggeforskriftens krav om g-verdi på 0,15 med lukkede lameller. De vil få overflatetemperaturer som er 10 °C – 20 °C høyere enn lufttemperaturen i rommet ved en innstråling på 500 W/m². Dette skaper diskomfort for de som sitter ved vinduet. Dersom solskjermingen kun dekker deler av glasset kan dette også føre til at glasset sprekker på grunn av termiske spenninger. «Ventilert» representerer en innvendig løsthengende solskjerming der varmen avgis fra både vindu og solskjerming til luften. Risikoen for ekstreme temperaturer reduseres betydelig.

Innvendig overflatetemperatur har stor betydning for komforten og mange solskjermingsløsninger gir høye overflatetemperaturer som forårsaker dårlig komfort nært fasaden. Spesielt i kontorlandskap der en har valgt å ha store vindusarealer for å gi dagslys dypt inn i rommet er det viktig å planlegge med en solskjermingsløsning som ikke gir høye overflatetemperaturer.

Kunnskap om både den totale solvarmetransmisjonen, g-verdien og den direkte soltransmisjonen er avgjørende for å bestemme overflatetemperaturen innvendig for vindu og solskjerming. Videre er personens plassering i forhold til vinduet/solskjermingen avgjørende for komforten. En må benytte verktøy som beregner strålingstemperatur geometrisk for å dokumentere denne effekten. Det kan også måles.

3.3.3 KONTROLL AV DIREKTE SOLSTRÅLING PÅ KROPPEN

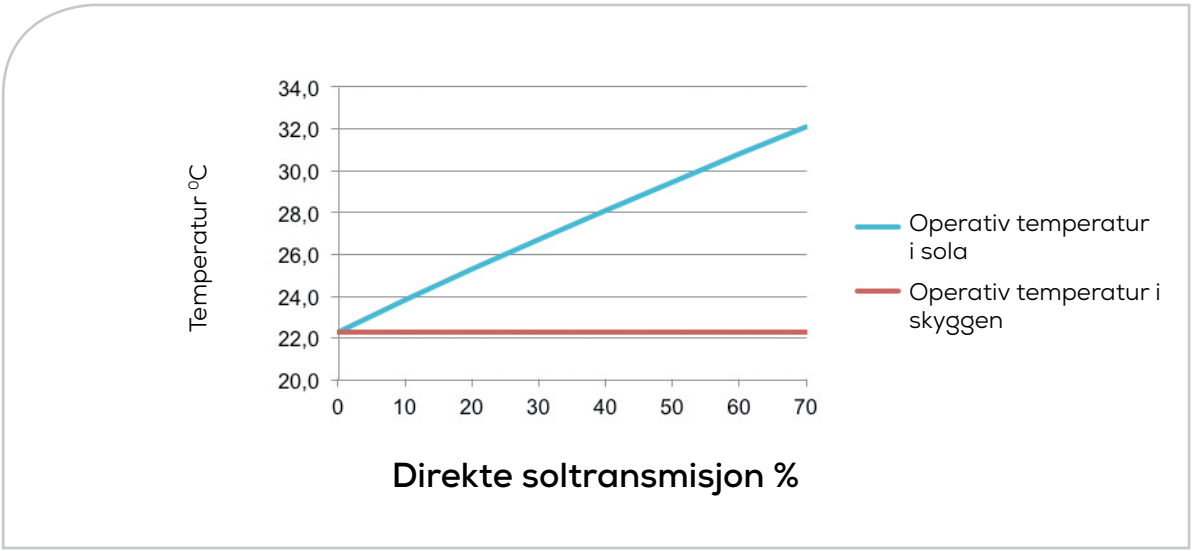
Direkte solstråling på kroppen har stor effekt på operativ temperatur. Svært få beregningsprogrammer tar hensyn til denne effekten. Fenomenet er tidligere dokumentert som vist i **Figur 17** *(Bryn. I, 2002).*



Figur 17: *Målt utetemperatur, lufttemperatur (room temperature) og operativ temperatur i sol og skygge i et cellekontor.*

I samme studien ble det satt opp en sammenheng som kunne benyttes til å beregne operativ temperatur i sola som vist i **Figur 18**. Figuren gjelder for en person sittende med den ene siden eksponert for direkte sol og med følgende forutsetninger:

Projisert arealfaktor for sol på kroppen:	0,26
Absorpsjonsfaktor overflate person	0,8
Solstråling	860 W/m^2
Solhøyde	40°



Figur 18: *Operativ temperatur i sola som funksjon av direkte soltransmisjon*

Som det fremkommer har den direkte solstrålingen betydelig påvirkning på komforten selv ved relativt lav direkte transmisjon. Av hensyn til lysinnslipp har for eksempel en rekke solskjermingsduker en direkte transmisjon på 10-20 %, noe som vil kunne påvirke komforten ved økt operativ temperatur på flere grader.

En modell for dette er under implementering i IDA ICE. Dette vil gi oss muligheten til å beregne effekten av direkte solstråling i inneklima og energibergninger.

Kunnskap om både den totale solvarmetransmisjonen, g-verdien og den direkte soltransmisjonen er avgjørende for å bestemme den operative temperaturen i sola. Videre er personens plassering i forhold til vinduet/solskjermingen, samt absorpsjonsfaktoren for personens bekledning/overflate, også avgjørende for komforten.

3.3.4 SOLSKJERMING SOM ISOLASJON

Solskjerming kan benyttes for å isolere. Historisk har skodder blitt benyttet for å beskytte mot sol og innsyn. Dersom disse lages lufttette og isoleres vil de fungere som en isolasjon. De kan benyttes når det er mørkt ute og når huset er ubebodd. Innvendig har tunge og tykke gardiner tradisjonelt vært brukt for å redusere varmetapet. I dag finnes det moderne lettere løsninger med selektive belegg og hulrom som isolerer. De mest isolerende løsningene er ofte lystette.

Reduksjonen i U-verdi vil være størst ved dårlige vinduer, men kan ved riktig utforming ha en god effekt selv på vinduer med U-verdi på 1,2 W/m^2 K. Det kan være et alternativ for forbedring i nyere bygg der vindusskifte ennå ikke er aktuelt. Løsningen kan også være et godt alternativ for verneverdige bygg der en har begrenset mulighet til å endre på vinduene.

Forbedringen kan dokumenteres etter følgende formel (NS NS-EN ISO 10077-1:2006 Termiske egenskaper til vinduer, dører og skodder - Beregning av varmegjennomgangskoeffisient - Del 1: Generelt):

$$U_{ws} = 1/ (1/U_w+\Delta R)$$

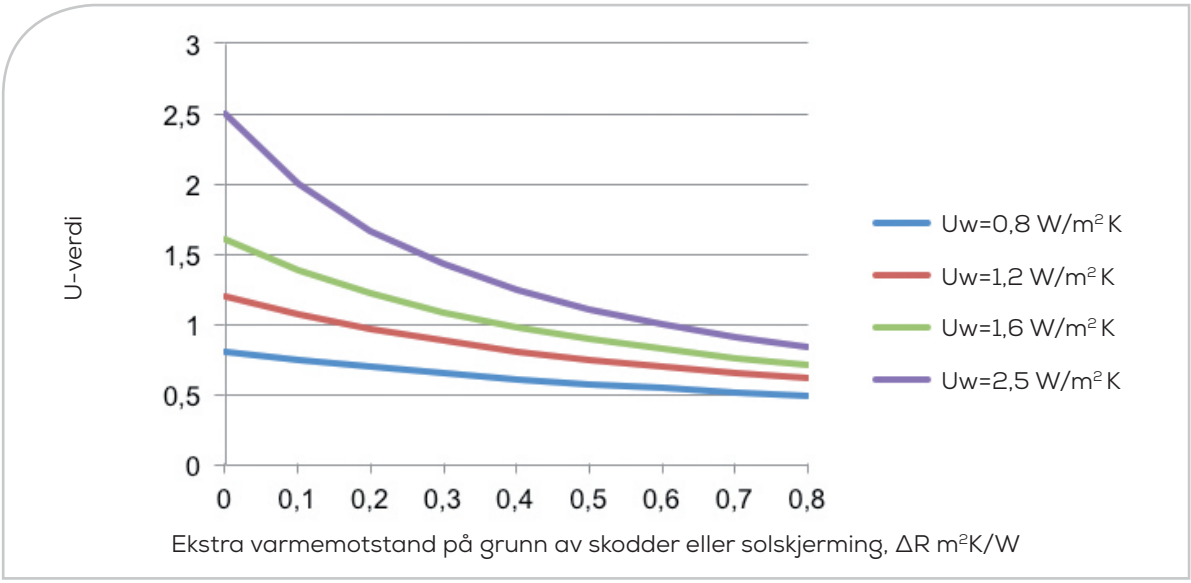
der

Uw = *Vinduets U-verdi (W/m^2 K)*
Uws = *Samlet U-verdi for vindu og solskjerming (W/m^2 K)*
ΔR = *Den monterte solskjermingens varmemotstand (m^2 K/W)*

Standarden angir retningslinjer for å beregne ΔR. Typiske verdier for skodder og solskjerming kan ligge mellom 0,1 og 0,3. De kan også være lavere og høyere. Det avhenger av hvor tett de er montert og deres isolerende egenskaper.

Figur 19 viser hvilken U verdi en kan oppnå for ulike vinduer med isolerende skodder eller solskjerming. Som det fremkommer kan en oppnå en betydelig reduksjon. Verdiene gjelder bare når skoddene er for og vil derfor kun virke i deler av tiden når en ønsker å ha skjermingen nede, det vil si når det er mørkt.

I tillegg til å redusere varmetapet forbedres komforten av den isolerende solskjermingen. **Figur 20** viser termografering av et vindu med og uten solskjerming. Som det fremkommer øker overflatetemperaturen i senter av vinduet med 4°C. Dete gir en betydelig forbedring av komforten ved vinduet.

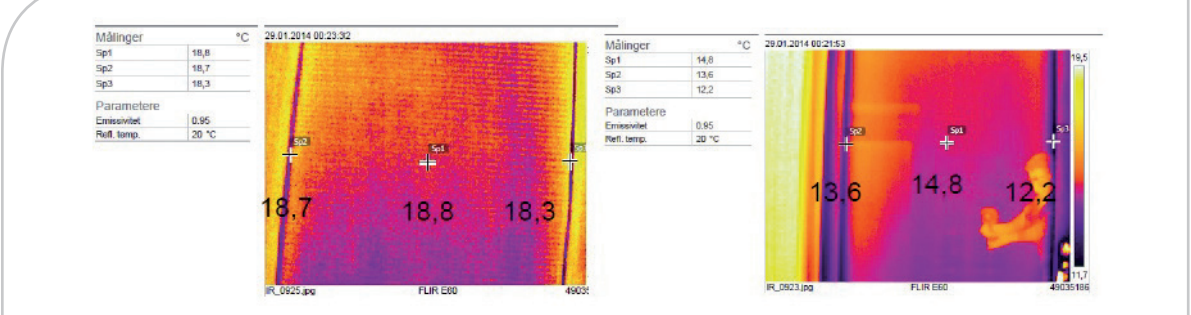


Figur 19: *U-verdi for vindu og skodde eller solskjerming sammen (Uws) som funksjon av solskjermingens isolerende egenskaper.*

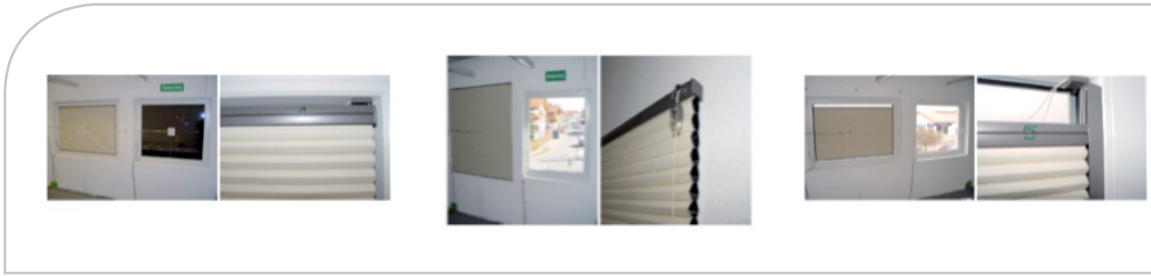
De store leverandørene av solskjerming vil kunne oppgi ΔR for sine løsninger. Hunter Douglas *(Heusler et. Al 2011)* har foretatt testing av bedret varmemotstand for vindu med ulike typer solskjerming av type honeycomb og ulike typer innfesting.

Figur 21 viser ulike innfestinger og hvordan de påvirker varmemotstanden til vinduet. Solskjermingen som dekker karmens varmetap og som ikke gir luftstrøm inn til rommet fra spalten mellom vindu og solskjerming er best. **Figur 22** viser økt varmemotstand for ulike solskjermingsløsninger. Tette solskjerminger av typen hoenycomb med aluminiumsbelegg gir høyest varmemotstand. Som det fremkommer er variasjonen fra 0,05 til 0,44 m²K/W, hvilket er en betydelig variasjon.

Effekten av økt varmemotstand for den beste og dårligste solskjermingen med hensyn på isolasjon er vist i **Figur 23**. Som det fremkommer har løsningen med den beste isolasjonen potensiale til mer enn å halvere varmetapet for eldre vinduer. En slik løsning kan derfor ha betydelig effekt til komfortforbedring og reduksjon av varmetap i tilfeller der en ikke ønsker eller kan forbedre vinduene. En ser også at varmetapet for vinduer med lavere U-verdi forbedres betydelig. Løsningen har et spesielt godt potensiale for komfortforbedring i boliger om vinteren da en ofte er hjemme når det er mørkt og det er relevant å ha solskjermingen nede.



Figur 20: *Termografering av vindu med og uten solskjerming en dag med utetemperatur -4 °C og uten sol. Vinduet har en U-verdi på ca 1,6 W/m² K og solskjermingen er av type Warema Honeycomb aluminium uten transmisjon. Termograferingen illustrerer hvordan varmetapet reduseres og komforten forbedres.*



Figur 21: *Ulike innfestinger av solskjerming gir ulik forbedring av varmemotstand (Heusler et. Al 2011).*

Test no.	System		Fabric	Installation situation	ΔR [m²K/W]
1	Honeycomb shades	Duette 25	Duoton	in the window bar	0.23
2				in the window bar with lateral guides	0.23
3				in front of the window recess	0.13
4			Blackout	in the window bar	0.30
5				in the window bar with lateral guides	0.26
6				in front of the window recess	0.38
7		Duette 32	Duoton	in the window bar	0.23
8				in front of the window recess	0.11
9			Blackout	in the window bar	0.44
10				in front of the window recess	0.17
11			Roma	in the window bar	0.11
12				in front of the window recess	0.08
13		Duette 64	Duoton	in front of the window recess	0.10
14			Blackout		0.11
15			Architella Semi-Opaque		0.12
16			Architella Blackout		0.11
17			Whisper		0.05

Figur 22: *Målt forbedret varmemotstand (delta R) for ulike solskjerminger og innfestinger. (Heusler et. Al 2011)*

Shades	Type of glazing		U-value for glazing with air layer and shades [W/m²K]	Percentage improvement related to U_g
Duette 64 Whisper in front of window recess (with minimum improvement: ΔR = 0.05 m²K/W)	New building	Low-emissivity glass R_g = 0.68 m²K/W U_g = 1.18 W/m²K (Glazing as in test)	1.11	6 %
	Existing building	Double-glazing R_g = 0.19 m²K/W U_g = 2.78 W/m²K	2.44	12 %
Duette 32 Blackout in window bar (with maximum improvement: ΔR = 0.44 m²K/W)	New building	Low-emissivity glass R_g = 0.68 m²K/W U_g = 1.18 W/m²K (glazing as in test)	0.78	34 %
	Existing building	Double-glazing R_g = 0.19 m²K/W U_g = 2.78 W/m²K	1.25	55 %

Figur 23: *U-verdi med solskjerming for den beste og dårligste løsningen for to ulike glasstyper. (Heusler et. Al 2011)*

3.4 DOKUMENTASJON AV SOLSKJERMINGENS EGENSKAPER

Det er behov for dokumentasjon av alle de beskrevne varme- og lystekniske parameterne for glass alene og sammen med solskjermingen for å kunne planlegge optimale solskjermingsløsninger. Enkelte verdier kan dokumenteres ved beregninger og andre ved målinger. Store leverandører har gjerne mye forhåndsprodusert dokumentasjon for sine produkter for de mest brukte glass-typene. De kan også som oftest enkelt gjøre beregninger for spesielle kombinasjoner av glass og solskjerming. For spesielle løsninger som for eksempel med silketrykk eller doble fasader kan testing av egenskaper i laboratorie være aktuelt.

For dokumentasjon av inneklima og energi må følgende dokumenteres for glass alene og for glass og solskjerming sammen:
- Direkte soltransmisjon, T_{dir} (T_e i standarder)
- Total solenergitransmisjon, g-verdi
- Overflatetemperatur ved samme tilstand som beregning av g-verdi
- Lystransmisjon, LT-verdi (T_v i standarder)

Om solskjermingen skal brukes til nattisolasjon må følgende også dokumenteres:
- Ekstra varmemotstand på grunn av skodder eller solskjerming, ΔR

3.4.1 SOLSTRÅLING

Solbelastningen på en fasade varierer avhengig av solhøyden og hvor klar luften er. En lav solhøyde gir høy normal solinnstråling på et vertikalt vindu. Solstrålingen inn gjennom et vertikalt vindu mot Nord, Sør, Øst og Vest er vist for sommer og vintersolverv samt jevndøgn for breddegrad 41 °N i **Figur 24**.

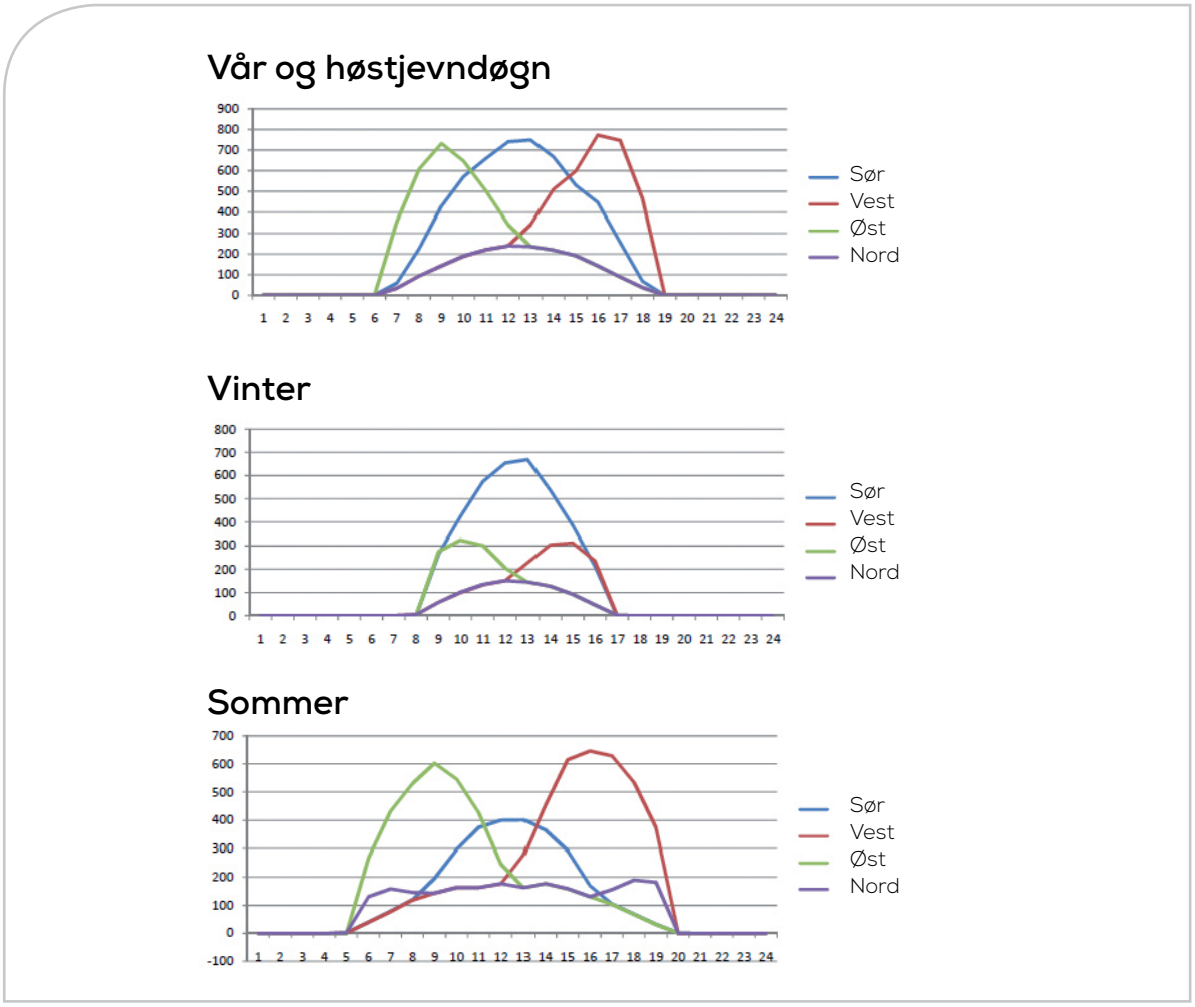
Figurene viser en rekke forhold det er viktig å være oppmerksom på ved planlegging av bygg. Noen viktige er:

- Også nordfasader mottar solstråling. Store glassarealer mot nord kan generere overtemperatur. Dette skyldes diffus stråling fra himmelen, refleksjon fra nabobygg og fasader.

- Øst og vestfasader får mest solinnstråling om sommeren. Rom med ensidig retning mot øst eller vest har derfor den mest kritiske perioden om sommeren. Da er ofte utetemperaturene også høye og disse fasadene kan derfor totalt sett bli mest kritiske.

- Vår/høstjevndøgn er en periode med høy solbelastning på alle fasader. Rom med fasader mot 2 eller flere av disse retningene vil kunne ha mest kritiske forhold om våren.

- Vinteren gir høyest solbelastning fra sør. Dette kan gi nyttig tilskuddsvarme, men også føre til at godt isolerte hus blir for varme en soldag om vinteren.



Figur 24: *Solbelastning på sør, øst/vest og nordfasade ved sommer, solverv og vinter.*

3.4.2 BEREGNING AV SOLSKJERMINGENS EGENSKAPER

Det finnes flere internasjonale standarder på ulike detaljeringsnivå for å dokumentere de termiske egenskapene til vinduer og solskjerming. Det finnes også flere verktøy der en kan beregne disse verdiene selv. Disse kan brukes i en planleggingsfase, men i forbindelse med en leveranse bør en stille krav til ytelsen på et produkt og la leverandøren dokumentere ytelsen på sin leveranse.

Leverandørene av vinduer, solskjerming og fasadesystemer utfører beregninger av egenskapene til sine produkter i henhold til internasjonale standarder ofte med egne verktøy. I det følgende gis en kort beskrivelse av de viktigste standardene og noen av verktøyene som finnes nevnes.

Solvarme, lys- og strålingstekniske data på glass og solskjerming

NS-EN 13363-1:

Denne standarden angir en forenklet metode for å beregne strålingstekniske data for kombinasjoner av glass og solskjerming. Metoden er enkel nok til at man på basis av separate data på glasset og solskjermingen kan beregne verdier for kombinasjonen av disse med en kalkulator eller Excelark. NS-EN 13363-2 angir metode for detaljert beregning av sol og lystransmisjon.

ISO 15099:
Denne standarden angir en nøyaktig måte for beregning av varme- og strålingstekniske verdier for kombinasjoner av glass og solskjerming. Beregningene tar hensyn til solvinkel, solinnstråling, temperaturer, ventilering av mellomrom og overgangsmotstander. Slike beregninger kan kun utføres med et dataprogram, og blant de programmene som baserer seg på denne standarden er:

- ParaSol er et svensk program til beregning av varme- og strålingstekniske verdier på
- kombinasjoner av glass og solskjerming. http://www.ebd.lth.se/english/software/parasol/
- WINDOW, et program utviklet ved Lawrence Berkeley Laboratory.
- WIS, TNO Nederland

Denne standarden beregner også U-verdier for vinduer og sammensatte konstruksjoner. Standarden gir mulighet for dokumentasjon av for eksempel g-verdier i henhold til standard rammebetingelser og virkelige. Beregningene er relativt tidskrevende og det øker regnetiden svært mye om denne metoden integreres fullt ut i inneklima og energiberegningsprogram. Den detaljerte vindusmodellen i IDA ICE beregner i henhold til ISO 15099, men den tar ikke hensyn til ventilerte mellomrom. Parasol er et eksempel på et program som beregner månedsgjennomsnittlig g-verdi for brukerdefinerte løsninger. Disse verdiene kan så benyttes i inneklima og energiberegninger. Enkelte løsninger som faste horisontale lameller bør imidlertid allikevel alltid regnes korrekt geometrisk time for time da denne løsningen periodevis vil gi direkte sol. Det samme gjelder løsninger med vribare lameller som regulerer etter «Cut off», dvs. stiller seg inn akkurat der en ikke får direkte solstransmisjon.

NS-EN 410:
Strålingstekniske data for glass beregnes etter NS-EN 410 som angir et standard spektrum av strålingsbølgelengder som skal benyttes i beregninger og målinger. Det er definert at denne strålingen treffer normalt på glasset, slik at alle strålingstekniske verdier som glassleverandører oppgir gjelder når sola står vinkelrett mot glasset.

U-verdi og varmetap for vindu og solskjerming

Solskjerming kan i større eller mindre grad påvirke varmetapet gjennom vinduer og derved også deres U-verdi.

U-verdien som leverandører oppgir for glass er beregnet etter standardbetingelser definert i NS-EN 673, men i realiteten varierer varmetapskoeffisienten med grensebetingelser som temperaturforskjeller og luftens bevegelseshastighet på inn og utside. U-verdien i henhold til standarden gjelder forhold som tilsvarer en overskyet natt, så for soleksponerte glass og solskjerminger vil denne U-verdien være for høy.

Dersom en søker å optimalisere fasaden og hensynta slike forhold kan det benyttes dynamiske beregningsmetoder av egenskapene. Dette stiller imidlertid store krav til både simuleringsprogram og den som utfører simuleringene.

NS EN 10077 gir metoder for beregning av samlet U-verdi for vindu og solskjerming eller skodder sammen, se også 3.3.4. Innvendig solskjerming kan redusere varmetapet igjennom et vindu ved f.eks. å danne stillestående luftlag eller ha lavemisjonsbelegg. Utvendig solskjerming kan skjerme vinduer for vind og utstråling mot kald nattehimmel, og for eksempel kan utvendige skodder gi betydelige forbedringer av varmeisolasjonen på glass med høy U-verdi. På gamle glass kan gode skodder teoretisk redusere varmetapet om natten med opptil en 50 %, mens for nye gode isolerglass er reduksjonspotensialet for varmetap begrenset til 5-10%. Se også **Figur 19**.

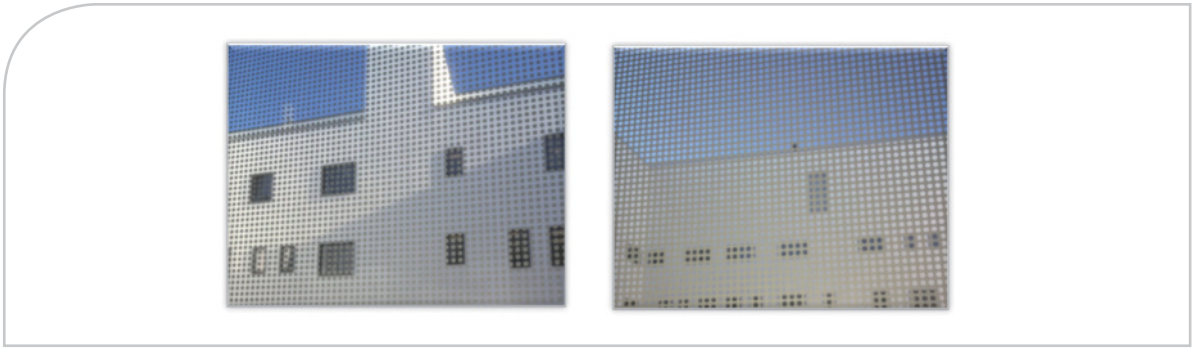
3.4.3 DOKUMENTASJON VED LABORATORIE TESTER

Enkelte løsninger kan være krevende å dokumentere ved beregninger. I slike tilfeller kan det være et godt alternativ å utføre målinger i stedet. Målinger bør utføres i et akkreditert laboratorium som har erfaring og kompetanse innen slike målinger.

Det finnes enkelte laboratorier i Europa som kan utføre laboratorietester av de beskrevne verdiene. Fraunhofer Institut fur Bauphysik og Ift Rosenheim i Tyskland arbeider med forskning innen feltet og utfører målinger av alle disse parameterne. Glassfasadene i korridorene på Nytt Østfoldsykehus skulle ha glassfasader med silketrykk med henholdsvis 66 og 34 % andel av silketrykk.

Det ble benyttet ulike glasstyper og ulik grad av silketrykk avhengig av behov i de enkelte fasader. g-verdi og overflatetemperatur på glass med silketrykk ble testet på Fraunhofer Instituttet i Stuttgart. Metoden som er benyttet er kort beskrevet i: *http://www.ibp.fraunhofer.de/content/dam/ibp/en/documents/Flyer-g-Wert-Mar2010-Eng._tcm1021-93456.pdf*

Resultatene er vist i **Tabell 3**.



Figur 25: *Fasade på Nytt Østfoldsykehus med henholdsvis 34 og 66 % silketrykk.*

PROD NO		#4	#3	#1
g - målt		0,19	0,28	0,31
Utside temperatur		37,4	35,7	36,5
Innside temperatur		26,7	28,8	27,5
andel silketrykk	%	66	34	34
Solstråling	W/m^2	750	750	750
Utvendig temperatur	°C	25	25	25
Innvendig temperatur	°C	25	25	25
Utvendig varmemotstand	m^2K/W	0,04	0,04	0,04
Innvendig varmemotstand	m^2K/W	0,13	0,13	0,13
Utvendig		Sunguard 62/34	Sunguard 62/34	ESG med trykk, ca 34%
Midten		66 % trykk	ESG med trykk, ca 34%	Sunguard 62/34
Innvendig		ESG	ESG med trykk, ca 34%	VSG laminert sikkerhetsglass

Tabell 3: *Resultat av målinger av g-verdi og overflatetemperaturer for glass med silketrykk.*

4. Typer solskjerming

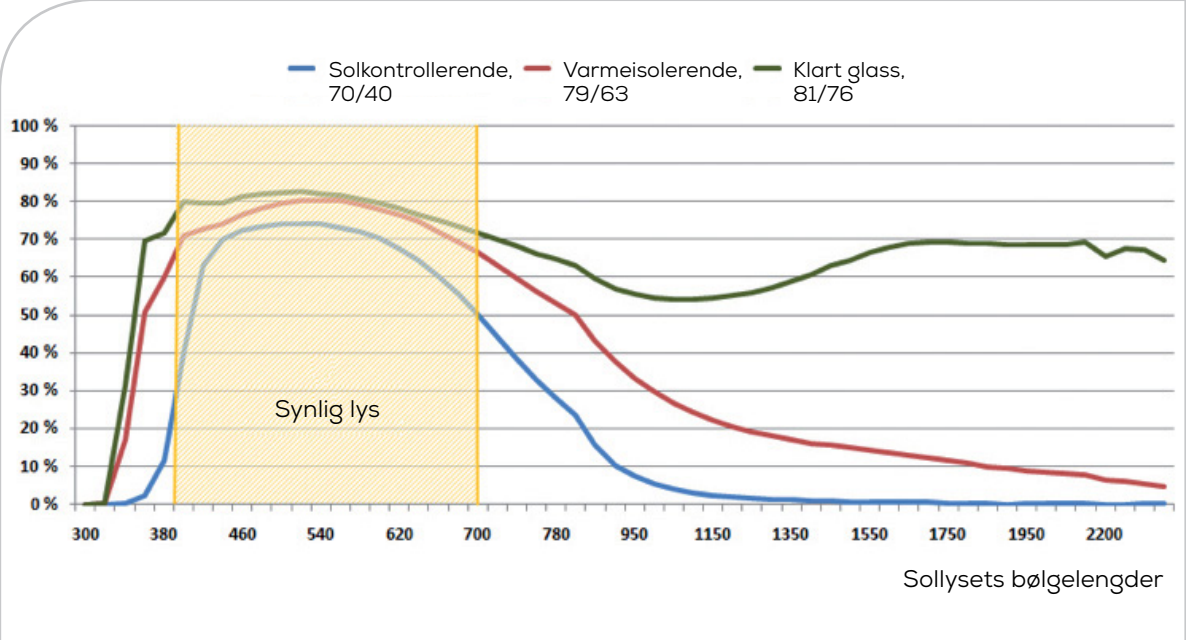
Vi har valgt å dele inn dette kapitlet i solskjerming med ikke regulerbar soltransmisjon og solskjerming som kan regulere soltransmisjon fordi regulerbarheten har svært stor innflytelse på både termisk komfort, visuell komfort og energibruk.

4.1 SOLSKJERMING MED IKKE REGULERBAR SOLTRANSMISJON

Ikke regulerbar solskjerming har den fordel at den er innebygget i konstruksjonene og er slik sett passive robuste tiltak. Det er ingen bevegelige deler, noe som medfører lave vedlikeholdskostnader. Ulempene er at de ofte permanent reduserer dagslystilgangen og i hele eller deler av året eller døgnet ikke skjermer direkte stråling.

4.1.1 GLASS

Solbeskyttelsesglass
Solbeskyttelsesglass kan være enten belagte eller gjennomfarget. Belagte glass kan enten være speilende for alle bølgelengder, eller solkontrollerende typer som selekterer bølgelengder og har stor transmisjon av synlig lys men lav transmisjon av øvrige bølgelengder. En tommelfingerregel er at disse har dobbelt så høy lystransmisjon som soltransmisjon. Det er denne typen glass med selektive belegg som er mest brukt i Norge i dag.



Figur 26: *Transmisjonsgrad for solstrålingens ulike bølgelengder for klart glass (grønn), energispareglass (rød) og solbeskyttelsesglass (blå).*

Figur 27: *Solcellefasaden på Operaen i Oslo fungerer som solskjerming. Maks solstrøm effekt ca 30 kW.*

Foto: SCHÜCO International KG.

Silketrykk og solceller

Disse løsningene gir en arealbasert reduksjon i transmittert solvarme, og ingen selektiv reduksjon av ulike bølgelengder med mindre det kombineres med belagte glass. Det betyr at fargegjengivelsen ikke påvirkes, men at det er en visuell påvirkning på inn-/utsyn.

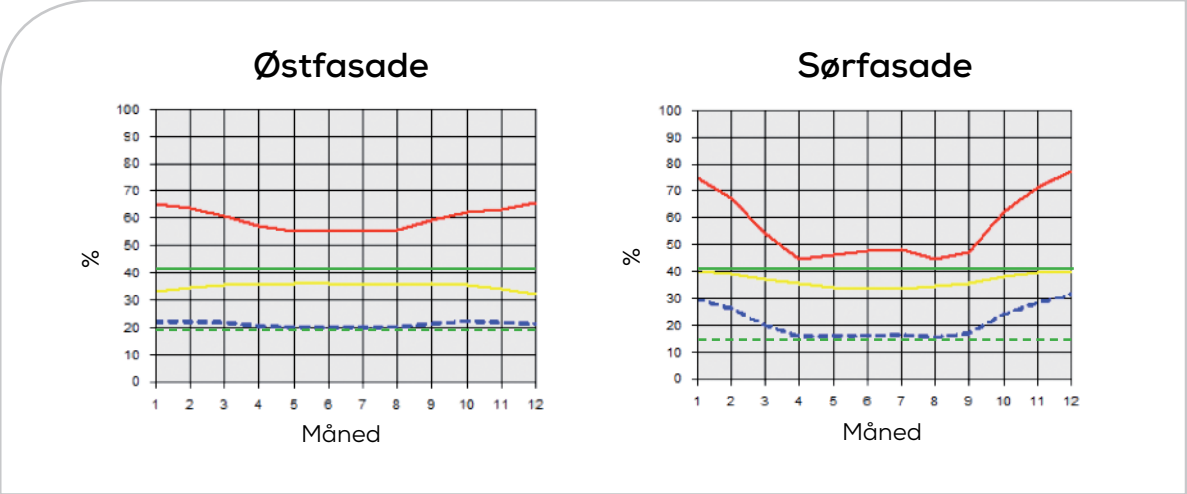
Mot nord finnes en lignende fasade på Operaen med solcellefasaden vist i **Figur 27**, men her er det silketrykk.

4.1.2 FAST UTVENDIG SOLSKJERMING

Fast solskjerming kan være fordelaktig med hensyn til pris, robusthet, drift og vedlikehold. Siden solskjermingen ikke kan styres, må det finnes et godt kompromiss med hensyn til hvilke egenskaper som ønskes i de ulike årstidene og værforholdene. En god strategi for fast

Figur 28: *Faste horisontale lameller, Lunderkroken Billingstad, vertikale lameller, Teknisk museum i Oslo.*

Foto: Solskjemingsgruppen



Figur 29: *g-verdier for faste horisontale lameller i 15 grader vinkel på en øst- og sørfasade.*

solskjerming kan være å tilpasse den til å gi ulik skjerming ved ulike solhøyder.
Figur 29 vises beregninger etter ISO 15099 av g-verdier for faste horisontale lameller i 15 grader vinkel på en øst- og sørfasade. Beregningene er utført med programmet Parasol.

- Gul linje viser sesongavhengig g-verdi for glass uten lameller, mens grønn heltrukken viser leverandørberegnet g-verdi
- Blå stiplet viser total g-verdi for glass og lameller og grønn stiplet linje viser hvilken g-verdi leverandør skal oppgi for solskjermingsløsningen
- Rød linje viser den relative effekten av solskjermingen gsystem/gvindu

Denne løsningen vil i perioder ha høy lystransmisjon og en vil ha behov for blendingskontroll, for eksempel innvendig solskjerming i tillegg for å kunne redusere lystransmisjonen til under 10 %.

4.1.3 VEGETASJON, NABOBYGG OG LANDSKAP

I mange situasjoner vil vintergrønn vegetasjon, nabobygg og landskap kunne fungere som solskjerming. De vil også sterkt kunne redusere dagslysforholdene i bygget og det må derfor planlegges detaljert for å ivareta et godt inneklima.

4.2 SOLSKJERMING SOM KAN REGULERE SOLTRANSMISJON

Solskjerming der en kan regulere soltransmisjonen kan benyttes til å optimalisere fasaden med hensyn på dagslys, termisk komfort og energibruk.

4.2.1 JUSTERBARE GLASS

Det finnes i dag blant annet elektro- og fotokromme glass hvor soltransmisjonen kan justeres. Prisnivået er fortsatt relativt høyt.

4.2.2 UTVENDIG BEVEGELIG SOLSKJERMING MED FAST SOLTRANSMISJON

Med bevegelig solskjerming med fast soltransmisjon menes solskjerming som kan aktiveres eller deaktiveres, men uten videre reguleringsmuligheter av soltransmisjonen og relativt konstant g-verdi uavhengig av solens vinkel.

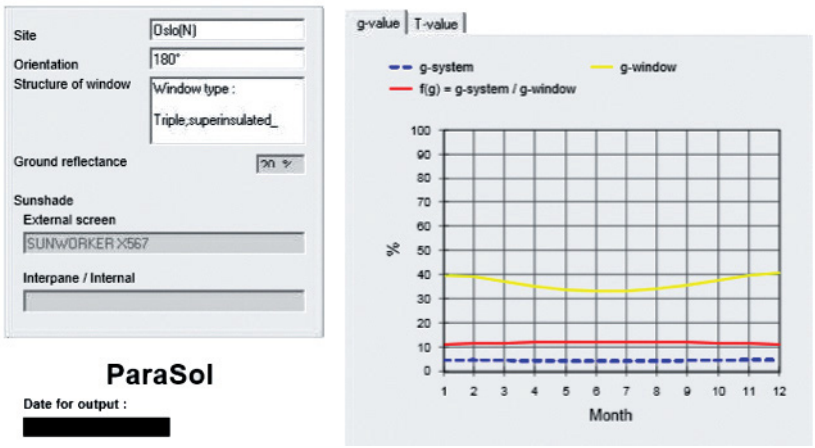
For alle kombinasjoner av glass og solskjerming har solvinkelen betydning for hvor mye varme som blir transmittert, men for noen solskjermingsvarianter som for eksempel duker er solvinkelens

Figur 30: *Ulike løsninger med solskjermingsduk, Screen på Rud skole (t.v.) og Markisoletter på Sætre skole (t.h.).* Foto: solskjermingsgruppen

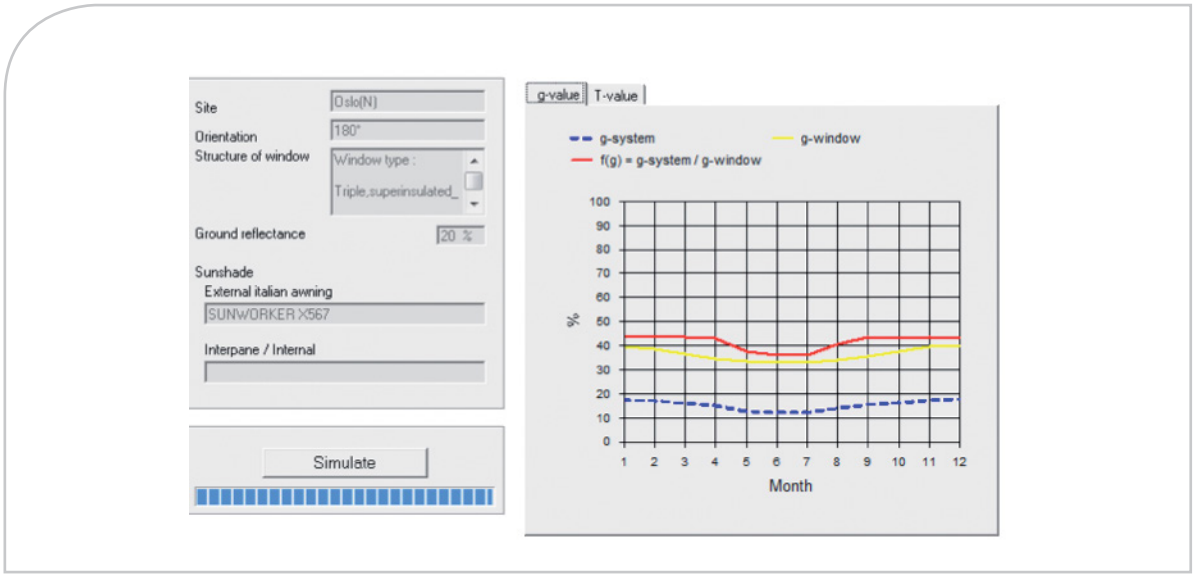
betydning så moderat at g-verdien kan regnes tilnærmet konstant.
Løsningen til venstre i **Figur 30** som dekker helt vil gi best solbeskyttelse, men lite utsyn.
I noen tilfeller løses dette ved å velge en duk som er noe transparent. Dette vil samtidig svekke solskjermingsegenskapene. Løsningen til høyre vil kunne gi noe utsyn og dagslys avhengig av hvor langt ned knekken ligger.

Figur 31 og **Figur 32** viser eksempler på g-verdier for to ulike solskjermingsduker. Den tette duken skjermer godt mot sol. Solskjermingsegenskapene er tilnærmet konstante over året. Den vil fremstå som relativt mørk og med lite utsyn.

Duken med knekk skjermer relativt sett dårligere enn den tette, men vil gi mer lys og utsyn. Den skjermer bedre om sommeren med høy solvinkel enn om vinteren.



Figur 31: *Eksempel på g-verdi for vindu med utvendig tett duk som til venstre i Figur 30.*



Figur 32: *Eksempel på g-verdi for vindu med utvendig duk med en knekk midt på slik at den er som en markise nedenfor knekken som til høyre i Figur 30.*

4.2.3 UTVENDIG REGULERBAR SOLSKJERMING MED JUSTERBAR SOLTRANSMISJON

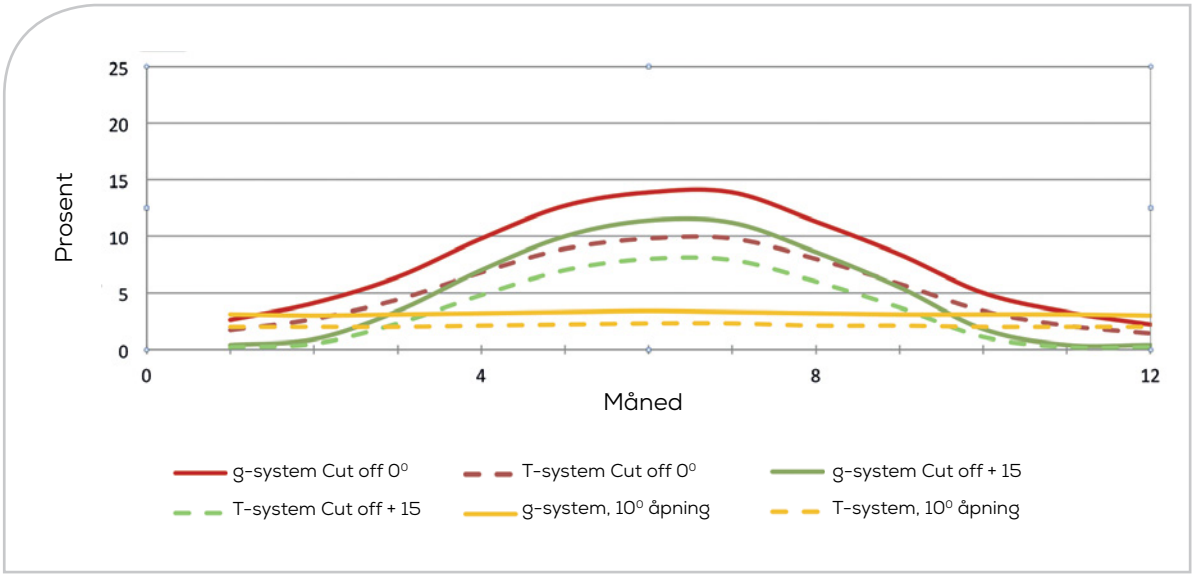
En dynamisk regulerbar solskjerming kan ikke bare styres av og på, men også regulere størrelsen på soltransmisjonen. Regulering av solskjermingen gjør at man under ulike forhold kan søke det optimale kompromisset mellom dagslys og utsyn på den ene side og varmebeskyttelse på den andre. Den mest brukte løsningen er horisontale persienner med vribare lameller. Systemer med vertikale vribare lameller kan også være aktuelle. Disse kan gi godt dagslysinnslipp. For at løsningene gir godt dagslys også på overskyede dager er det viktig at de kan fjernes helt når det er overskyet.

Den vanligste løsningen er at vinkelen på persiennene styres i forhold til innfallsvinkelen på sola. Vi har regnet på tre eksempler:

1. Persienner med lameller i nesten fullstendig lukket posisjon (80° lamellvinkel når 0° er definert som åpen posisjon med horisontale lameller).
2. Persienner med lameller justert i «cut off-vinkel», d.v.s. den vinkelen som akkurat skjermer direkte sol.
3. Persienner lukkes med 15° mer enn «cut off-vinkel».

Alternativ 3 vil gi noe mindre blendingsrisiko enn 2. Dersom solhøyden er 60° vil normalt 2. gi en helningsvinkel på lameller på 30° og 3. gi 45° i forhold til horisontalt.

En persinneløsning som lukker til lamellvinkel 70° ville kunne gi en g-verdi på under 6 %, men det gir lite utsyn og dagslys. Beregningene viser relativt stor forskjell i g-verdien mellom alt. 2 og 3, spesielt om sommeren hvor «Cut off-vinkel + 15°» gir bedre g-verdi om sommeren enn cut off-vinkel. En løsning kan derfor være å benytte større lamellvinkel enn cut off om sommeren og ikke om vinteren. Styringsprinsippet er enkelt å installere dersom en har motorstyrte persienner, men relativt lite brukt.



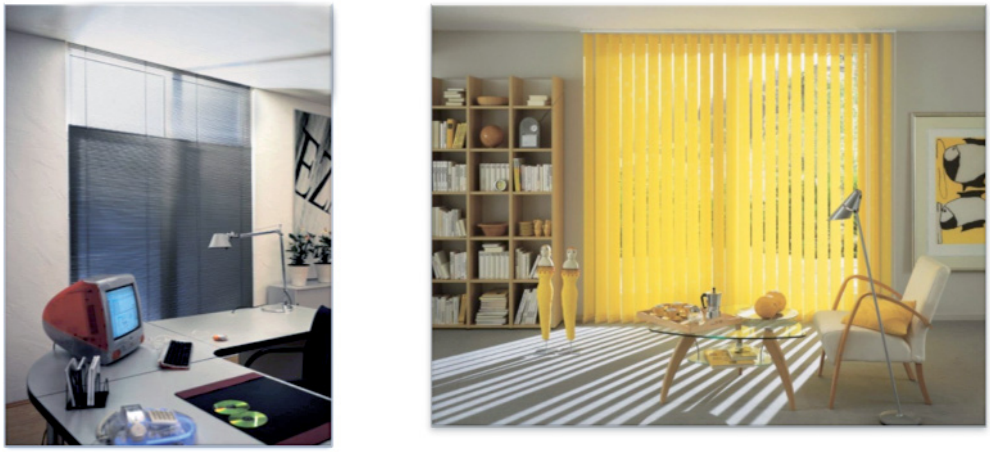
Figur 33: *Transmisjon gjennom persienner i nesten lukket posisjon, som styres etter cut off og cut off vinkel + 15°.*

4.2.4 INNVENDIG SOLSKJERMING

Det finnes stor variasjonsrikdom i typer innvendig solskjerming. Ettersom utviklingen går i retning av bedre og bedre varmeisolerte bygningsglass, så vil innvendig solskjerming relativt sett bli mindre effektiv som varmekontroll, men vil likevel fylle mange viktige solskjermingsfunksjoner:

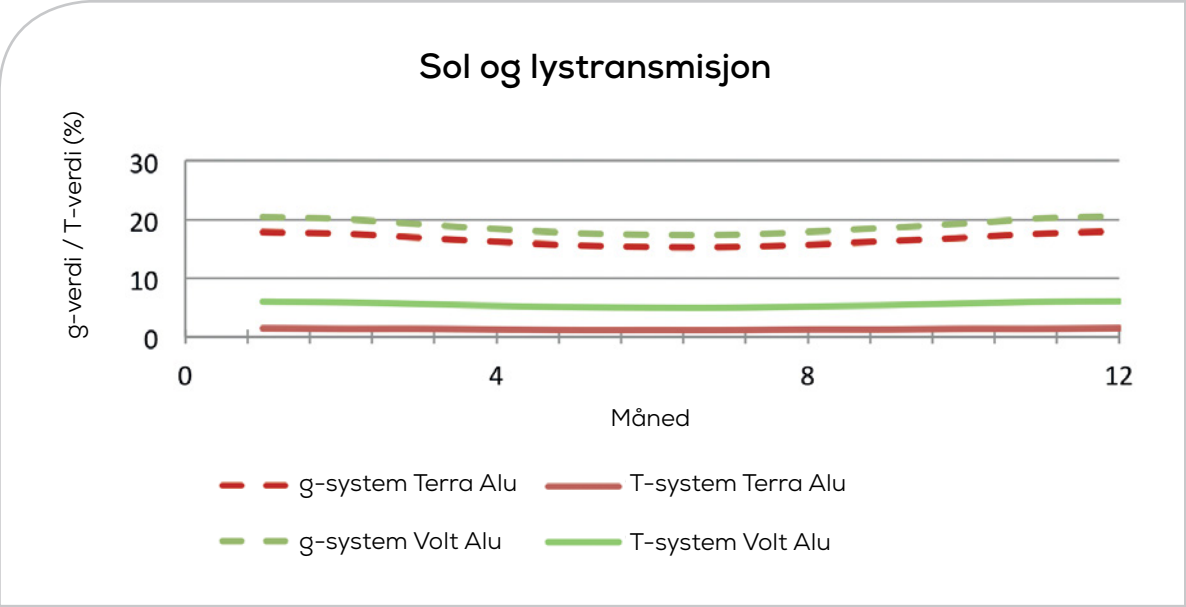
- Blendingskontroll
- Mørklegging
- Utsyn/innsyn
- Hindre direkte stråling

Det finnes også løsninger med varmeisolerende egenskaper. De kan ha lavemitterende belegg og må kunne festes til vinduet slik at minimalt luftutskifte mellom vindu og solskjerming oppstår.



Figur 34: *Eksempler på regulerbare innvendige solskjerminger som både kan hindre blending og slippe inn lys.*

Foto: Solskjermingsgruppen



Figur 35: *g-verdi og direkte soltransmisjon for vindu med to ulike typer relativt tett innvendig hvit reflekterende solskjerming. g-verdi glass 33%.*

G-verdien for glasset i eksempelet i **Figur 35** er 33%. Som det fremkommer av **Figur 35** forbedrer solskjermingen g- verdien kun med ca 30 % for dette tilfellet. Med vinduer med solbeskyttelse kan det bli enda mindre. I tilegg vil en her få svært høye overflatetemperaturer fordi solskjermingen er tett. Dersom en skal oppnå g-verdier i på 0,15 med innvendig solskjerming må mesteparten av solskjermingen legges i glasset. Dette medfører mørkere vinduer og dårligere dagslysforhold. En løsning med utvendig solskjerming vil gi bedre forhold både med hensyn på lys, temperatur og energi.

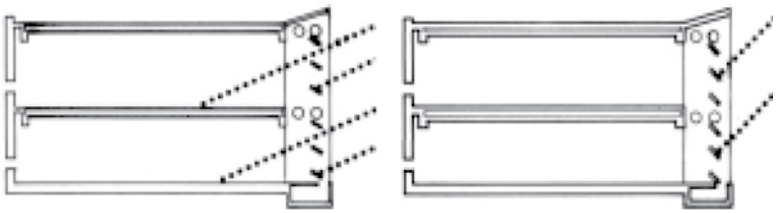
4.2.5 MELLOMLIGGENDE SOLSKJERMING - KLIMABUFFER

Valg av mellomliggende solskjerming kan være begrunnet med en eller flere av følgende egenskaper:

- Beskyttet solskjerming trenger mindre robusthet og kan være av billigere kvalitet
- Beskyttet solskjerming trenger mindre renhold og vedlikehold
- Solskjerming er vindbeskyttet og fungerer også ved sterk vind
- Mindre arkitektonisk påvirkning enn utenpåliggende solskjerming
- Klimabuffer for å bedre energibruk og/eller inneklima

Alternativet til å bruke solskjerming som skjermer bygget mot solinnstrålingen, kan være solskjerming som brukes til å skape fasader som akkumulerer solvarme. Drivhuseffekten kan utnyttes til å omskape fasaden til en gunstig klimabuffer.

Direkte soltransmisjon gjennom glasset vil kunne gi størst solvarmetilskudd i oppvarmingssesongen, men kan føre til inneklimaproblemer for de som oppholder seg i nærheten av fasaden. Solabsorberende fasader som for eksempel doble fasader vil derimot «fange» solvarmen på utsiden av klimaskjermen og ha mindre direkte påvirkning på inneklimaet. Man har muligheten til å slippe igjennom direkte transmittert solvarme eller fange den i fasaden for å redusere varmetapet.



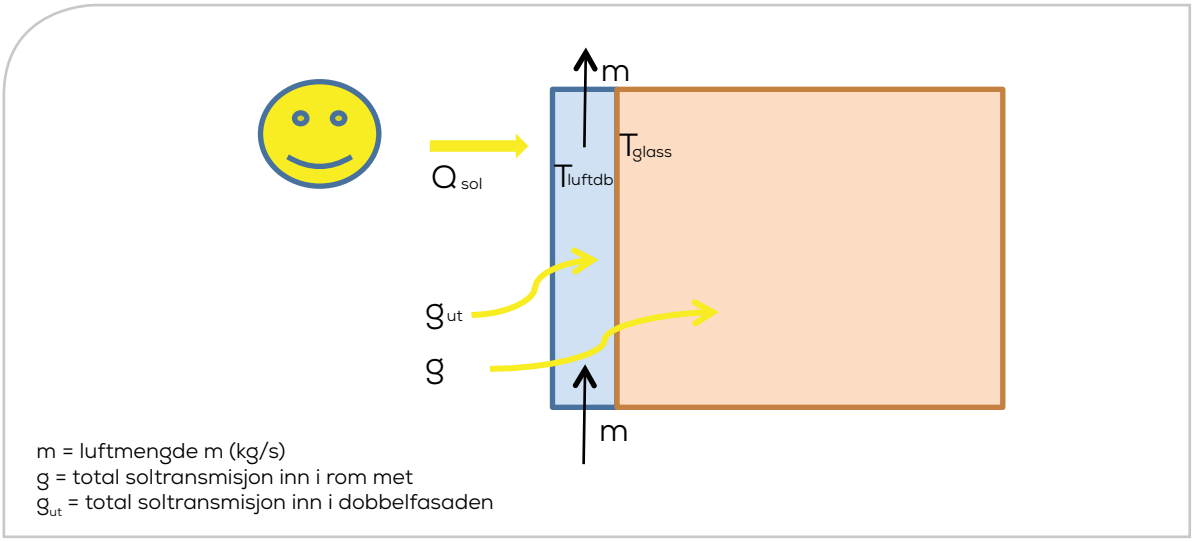
Doble glassfasader:
Det finnes mange typer doble glassfasader med stor variasjon av egenskaper, men noen av disse løsningene har til hensikt å være en klimabuffer som reduserer byggets energibruk. Den store majoriteten av doble fasader har klimaskjermen i den innerste fasaden og et fasademellomrom med solskjerming som er ventilert mot ute.

Med doble fasader med styrbare ventilasjonsåpninger og solskjerming har man utvidete muligheter for å regulere hvor mye varme som fanges i fasademellomrommet, ventileres bort eller transmitteres direkte gjennom fasaden. Det gir muligheter for optimal regulering av fasadens egenskaper for best mulig inneklima og lavest mulig energibruk.

Doble fasader med 1-lags + 2-lags glass får oftest dårligere U-verdi enn enkle fasader med 3-lags glass. Årsaken til det er økte kuldebroer i den doble fasaden samt at den enkle fasaden kan ha de beste lavemitterende beleggene og varmeisolerende gasser og redusert konveksjon mellom glassene.

Doble fasader må alltid kunne ventileres fordi en må kunne fjerne varmeoverskuddet i hulrommet enten ved naturlig ventilasjon mot ute eller ved avtrekk fra bygget til ventilasjonssystemet. I siste tilfelle kan varmeoverskuddet gjenvinnes og utnyttes til oppvarming der det er behov. Det er avgjørende at luftmengden er tilstrekkelig til at en får en lufttemperatur som gir en akseptabel g-verdi.

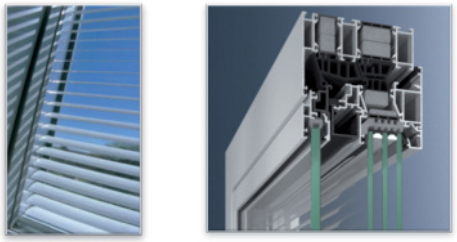
Figur 36: *Klosterenga Økologiboliger er et eksempel på dobbel fasade som sikrer godt daglys og god termisk komfort. Denne fasaden har solbesyttelsesglass ytterst.*



Figur 37: *Prinsipp dobbeltfasade.*

Følgende angir en prosedyre for forenklet dokumentasjon av dette:

Beregn maksimal akseptabel total soltransmisjon, g-verdi for fasaden	• Bestemmes ved beregning av termisk komfort i rommet med program som SIMIEN eller IDA ICE
Beregn maksimal overflatetemperatur på innsiden av glass eller solskjermng	• Beregn termisk komfort for en som oppholder seg nært fasaden. Ta hensyn til både overflatetemperaturer og direkte solstråling. • Gjøres ved manuell beregning og eller detaljerte programmer som IDA ICE el.l • Disse beregningene gir maksimal overflatetemperatur og direkte soltransmisjon, t_{dir}
Beregn maksimal lufttemperatur i hulrom som skal luftes	• Beregnes ved enkel varmeovergangsberegning fra overflate mot bestemt av trinnet over inn til hulrommet. Den energien som gis inn til rommet ved konveksjon og langbølget stråling er: • $Q_{inn} = (g - t_{dir})Q_{sol} = h\ (T_{luftdb}-T_{glass})$, h er bestemt av varmovergangstallet mellom luft og glass mot rom i dobbelfasaden samt glasskonstruksjonen mellom luftrom og inne.
Beregn minimum luftmengde gjennom luftrommet i dobbelfasaden	• Differansen mellom den solenergien som kommer inn i luftrommet og den som kommer inn i rommet innefor må fjernes med lufting. Gitt g_{ut} er g-verdi for den ytre delen av dobbelfasaden. Denne er bestemt av valgt glass. Om vi lufter med uteluft har vi da: $Q_{so}l^*(g_{ut} - g) = m\ c_p * (T_{luftdb} - T_{ute})$. Luftmengden m er bestemt av denne likningen.
Beregn nødvendig tykkelse på dobbelfasade, avstand mellom luker samt minimum åpningsareal	• Benytt formelverk for naturlig oppdrift og beregn nødvendig bredde på dobbelfasade, avstand mellom glass og størrelse på åpningsluker.



Figur 38: *Lameller forseglet i glasset og i koblet vindu.*

Integrert eller mellomliggende solskjerming:
Integrert solskjerming kan enten ligge i et forseglet rom som for eksempel i et isolerglass, eller i et ventilert mellomrom som for eksempel varevinduer eller koblede vinduer.
Hvis solskjermingen ligger i et ventilert mellomrom, så kan det være av stor betydning om det er ventilert mot inne eller ute.

For solskjerming i dårlig ventilerte mellomrom og særlig i forseglede mellomrom kan det oppstå høye temperaturer ved sterk solbelastning. Det kan være belastende på materialer, men kan også medføre forhøyede overflatetemperaturer inn mot rom og medføre høye operative temperaturer.

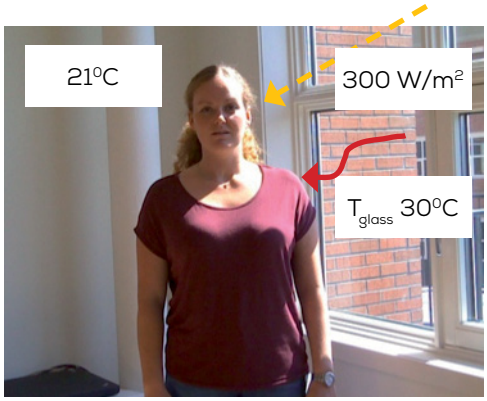
4.2.6 VEGETASJON
Løvfellende vegetasjon kan brukes som en sesongvis solskjerming. Den vil imidlertid ofte ikke beskytte tilstrekkelig om vinteren. Moderne godt isolerte hus får raskt et varmeoverskudd også om vinteren.

5. Solskjerming, inneklima og energi

5.1 TERMISK KOMFORT

Termisk komfort er definert som en sinnstilstand der en føler behag i forhold til de termiske omgivelser. Komforten avhenger derfor blant annet av personens aktivitet, bekledning og de termiske fysiske omgivelsene. De termiske fysiske omgivelsene defineres gjerne ved hjelp av operativ temperatur, strålingsasymmetri og lufthastighet. Kravspesifikasjoner stiller gjerne krav til disse parameterne.

Operativ temperatur regnes som oftest som middelverdien av lufttemperaturen og midlere strålingstemperatur fra omgivelsene. Den påvirkes også av direkte varmestråling.



Figur 39: *Operativ temperatur påvirkes av lufttemperatur, varmestråling fra varmekilder og varme og kalde flater.*

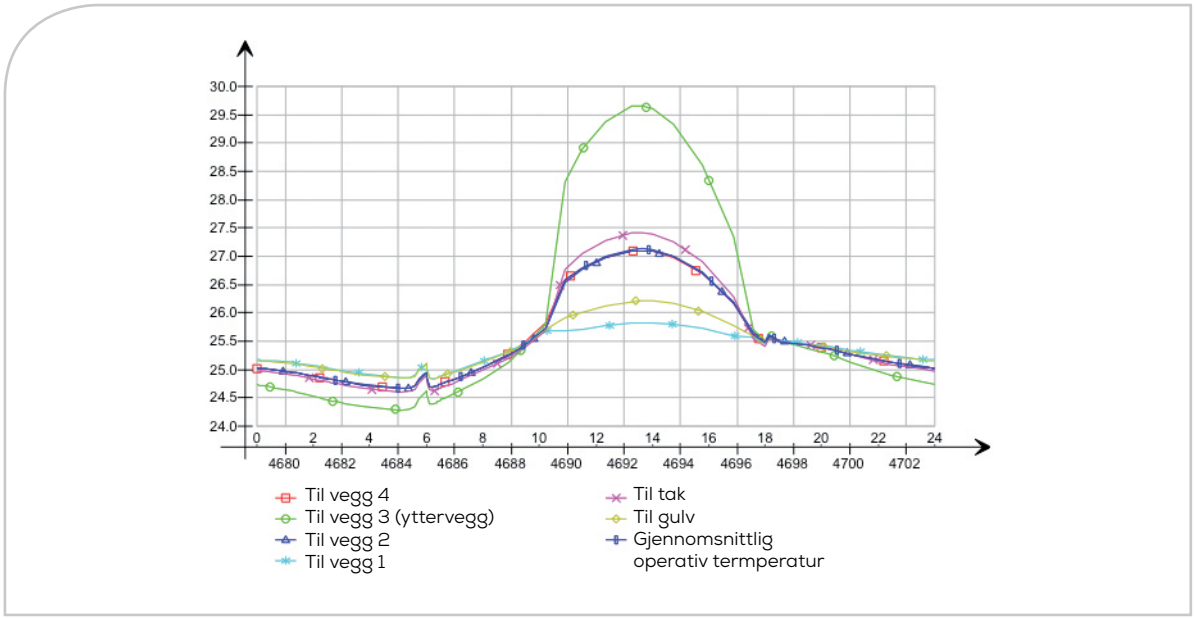
Operativ temperatur regnes ofte som middelet av lufttemperatur og strålingstemperaturen i rommet. Dette er en forenklet betraktning og kan gi et feil bilde av komforten i rommet. Skal en gi et riktig bilde bør en også ta hensyn til hvor personen er plassert i forhold til flatene. Det er eksempelvis varmere å stå nært et varmt vindu enn langt unna.

Styringssystemer regulerer derimot gjerne etter lufttemperaturen og det samme gjør som regel også simuleringsprogrammene.

5.1.1 NÅR SOLA SKINNER

I regneeksempelet vårt i **Figur 14** er lufttemperaturen 25 °C. **Figur 15** viste svært høye temperaturer på innsiden av glasset for enkelte av solskjermingsløsningene og høyest for løsningen med innvendig solskjerming.

Figur 40 viser operativ temperatur og retningsbestemt operativ temperatur for løsningen med innvendig solskjerming for en person som sitter en halv meter fra vinduet.



Figur 40: *Operativ temperatur og retningsbestemt operativ temperatur i markert punkt i Figur 14 for løsning med innvendig solskjerming.*

Retningsbestemt operativ temperatur er en operativ temperatur regnet for en halvkule i en gitt retning og gir således et utrykk for en lokalt følt operativ temperatur.

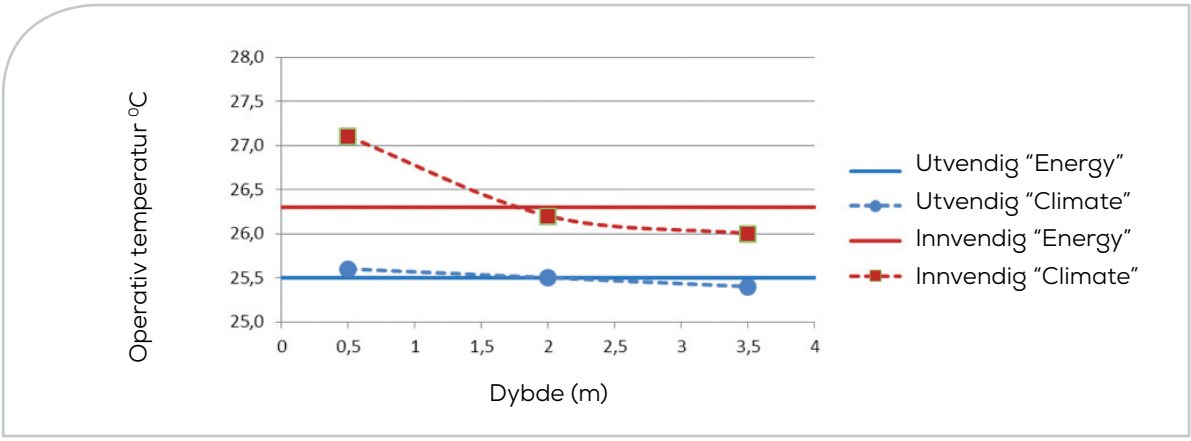
Som det fremkommer i **Figur 40** kommer operativ temperatur opp i 27 °C og retningsbestemt mot vinduet er 29,5 °C i markert punkt i **Figur 14**. Dette er temperaturer som ligger over forskriftskrav og som de fleste vil oppleve som ukomfortable selv om lufttemperaturen er under 26 °C.

Komforten i rommet er avhengig av overflatetemperaturene og personens plassering i forhold til flatene. **Figur 41** viser operativ temperatur som funksjon av dybden i rommet beregnet for utvendig og innvendig solskjerming med to ulike simuleringsmodeller i programmet IDA ICE. Lufttemperaturen er 25 °C i alle tilfellene.

Modell Energy regner slik de fleste simuleringsprogrammer benyttes i dag og tar ikke hensyn til variasjon i rommet. Modell Climate regner på variasjonen i rommet og vi ser tydelig hvordan vi med en innvendig solskjerming får stor variasjon i operativ temperatur avhengig av dybden i rommet, mens en ikke får slik variasjon med en utvendig solskjerming. Dette samsvarer med praktisk erfaring fra byggeprosjekter.

Som vi så i **Figur 41** er den gjennomsnittlige operative temperaturen beregnet for løsningen med innvendig solskjerming til 26,3 °C, mens den i virkeligheten varierer mellom 27 og 26 °C innover i rommet. Fremstillingsmåten med gjennomsnittlig operativ temperatur i et rom kan derfor skjule lokalt høye eller lave temperaturer som kan skape lokal diskomfort. Spesielt i store kontorlandskap og klasserom som kan være vesentlig dypere enn 6 m er det viktig å planlegge i forhold til dette. Den utvendige solskjermingen gir ikke denne variasjonen i rommet.

Som vi så i **Figur 15** får de ulike solskjermingsløsningene svært ulike overflatetemperaturer, de vil derfor også gi ulike operative temperaturer til tross for lik maksimal romlufttemperatur.

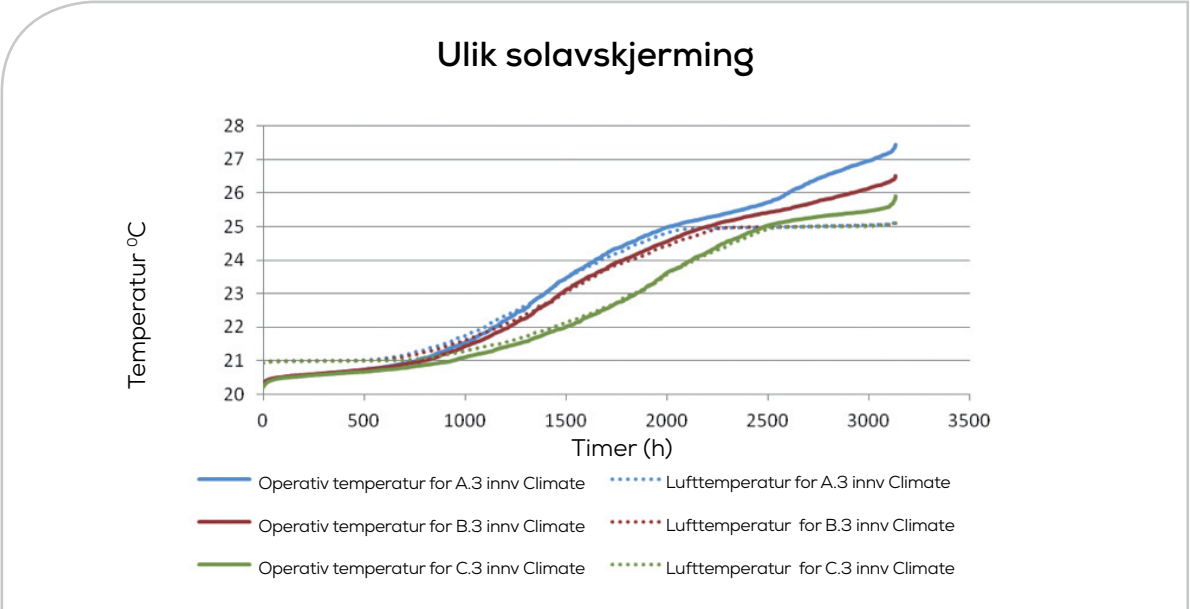


Figur 41: *Operativ temperatur for ulike solskjerminger som funksjon av dybden i rommet for to ulike solskjerminger beregnet med to ulike simuleringsmodeller.*

En fremstilling av varighetskurven for temperaturene i kontoret med de ulike løsningene viser kvalitetsforskjellene vi har ved de ulike løsningene. Et varighetsdiagram viser hvor mange timer temperaturen er under en gitt temperatur. **Figur 42** viser varighetskurven for lufttemperaturen og den gjennomsnittlige operative temperaturen for de ulike løsningene. Som det fremkommer av figuren er lufttemperaturen aldri over 25 °C for noen av løsningene. Derimot er det stor forskjell på operativ temperatur.

Som det fremkommer av **Tabell 4** er det store forskjeller i kvaliteten på den termiske komforten ved de ulike løsningene. Dette får konsekvenser for både trivsel og produktivitet hos brukerne av lokalet.

Det anbefales å stille krav til varigheten på den operative temperaturen på ulike nivåer for å sikre god kvalitet over året. Det bør også stilles krav til å dokumentere komforten både ved fasaden og lenger inn i rommet.



Figur 42: *Lufttemperatur og Operativ temperatur for de ulike solskjermingsløsningene.*

	ANTALL TIMER UNDER 22 °C	ANTALL TIMER UNDER 24 °C	ANTALL TIMER UNDER 26 °C	MAKSIMAL OPERATIV TEMPERATUR
Innvendig	1138	1644	2599	27,4
Mellomliggende	1217	1781	2904	26,5
Utvendig	1495	2119	alltid	25,9

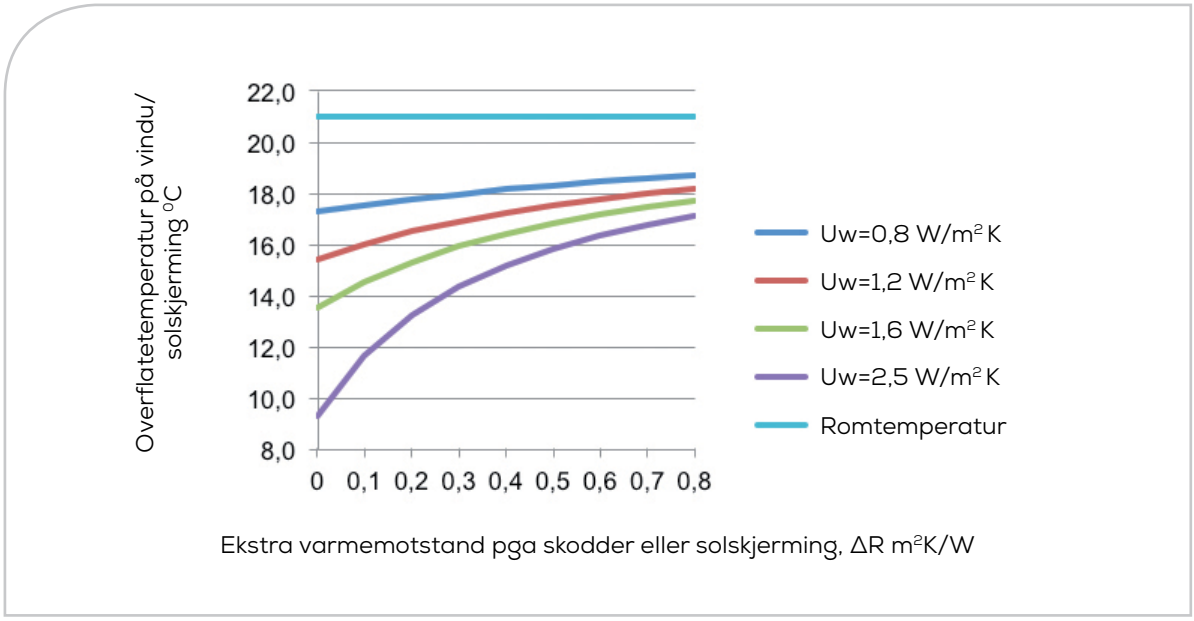
Tabell 4: *Antall timer i brukstiden den gjennomsnittlige operative temperaturen er under en gitt verdi.*

5.1.2 TERMISK KOMFORT NÅR DET ER KALDT UTE

Selv om dagens vinduer er betydelig bedre enn hva de var tidligere har de fortsatt flere ganger høyere spesifikt varmetap enn vegger, tak og gulv. Det påvirker ikke bare varmetapet, men også komforten. Solskjerming kan benyttes som nattisolasjon og vil da samtidig forbedre komforten i et lokale.

Figur 43 viser overflatetemperaturen på vindu/innvendig solskjerming som funksjon av ekstra varmemotstand for 4 ulike vinduskvaliteter ved utetemperatur -15 °C og innetemperatur 21 °C. Figuren viser tydelig at alle vinduene har vesentlig lavere overflatetemperatur enn romlufttemperaturen og at alle har effekt av ekstra isolasjon.

Effekten er størst for de dårligste vinduene og vil kunne være et vesentlig bidrag for komforten. I slike bygg har en imidlertid ofte brede ovner under vinduene som kompenserer for stråling og trekk. Vinduer med U-verdi på 0,8 W/m²K er hva som gjelder for passivhusstandard.



Figur 43: *Overflatetemperatur på vindu som funksjon av ekstra varmemotstand ved romtemperatur 21 °C og utetemperatur -15 °C.*

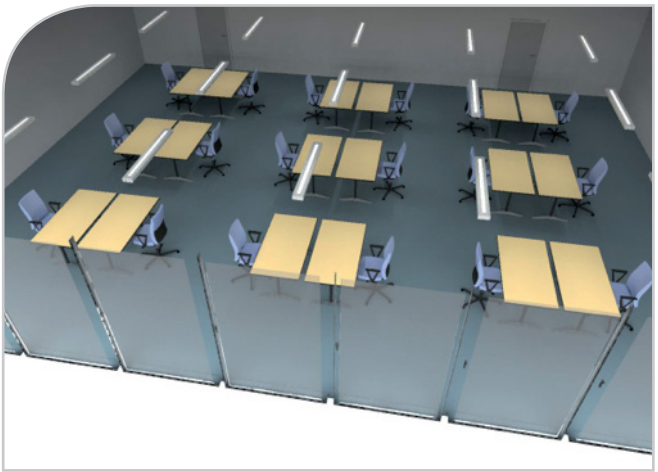
I disse husene har en ofte ikke ovner under vinduene som kompenserer for den lavere overflatetemperaturen og eventuell trekk. Konsekvensen av diskomfort i slike tilfeller er gjerne at folk øker innetemperaturen. En solskjerming som tilleggsisolerer vil derfor kunne ha en god effekt både på komfort og energibruk også i passivhus.

5.2 DAGSLYS , SOLSKJERMING OG ENERGI

Som vi så i kapittel 3.2.4 vil solskjermingen påvirke dagslysnivået i betydelig grad. Dette vil også påvirke energibehov til belysning dersom man har et daglysavhenging lyssystem. Dersom det antas at kontorlandskapet som ble illustrert i **Figur 10** er utstyrt med pendelarmaturer med 2xT5 lysrør med direkte og indirekte belysning, kreves det en installert effekt på ca. 9,8 W/m^2 for at samtlige arbeidsplasser, illustrert i **Figur 44**, skal ha en vedlikeholdt illuminans på minimum 500 lux.

La oss anta at lyssystemet har en tilstedeværelsessensor som slår lyset automatisk av og på, samt en dagslyssensor som automatisk dimmer belysningen for å vedlikeholde en illuminans på 500 lux på arbeidsplanet. Dersom man gjennomfører en LENI beregning i henhold til NS-EN 15193 (CEN European committee for standardization, 2007) vil dette gi et estimert energibehov til belysning på 13 kWh/m^2 år for en driftstid på 8-16 alle hverdager og 20,2 kWh/m^2 år for en driftstid på 7-19 alle hverdager. En svakhet ved LENI beregningen er at den ikke tar hensyn til bruk av solskjerming og kan derfor regne for lavt energibehov til belysning for rom med utstrakt bruk av glass i fasaden.

Vi har derfor beregnet energibehov til belysning basert på dagslystilgangen fra den klimabaserte beregningen for kontorlandskapet som ble illustrert i **Figur 12**, og ender opp med resultatene gitt i **Tabell 5**. Det skal påpekes at det her blir tatt utgangspunkt i en ideell lysstyring og at energibesparelsen til belysning forårsaket av dagslystilgang kan være noe overestimert.



Figur 44: *Illustrasjon av arbeidsflatene i kontorlandskapet.*

Ut fra **Tabell 5** ser man at bruk av solskjerming vil ha en betydelig innflytelse på energibehov til kunstig belysning. Vi ser også at energibehovet til belysning til dette caset ved denne mer korrekte beregningsmetoden gir et energibehov på henholdsvis 17 og 26,4 kWh/m^2, dvs. 4 og 6,4 kWh/m^2 høyere enn det som regnes med LENI beregningen.

I denne undersøkelsen er ikke energibehov til kjøling evaluert. Det er imidlertid en kjensgjerning at kjølebehovet ofte er stort i rom med store solbelastede glassfasader og at bruk av solskjerming kan bidra til å redusere dette kjølebehovet betraktelig. Ved å moderere bruken av glass i fasaden ville behovet for bruk av solskjerming sannsynligvis vært mindre og man kunne sannsynligvis dratt nytte av dagslyset på en mer effektiv måte. Det ville imidlertid begrense romdybden om dagslysnivåene skal ivaretas samtidig med at vindusarealene begrenses.

Denne undersøkelsen underbygger viktigheten av å evaluere parametere som utsyn, visuell komfort, dagslystilgang, termisk komfort og energibruk på en konsistent måte når man designer en fasade.

Resultatet indikerer også at beregningsmetoden som ligger til grunn for passivhusstandarden (LENI) kan regne for optimistisk på energi til belysning. Mer detaljerte beregningsmåter vil gi høyere verdier. Passivhusstandarden har et maksimalkrav til beregnet belysning. Kravet som ligger innbakt i passivhusstandarden gir derfor ikke incentiv til mer detaljert og korrekt beregning. Dette vil kunne være et hinder for utvikling av fasader som sikrer både termisk komfort, godt dagslys og lavt energibehov i virkelig bruk av bygget.

SOLSKJERMINGSSTRATEGI	**ENERGIBEHOV TIL BELYSNING [kWh/m² år]**	
	Driftstid: hverdager 8-16	Driftstid: hverdager 7-19
Ingen solskjerming	11,5	19,9
Automatisk solskjerming	17,0	26,4
Alltid solskjerming (kunstig belysning alltid fullt på i driftstiden)	20,5	30,7

Tabell 5: *Estimert energibehov til kunstig belysning for automatisk dagslysavhengig lyssystem ved ulike solskjermingsstrategier og driftstider.*

5.3 OPTIMALISERING AV TERMISK KOMFORT OG ENERGI.

Solskjerming påvirker energibruk både til kjøling, lys og varme. Tradisjonelt styres solskjermingen kun etter innstrålt energi og går ned når den overstiger en viss verdi. Dette fører til redusert kjøleenergibehov, men også økt energibehov til varme og lys.

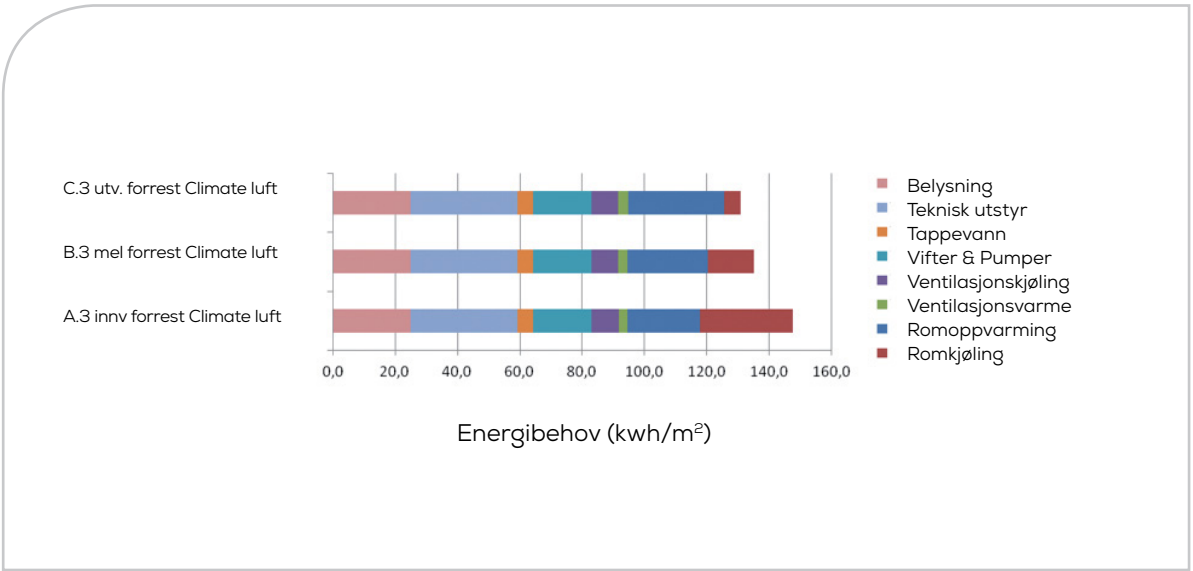
Figur 45 viser totalt årlig energibehov til energi for cellekontoret vist i **Figur 14** regnet på tradisjonell måte og med forutsetninger som i NS3031. Som det fremkommer blir energibruken høyest for løsningen med innvendig solskjerming, men det skyldes kjøleenergien. Om en ikke forutsatte kjøling ville løsningen med innvendig solskjerming kommet best ut. Dette skyldes en svakhet ved beregningsstandarden NS3031 som favoriserer løsninger med dårlig termisk komfort samt svakheter ved simuleringsprogrammene. Kort oppsummert:

- NS3031 anviser at dersom en benytter lokal kjøling er pålagt setpunkt for denne 22 °C, mens dersom en kjøler med for eksempel ventilasjonsluft er setpunktet 26 °C. Det betyr at en får løsninger med helt ulik komfort. I dag velges gjerne det siste da det lettere oppfyller energikrav.

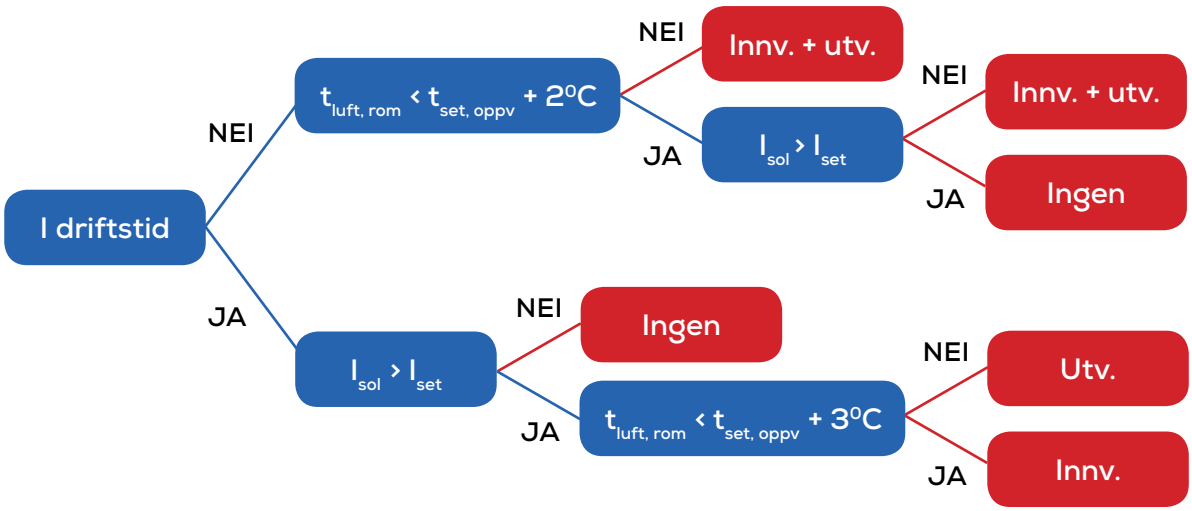
- I beregningene regner en energibruken etter lufttemperaturen. Det blir imidlertid helt ulik termisk komfort i de ulike modellene. Om en regulerte etter operativ temperatur ville en fått modeller som komfortmessig var mer sammenlignbare og det ville gi utslag på energibruken.

- De fleste verktøy regner med konstant solskjermingsstyring hele året. Det fører til at den utvendige solskjermingen får et høyere oppvarmingsbehov. Dersom en kunne f.eks «skru av» solskjermingen når det var oppvarmingsbehov ville dette utjevnes.

For å forbedre dagens løsninger både med hensyn på komfort og energibruk har vi utviklet en styringsalgoritme som benytter seg av både utvendig og innvendig solskjerming for å beskytte



Figur 45: *Årlig totalt energibehov for cellekontor med de tre solskjermingsløsningene.*



Figur 46: *Diagram for optimalisert styringsstrategi. Isol er solstråling.*

mot overoppheting når det er varmt inne, utnytte passivsolenergi når det er behov og isolere med solskjerming når det er behov og mulig. Vi regner at det er mulig utenfor driftstiden.

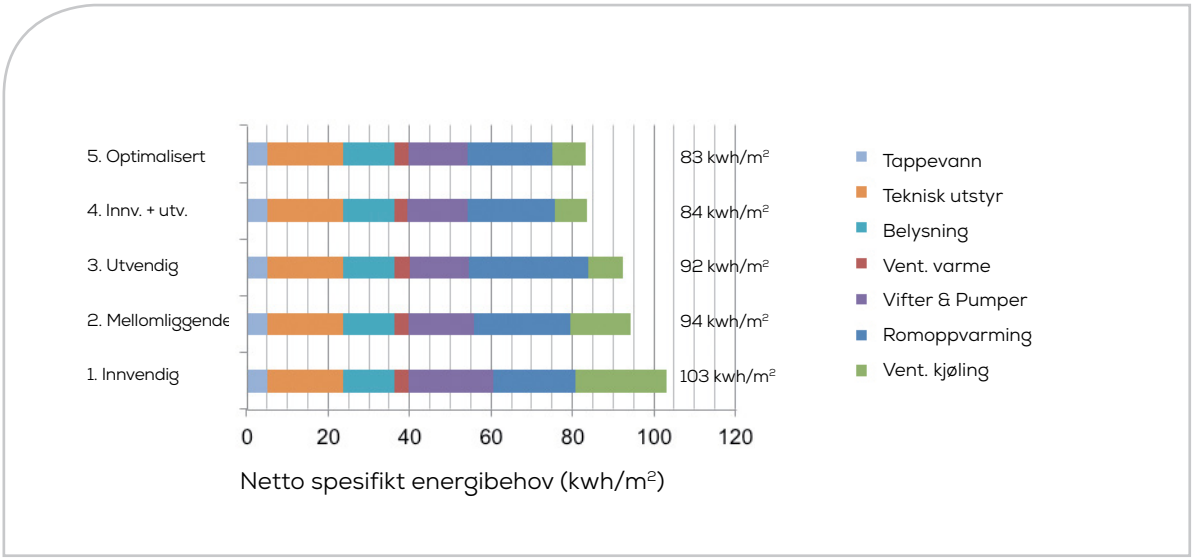
Logikken i den optimaliserte styringsstrategien er vist i **Figur 46**. Beregninger av et cellekontor er gjennomført og undersøkt med hensyn på termisk komfort og energibruk for følgende fem solskjermingsalternativer:

1. Innvendig – Innvendig solavskjerming med vanlig styring av solavskjermingen
2. Mellomliggende – Mellomliggende solavskjerming med vanlig styring av solavskjermingen
3. Utvendig – Utvendig solavskjerming med vanlig styring av solavskjermingen
4. Innv. + utv. – Innvendig solavskjerming på vinteren (nov-mar) og utvendig solavskjerming på sommeren (apr-sep). Det brukes den vanlige solavskjermingsstyringen
5. Optimalisert – Optimaliserte styringen av solavskjermingen

Det er regnet etter passivhusstandarden NS3701 og caset har kvaliteter som i et passivhus.

En sammenfatning av resultatene for termisk komfort og energibruk er vist i henhol **Tabell 6** og **Figur 47** viser et betydelig potensial for både å ivareta et godt inneklima og gi et lavt energiforbruk med kombinert utvendig og innvendig solskjerming samt optimalisert styring. Resultatene er kaldt 5- Optimalisert.

Løsningen kaldt 4 – Innv. + utv er en vesentlig enklere sesong regulering enn den optimaliserte. Denne løsningen har tilsvarende god effekt med hensyn på energi, men gir noe høyere temperaturer.



Figur 47: *Sammenligning av total netto energibruk. Beregning er foretatt etter NS 3701.*

	T_{OP} > 24 °C	T_{OP} > 25 °C	T_{OP} > 26 °C	T_{OP} > 27 °C
1 – Innvendig (lavere settpunkt)	645	220	42	0
2 – Mellomliggende	967	431	48	0
3 – Utvendig	585	52	0	0
4 – Innv. + utv.	342	93	37	7
5 – Optimalisert	677	14	0	0

Tabell 6: *Varighetstimer i løpet av et år over en gitt operativ temperatur. Bemerk at styringen av ventilasjonskjølingen er satt opp i forhold til at oppfylle kravet om maksimalt 50 h med en operativ temperatur over 26 °C.*

Solskjermingen synes å ha et stort potensial til å bidra til mer komfortable og energiriktige bygg. For å hente ut denne effekten må vi tenke nytt i styringsstrategier og løsninger og vi må utvikle forbedrede metoder for å dokumentere effekten av dette.

5.4 SIMULERINGSPROGRAMMER FOR ENERGI OG INNEKLIMA

De ulike programmene på markedet for simulering av bygningers energiytelse har varierende metoder og muligheter for å simulere solskjerming. Disse programmene benyttes til å dokumentere byggenes energiytelse og påvirker dermed hvilke solskjermingsløsninger som anbefales.

5.4.1 TERMISK KOMFORT OG ENERGI

SIMIEN:
SIMIEN er det mest brukte programmet til beregning av bygningers energiytelse i Norge, og er et velbrukt verktøy til blant annet å sjekke byggets energiytelse mot forskriftskrav og energimerking av bygg. Solskjermingsmodellen i SIMIEN er relativt enkel og har automatisk styring mellom to g-verdier (solskjerming aktivisert eller ikke), etter terskelverdi på solbelastning på utsiden av vinduet.

Programmet gir dermed ingen mulighet til å beregne følgende aspekter:
- Smart styring av solskjerming i ulike sesonger
- Justerbare lameller som har varierende g-verdi etter solhøyde og vinkel
- Overflatetemperatur på innvendig solskjerming eller vindusflate under soleksponering
- Direkte solstråling på personer innenfor vindu
- Nattisolasjon

Når inneklima- og energiberegninger osv. blir gjennomført i simuleringsprogrammer med slike begrensninger så mister man muligheten til å synliggjøre effekten av solskjerming som er dynamisk justerbar eller solvinkelavhengig.

IDA ICE:
I avanserte simuleringsprogrammer som IDA ICE, Energy Plus og TRNSYS er det mulig å modellere solskjermingens egenskaper og styringsalgoritmer mer nøyaktig.
- Overflatetemperatur på solskjerming og glass ved soleksponert fasade
- Dynamisk beregning for solavskjermings- og glasskvaliteter
- Avansert beregning av doble glassfasader inkludert ventilerte hulrom
- Avansert styring av solskjerming
- Dynamisk solskjerming avhengig av solvinkel
- Nattisolasjon av vindu

Enkelte av disse programmene gir også mulighet for integrert beregning av dagslysstyring og operativ temperatur i sola. Dermed kan man simulere og vurdere effekten av ulike solskjerminger på bygningers energibruk og optimalisere den dynamiske fasaden.

PARASOL
Parasol er et verktøy som først og fremst er laget for å simulere g-verdier for ulike solskjerminger. Det gir imidlertid også mulighet for enkel temperatur og energiberegning på romnivå.

5.4.2 DAGSLYS

Daysim
De klimabaserte dagslysberegningene er gjennomført med simuleringsprogrammet Daysim *(Reinhart 2012)*. Daysim er et validert Radiance-basert dagslysprogram som benytter konseptet til *Tregenza og Waters (1983)* med dagslyskoeffisienter i kombinasjon med *Perez et al. himmelmodell (1993)* for effektivt å beregne årlig innendørs illuminans/luminans profiler basert på værdatafiler *(Reinhart and Walkenhorst 2001)*. Ved hjelp av Daysim kan man modellere dynamiske fasader og analysere hvordan disse fasadene påvirker dagslyset i et rom/bygg. Videre kan man spesifisere komplekse lyssystemer for elektrisk belysning, fra manuelle styring til automatisk dimming basert på dagslystilgang.

Simuleringsresultatene fra Daysim kan blant annet benyttes til å evaluere dagslystilgangen i henhold til statiske og klimabaserte dagslysmål som dagslysfaktor (DF), dagslys autonomi (DA), brukbar dagslys illuminans (UDI), blending (DGP) i tillegg til energibehov til belysning. Daysim genererer profiler for tilstedeværelse, bruk av elektrisk belysning og bruk av solskjerming som kan eksporteres til et termisk bygningssimuleringsprogram for å sikre en konsistent modellering i forhold til dagslys, termisk komfort og energibehov.

Relux
Relux (Relux InformRelux Informatik AG) er et brukervennlig simuleringsprogram som primært benyttes til beregning av kunstig belysning, hvor man blant annet kan planlegge belysningen i henhold til den europeiske standarden EN 12464-1:2011. Relux bruker en kombinasjon av radiosity og en modifisert Radiance raytracing algoritme. Det er imidlertid opp til brukeren å spesifisere hvilken beregningsmetode som skal benyttes i beregningene. Programmet er orientert mot det europeiske markedet og inneholder informasjon om belysningsprodukter fra ulike produsenter. Relux kan benyttes for å beregne nødvendig kunstig belysning, tilgang på dagslys samt energibruk til kunstig belysning i henhold til den tyske standarden DIN 18599 eller den europeiske standarden EN 15193 (LENI) ved hjelp av subprogramet Relux Energy.

6. Krav til solskjerming

6.1 KRAV I TEK 10

Minstekrav i TEK 10 er g-verdi ≤ 0,15 for alle solbelastede fasader, men hvis det kan dokumenteres at bygningen ikke har kjølebehov er det fritak for dette kravet.

Kravet til g-verdi for solskjerming og glass til sammen tilsvarer en g-verdi på 0,15 på et glass ved dimensjonerende sommerforhold og som gjennomsnitt utenom fyringssesongen. Hvis vi da benytter eksempelet med utvendige faste lameller i 15 grader vinkel som vist i **Figur 29**, så ser vi at denne løsningen tilfredsstiller kravet i TEK 10 på en sørfasade, men ikke på en øst eller vestfasade. Selv om g-verdien er 0,3 i januar på sørfasaden, så er den under 0,15 utenom fyringssesongen, mens på østfasaden så g-verdien rundt 0,2 hele året.

Energikravene i TEK 10 bygger på at beregninger gjøres i etter reglene i NS 3031.

En rekke løsninger med mellomliggende og innvendig solskjerming i kombinasjon med solbeskyttende glass kan oppnå en g-verdi på 0,15.

Det er viktig å være oppmerksom på at oppbygningen på ruta og avskjermingens plassering vil kunne gi svært høye overflatetemperaturer på innvendig flate, opptil 11 grader over romtemperaturen. Dette vil gi en betydelig varmestråling og derav diskomfort, med mindre flaten er svært liten. Det er også viktig å være oppmerksom på faren for termisk brudd dersom solavskjermingen ikke dekker hele glassflaten.

6.2 KRAV I ANBUDSTEKSTER

Under punkt RJ2 i NS 3420 beskrives solskjerming.
Postene som beskriver solskjerming bør inneholde følgende punkter:

Generelle krav som gjelder alle poster:

Omfang og prisunderlag:

Prisen skal inkludere:
- Solskjerming
- Automatikk

Supplerende arbeider:
Følgende delprodukter/arbeider er ikke inkludert og må beskrives med postgrunnlag under andre koder i NS 3420:

- Spikerslag/Type innfesting i fasade
- Elektrisk tilkobling
- Sentralstyring/SD-anlegg
- Værstasjon

Spesifikasjon av enkeltposter i beskrivelsen:
Enkeltpostene i solskjermingsbeskrivelsen bør inneholde punktene i NS 3420 sine poster i avsnitt RJ2 for den aktuelle solskjermingstypen. Videre bør følgende andre krav angis:

- Solskjermingens funksjoner.
- Maksimal tillatt vindstyrke i aktiv posisjon.
- Samlet g-verdi for solskjerming og glass. For persienner og lameller skal g-verdi oppgis for både 45° lamellvinkel og lukket stilling.
- Direkte soltransmisjon for glass og solskjerming sammen. T_{dir} (T_e). For persienner og lameller skal det oppgis for lukket og åpen posisjon.
- Lystransmisjon, LT-verdi: (T_v) i standarder. For persienner og lameller skal det oppgis for lukket og åpen posisjon.
- Lysrefleksjon, LR: (p_e) i standarder.
- Fargegjengivelsesindeks, R_a:
- Krav i forhold til snø og regn. [Se punkt 6.2].
- Krav til fri rømningsvei [Se punkt 6.2].
- Maksimal overflatetemperatur på innside mot rom av glass eller solskjerming ved 25 °C ute- og innelufttemperatur og soltråling på 700 W/m$^{2.}$
- Samlet U- verdi (W/m^{2}K) med vindu og solskjerming sammen, alternativt ΔR (m^{2}K/W) for solskjermingen.
- Prinsipp for og nivå på innslagsparametre for styring av solskjerming.

Vi vil spesielt fremheve viktigheten av å ha med direkte soltransmisjon og overflatetemperatur samt lystransmisjon. Dette er verdier som er nødvendige for å få en fullstendig og integrert dokumentasjon av termisk komfort, dagslys og energibruk.

Å stille krav til maksimal innvendig overflatetemperatur er en enkel og lett forståelig måte å dokumentere solskjermingen på.

Tester
Testing er en svært god måte å undersøke en løsning på og avdekke svakheter i en tidlig fase. Krav til testing bør med i anbudsdokumentene. Beskrivelsen bør omfatte hvilke produkter som skal måles, hvem som leverer disse, hvilke parametere som skal undersøkes og hvilken metode med rammebetingelser som skal benyttes i undersøkelsen. Det bør også stilles krav til laboratoriet med hensyn på laboratoriefasiliteter og akkreditering. Eksempel på tester som er utført som en del av et anbud er omtalt i kapittel 3.4.3.

Dersom testing er med i anbudsforespørselen bør verifisering av de beskrevne forhold gjennomgås før kontraktsinngåelse da dette er et felt mange mangler erfaring og kompetanse.

REFERANSER

- Bryn. I, M. S. (2002). ***Operative temperature in the sun.*** Sustainable building 2002.

- Bryn. I, Gedsø. S, Petersen. A. (2014) ***FACADE THERMAL COMFORT DOCUMENTATION AND PERFORMANCE CRITERIA,*** Indoor Air 2014

-

- Baker, N., & Steemers, K. (2002). ***Daylight design of buildings: James & James.***

-

- Beck. W. m.fl. (2010). ***Solar shading.*** How to integrate solar shading in sustainable buildings. REHVA

- Bülow-Hübe, H. (2007). ***Solavskärmning och dagsljuslänkning*** (I. f. A. o. B. M. Energi och Byggnads Design, Trans.). Lund: Lunds Tekniska Högskola.

- CEN European committee for standardization. (2007). NS-EN 15193:2007 ***Bygningers energiytelse Energikrav i lysanlegg: Standard Norge og Pronorm AS.***

- Dubois, M.-C. (2003). ***Shading devices and daylight quality: an evaluation based on simple performance indicators.*** Lighting Research and Technology, 35(1), 61-74. doi: 10.1191/1477153503li062oa

- Bryn. I, Hagen. R, Matusiak. B, Smidsrød. M. (2007). ***Veileder for utforming av glassfasader.*** ENOVA, Statsbygg, Statens Bygningstekniske Etat

- Hall. A (2008). ***Att planera, beställa och installera solavskärmning på lokalbyggnader.*** Svenska Solkyddsförbundet.

- Heusler et al. 2011. ***Investigation of the energy saving potential of interior sunshading systems (pleated shades and honeycomb shades) to reduce the energy need for heating.*** Fraunhofer institute for Hunter Douglas.

- Kischkoweit-Lopin, M. (2002). ***An overview of daylighting systems.*** Solar Energy, 73(2), 77-82. doi: http://dx.doi.org/10.1016/S0038-092X(02)00036-1

- O'Connor, J., Lee, E., Rubinstein, F., & Selkowiz, S. (1997). ***Tips for daylighting*** (B. Lawrence Berkeley National Laboratory, CA, Trans.).

- Wienold, J. (2007). ***Dynamic simulation of blind control strategies for visual comfort and energy balance analysis.*** Paper presented at the 10th International Building Performance Simulation Association Conference and Exhibition, Beijing.

- Standard Norge (2011). ***Bygningsglass Bestemmelse av varmegjennomgangskoeffisient***
- ***(U-verdi).*** Beregningsmetode NS-EN 673 (17 sider)

- Standard Norge (2006). ***Termiske egenskaper til vinduer, dører og skodder.*** NS-EN ISO 10077

- Standard Norge (2011). ***Beregning av bygningers energiytelse - Metode og data.*** NS 3031:2007+A1:2011. Vedlegg H

- NS NS-EN ISO 10077-1:2006 .***Termiske egenskaper til vinduer, dører og skodder - Beregning av varmegjennomgangskoeffisient - Del 1: Generelt***

- Perez, R., R. Seals and J. Michalsky (1993). ***All-Weather Model for Sky Luminance Distribution - Preliminary Configuration and Validation.*** Solar Energy 50(3): 235-245.

- Reinhart, C. F. (2012). ***DAYSIM.*** from http://www.daysim.com/.

- Reinhart, C. F. and O. Walkenhorst (2001). ***Validation of dynamic RADIANCE-based daylight simulations for a test office with external blinds.*** Energy and Buildings 33(7): 683-697.

- Relux Informatik AG.

- Tregenza, P. R. and I. M. Waters (1983). ***Daylight coefficients.*** Lighting Research and Technology 15(2): 65-71.

Foto: LPO arkitekter

STØTTE TIL UTVIKLING AV EKSISTERENDE EIENDOM OG NYE BYGG

Ta energismarte valg når du skal utvikle eksisterende eiendom eller bygge nytt. Du kan skape varige verdier gjennom lavere energikostnader, forbedret omdømme og økt konkurransekraft.

Enova gir deg og din virksomhet økonomisk støtte og råd til å velge grønne, framtidsrettede energiløsninger.

Les mer og søk på www.enova.no/stotte eller ring Enova Svarer på 08049

Husk å søke før dere begynner!

Enova er et statlig foretak som skal drive fram en miljøvennlig omlegging av energibruk, fornybar energiproduksjon og ny energi- og klimateknologi.

enova