

Jacob Birck Laustsen

Solafskærmning

Forelæsningsnotat
11000 Ingeniørarbejde

BYG•DTU
Oktober 2004

Forord

En stor del af dette notat er baseret på uddrag af kompendium 8: *Vinduessystemer med dynamiske egenskaber*, BYG.DTU, 2003 af Karsten Duer og Jacob Birck Laustsen.

Indholdsfortegnelse

1. Introduktion.....	4
1.1 Indvendige solafskærmninger	5
1.2 Solafskærmninger mellem glaslag.....	6
1.3 Udvendige solafskærmninger	7
2. Afskærmningsfaktor.....	8
3. Beregning af transmitteret solindfald.....	10
1.4 Eksempel.....	10
4. Eksempler på udvendige solafskærmninger	11
Referenceliste.....	15

1. Introduktion

Formålet med at anvende solafskærmninger er primært at reducere solindfaldet gennem og blændingen fra vindueskonstruktioner i dagtimerne.

Solafskærmninger kan opdeles i:

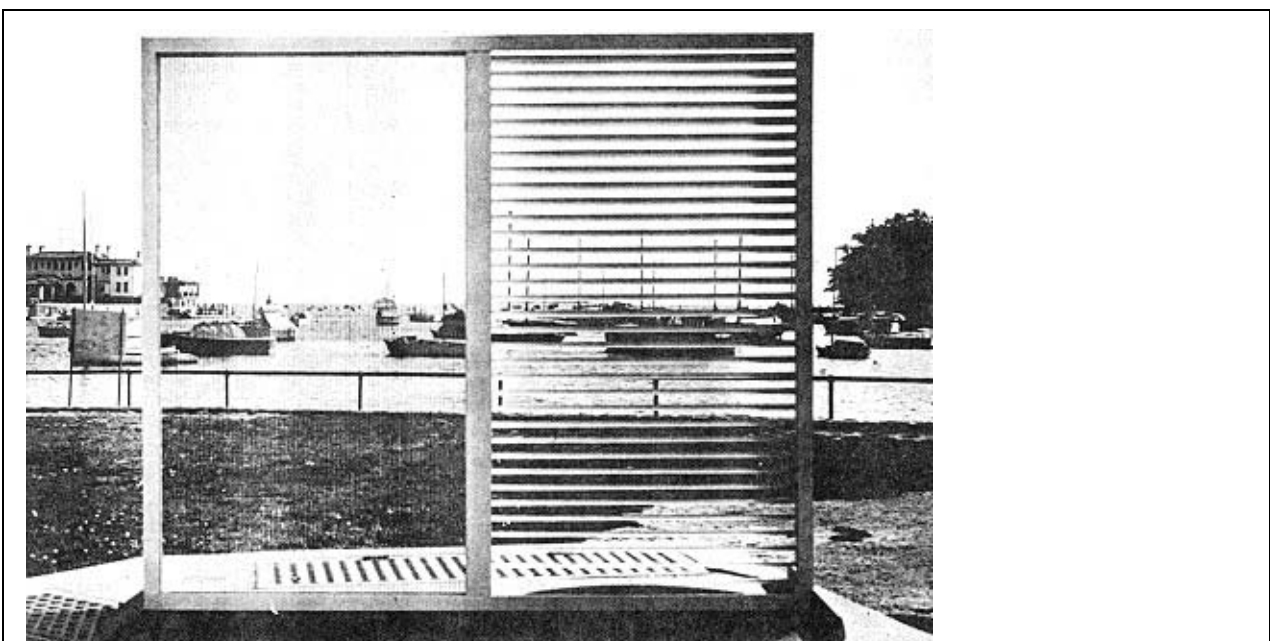
- Faste elementer som skygger for solstrålingen. F.eks. andre bygninger, beplantning, tagudhæng og fremspring.
- Solafskærmende glas, hvor selve ruden virker solafskærmende i form af belægning på glasset eller farvning af glasset.
- Selvstændige mekaniske elementer med varierende soltransmittans, f.eks. persiener, rullegardiner, markiser etc.

De to førstnævnte solafskærmningstyper behandles i særskilte notater om hhv. solstråling og vinduer, og omtales kun kort i dette notat.

Selvstændige mekaniske solafskærmninger opdeles typisk efter deres placering i konstruktionen, idet solafskærmninger kan placeres:

- Indvendigt (Figur 2)
- Mellem glassene i ruden (Figur 3)
- Udvendigt (Figur 4)

Gevinsten ved at anvende effektiv solafskærmning i kontorer mv. er først og fremmest, at der kan opnås bedre termisk og optisk komfort (reduktion af blænding og ensidig lyspåvirkning) samtidig med el-besparelse pga. en reduktion af ventilations- eller kølebehovet i sommerperioden. Afskærmninger vil i de fleste tilfælde dog ligeledes påvirke indfaldet af sollys og kvaliteten af udsynet, se Figur 1.



Figur 1. Eksempel på udsyn gennem klar rude og rude med persienneafskærmning (Duer et al., 2003).

1.1 Indvendige solafskærmninger

I Figur 2 er vist to eksempler på indvendige solafskærmninger og i det følgende er summeret fordele og ulemper ved indvendige solafskærmninger sammenlignet med udvendige afskærmninger og solafskærmninger integreret i ruden.

Fordele:

En indvendig solafskærmning

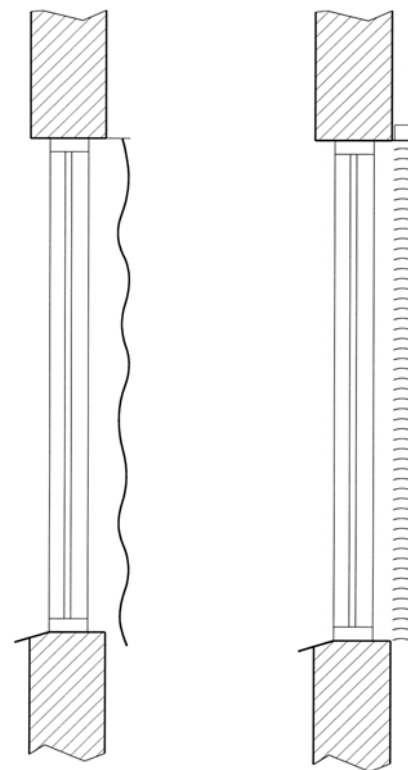
- er beskyttet mod vejrliget
- kan betjenes indefra
- er relativt billig
- kan anvendes i eksisterende bygninger uden at ændre facadens udseende i dagtimerne
- kan være et godt middel til regulering af blænding

Ulemper:

En indvendig solafskærmning

- har en væsentlig dårligere solafskærmende effekt end udvendige solafskærmninger og afskærmninger, der er integreret i ruden. Dette skyldes, at en stor del af solstrålingen typisk absorberes i afskærmningen og efterfølgende afgives til omgivelserne. Da der er relativ stor termisk modstand fra afskærmningen gennem ruden afgives den absorberede stråling primært til rummet bag afskærmningen.
- medfører ofte et stort tab af dagslys. Tab af dagslys skal kompenseres vha. kunstlys, som afgiver varme til rummet – kunstlys afgiver typisk mere varme pr. lumen end dagslys og nettoresultatet kan være et forøget ventilations- eller kølebehov.
- forstyrrer eller forhindrer udsynet gennem vinduet
- optager plads indenfor vinduet

For at indvendige afskærmninger skal reducere ventilations- eller kølebehovet skal de således tillade tilstrækkeligt dagslys at passere og samtidig være reflekterende overfor solstråling snarere end absorberende. Det vil dog stadig kun være muligt at opnå en begrænset solafskærmende effekt, fordi når først solstrålingen er transmitteret ind gennem ruden, vil størstedelen af energiindholdet, afskærmning eller ej, blive overført til rummet som varme.



Indvendigt gardin

Indvendig persienne

Figur 2. Eksempler på indvendige solafskærmninger (Duer et al. 2003)

1.2 Solafskærmninger mellem glaslag

I Figur 3 er vist to eksempler på en solafskærmninger integreret mellem to glaslag og i det følgende er summeret fordele og ulemper ved denne type solafskærmning sammenlignet med indvendige og udvendige solafskærmninger.

Fordele:

En integreret solafskærmning

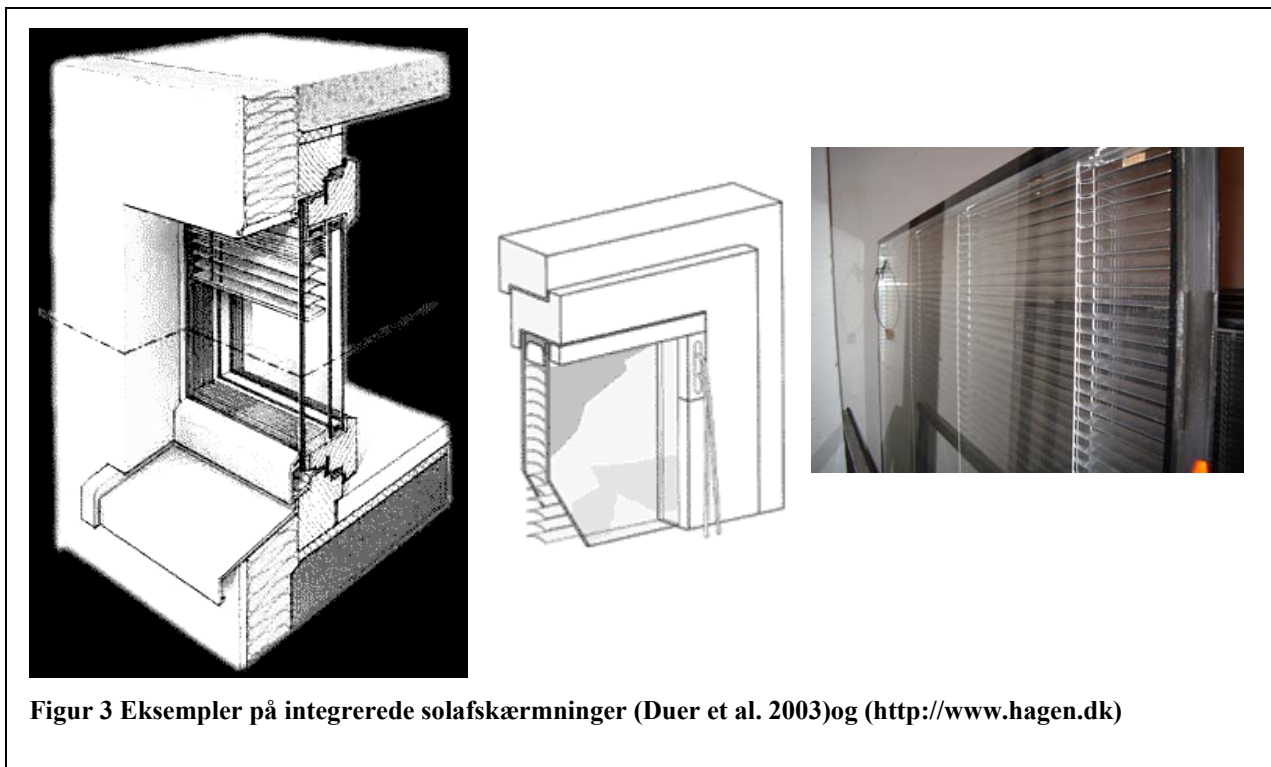
- er beskyttet mod vejrliget
- kan fungere som en rimelig effektiv solafskærmning

Ulemper:

En integreret solafskærmning

- kræver relativ stor glasafstand i mellemrummet hvor afskærmningen er placeret
- medfører temperaturstigning i mellemrummet pga. absorption i afskærmningen og dette kan give øget belastning af kantløsningen i forseglede ruder
- effekten af solafskærmningen afhænger af ventilationsmuligheder i mellemrummet hvor afskærmningen er placeret
- forstyrrer eller forhindrer udsynet gennem vinduet
- kræver betjening, der kan være vanskelig at forene med forseglede ruder

For at en integreret solafskærmning skal være effektiv med hensyn til reduktion af transmitteret solindfald skal den være placeret så der er relativ stor termisk modstand fra afskærmningen og ind i rummet bag ruden. Dette kan gøres ved at placere afskærmningen yderst i en tre-lags rude som vist på Figur 3 til venstre eller ved at ventilere mellemrummet hvor afskærmningen er placeret på en sådan måde at den varme luft kastes bort til omgivelserne.



1.3 Udvendige solafskærmninger

I Figur 4 er vist fire eksempler på udvendige solafskærmninger og i det følgende er summeret fordele og ulemper ved udvendige solafskærmninger sammenlignet med indvendige afskærmninger og solafskærmninger integreret i ruden.

Fordele:

En udvendig solafskærmning

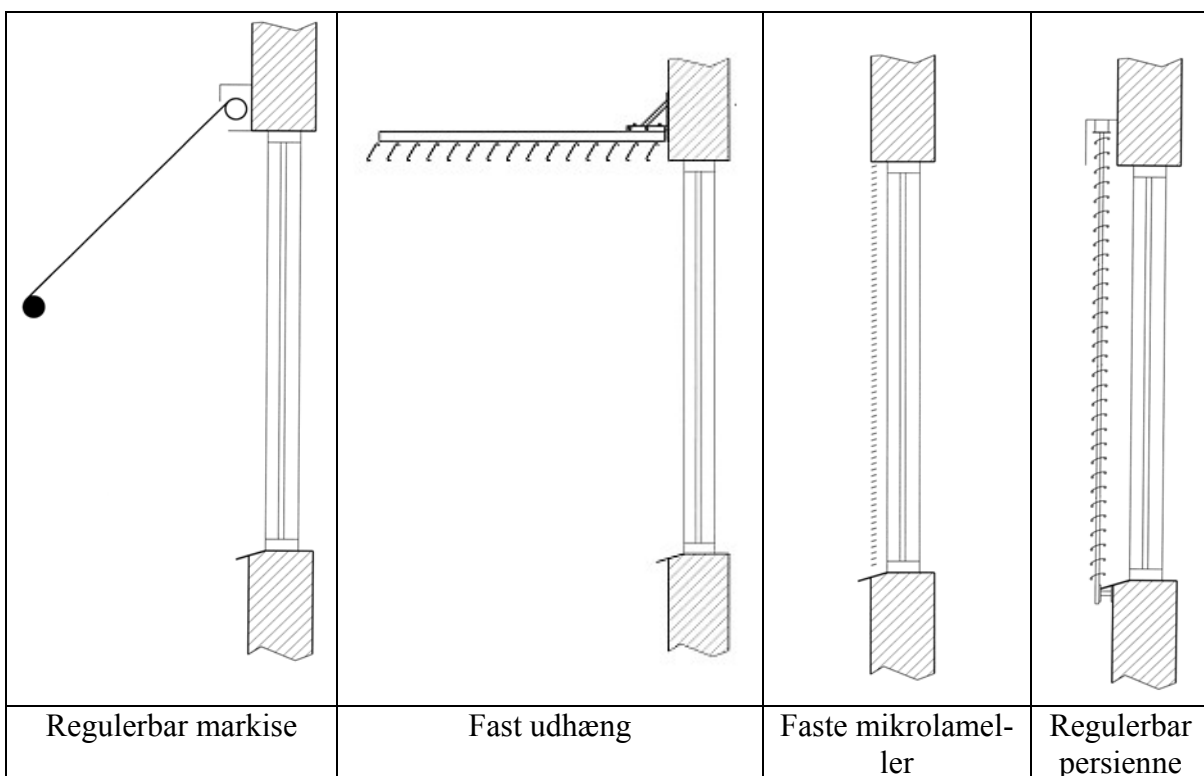
- yder effektiv afskærmning mod solstråling
- optager ikke plads indenfor vinduet
- kan anvendes i eksisterende bygninger

Ulemper:

En udvendig solafskærmning

- er udsat for vejrliget og kræver vedligeholdelse
- kræver for de fleste systemer betjeningsmulighed
- medfører ofte et stort tab af dagslys
- forstyrrer eller forhindrer udsynet gennem vinduet
- påvirker facadens udtryk

Udvendige solafskærmninger er mest effektive mht. afskærmning af solvarme og sollys, men kan være udsatte for vejrlig (vind, sne, UV-stråling mv.) og stiller derfor relativt store krav til konstruktionernes holdbarhed. Udvendige persienner og rullegardiner skal monteres i styreskinner, så de holdes i rette position. I visse situationer f.eks. stormvejr kan det være nødvendigt, at sikre solafskærmningen ved f.eks. at ”rulle den op”.



Figur 4. Eksempler på udvendige solafskærmninger (Duer et al. 2003)

2. Afskærmningsfaktor

Solafskærmningens evne til at afskærme for solens stråler kan karakteriseres ved afskærmningsfaktoren, F_{afsk} . Afskærmningsfaktoren angiver forholdet mellem den solvarme der passerer ind gennem det afskærmede vindue og den der passerer ind gennem det uafskærmede vindue. En afskærmningsfaktor på 0,4 angiver således, at kun 40 % af det solindfald der ville passere uden afskærmning vil passere i den aktuelle situation med solafskærmning. Jo lavere afskærmningsfaktoren er jo mere effektiv er solafskærmningen. Afskærmningsfaktoren angives i forhold til en to lags rude med 2 gange 4 mm almindelig glas.

Der opereres med afskærmningsfaktorer for hhv. solvarme og dagslys. I forbindelse med termisk indeklima og ventilations-/kølebehov er det afskærmningsfaktoren for solvarme som er interessant og det er kun den der omtales i det følgende.

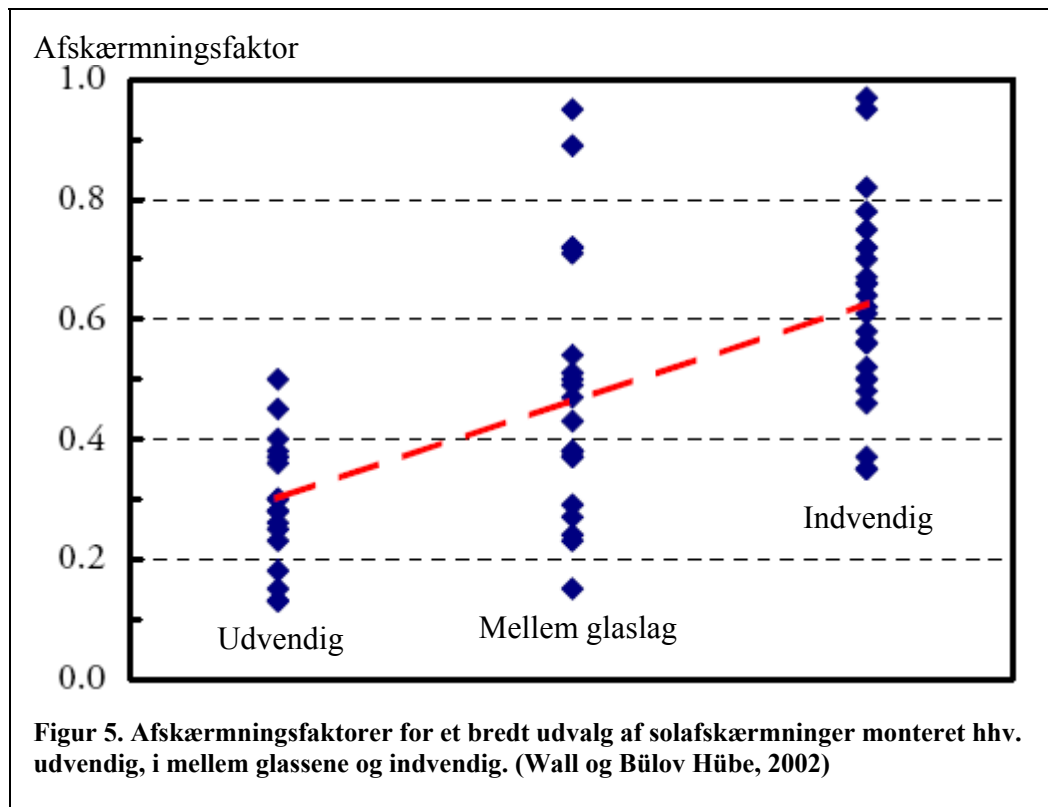
I Tabel 1 er vist afskærmningsfaktorer for forskellige solafskærmningstyper.

Tabel 1. Afskærmningsfaktorer for forskellige solafskærmninger. (SBI-anvisning 196, 2000)

Afskærmning	Afskærmningsfaktor for solvarme	Afskærmningsfaktor for dagslys
Ingen solafskærmning	1,00	1,00
<i>Solafskærmning udvendig foran to lag glas</i>		
Persienner, lyse lameller, 45°	0,22	0,18
Persienner, mørke, 45°	0,12	0,01
Netrullegardiner	0,20	0,15
Markise	0,25-0,50	Afhænger af farve og udformning
<i>Solafskærmning mellem to lag glas</i>		
Gardiner, lyse og delvis gennemskinnelige	0,30	0,40
Gardiner, mørke og uigennemskinnelige	0,45	-
Persienner, lyse, 45°	0,35	0,25
<i>Solafskærmning indvendig bag to lag glas</i>		
Gardiner, lyse og delvis gennemskinnelige	0,50	0,40
Gardiner, mørke og uigennemskinnelige	0,80	-
Persienner, lyse, 45°	0,55	0,25
Persienner, mørke lameller	0,80	0,03
<i>Behandlede ruder</i>		
Absorberende glas yderst, almindeligt glas inderst	0,65-0,75	0,50-0,70
Reflekterende glas yderst, almindeligt glas inderst	0,18-0,40	0,10-0,35

For persienner og andre solafskærmninger med bevægelige lameller afhænger afskærmningsfaktoren af hældningen af lamellerne, deres bredde og indbyrdes afstand. Afskærmningsfaktoren varierer endvidere med bl.a. solhøjden, indfaldsvinklen for den direkte stråling og refleksionen fra jorden. Alle disse forhold gør det svært at angive en eksakt værdi som gælder for alle tidspunkter. Der angives derfor som regel en midlet værdi for en hældning af lamellerne på 45°. I praksis vil man som regel vælge en hældning, som lige akkurat afskærmer for den direkte solstråling, men samtidig tillader det bedst mulige udsyn.

På Figur 5 er afskærmningsfaktoren for bredt udvalg af forskellige solafskærmninger monteret hhv. udvendig, mellem glaslagene og indvendig vist.



Det fremgår af figuren, at de udvendige afskærmninger har de laveste afskærmningsfaktorer og er dermed de bedste til at afskærme for solstrålingen, mens de indvendige afskærmninger har de højeste afskærmningsfaktorer og er dermed de dårligste til at afskærme. Midt imellem ligger solafskærmninger monteret mellem glaslagene i ruden, som kan have både stor og lille afskærmende effekt afhængig af udformning og placering.

3. Beregning af transmitteret solindfald

Ved bestemmelse af det transmitterede solindfald gennem et vindue med solafskærmning tages der højde for solafskærmningen ved at multiplicere solstrålingen, som rammer vinduet med afskærmningsfaktoren. Det transmitterede solindfald gennem et vinduet med solafskærmning findes ved:

$$I_{\text{sol}_t} = I_{\text{sol}} \cdot g_v \cdot F_s \cdot F_{\text{afsk}} \cdot A \quad [\text{W}] \quad (1)$$

hvor

I_{sol} er solbestrålingsstyrken som rammer vinduet (se notat om solstråling) $[\text{W}/\text{m}^2]$

g_v er vinduets g-værdi, (total solenergitransmittans)

F_s er skyggefaktoren som korrigerer for andre skygger (se notat om solstråling)

F_{afsk} er afskærmningsfaktoren for den anvendte solafskærmning

A er arealet af vinduet $[\text{m}^2]$

Det samlede transmitterede solindfald, Q_{sol} , over en periode beregnes som

$$Q_{\text{sol}} = I_{\text{sol}_t} \cdot \Delta t \quad [\text{Wh}] \quad (2)$$

hvor

Δt er længden af den aktuelle periode f.eks. en time. $[\text{h}]$

1.4 Eksempel

Det samlede transmitterede solindfald gennem et vindue med areal på $2,0 \text{ m}^2$ og en g-værdi på $0,50$ og udvendig solafskærmning i form af et netrullegardin med afskærmningsfaktor på $0,20$ skal beregnes for en periode fra kl. 10.00 til 12.00 d 22. september. Vinduet er lodret og sydvendt. Solbestrålingsstyrken (middelværdi for indeværende time) på vinduet er i de pågældende to timer:

Kl.	Solbestrålingsstyrken, I_{sol}
10.00-11.00	$356 \text{ W}/\text{m}^2$
11.00-12.00	$520 \text{ W}/\text{m}^2$

Der anvendes en skyggefaktor på $0,7$.

Transmitteret solindfald kl. 10.00-11.00:

$$I_{\text{sol}_t} = 356 \text{ W}/\text{m}^2 \cdot 0,50 \cdot 0,7 \cdot 0,20 \cdot 2,0 \text{ m}^2 = 50 \text{ W}$$

Transmitteret solindfald kl. 11.00-12.00:

$$I_{\text{sol}_t} = 520 \text{ W}/\text{m}^2 \cdot 0,50 \cdot 0,7 \cdot 0,20 \cdot 2,0 \text{ m}^2 = 73 \text{ W}$$

Samlet transmitteret solindfald,

$$Q_{\text{sol}} = 50 \text{ W} \cdot 1\text{h} + 73 \text{ W} \cdot 1\text{h} = \underline{\underline{123 \text{ Wh}}}$$

4. Eksempler på udvendige solafskærmninger

Nedenfor er de mest almindelige solafskærmninger i Danmark listet.

Udvendige:

- Udhæng
- Persienne
- Horisontale lameller
- Vertikale lameller
- Markiserer
- Markisolet (se foto)
- Rullegardin (screen)

Integrerede:

- Persienne
- Rullegardin

Indvendige:

- Persienne
- Gardin
- Rullegardin
- Film

På de følgende sider er vist eksempler på solafskærmninger som anvendes i Danmark (Hornuff, M., Rasmussen, H, 2003).



Netrullegardin (screen). BYG.DTU



Persienne. BYG.DTU



Film. BYG.DTU



Glaslameller. BYG.DTU





Udvendig screen
Blendex



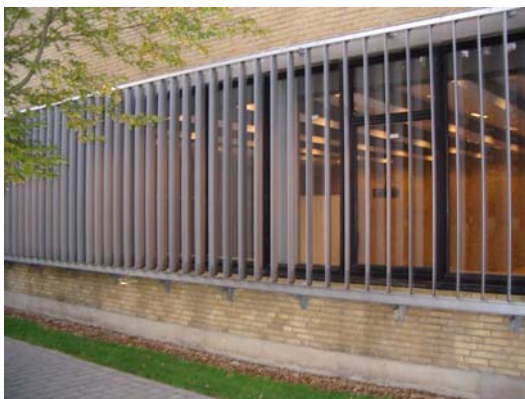
Udvendig screen
Acrimo



Lodrette lameller
Danmarks Radio, København
Dasolas



Markisolet
Computer Associates, Holte
Blendex



Lodrette alulameller
DTU



Vandrette alulameller
Neurosearch, Ballerup
Blendex



Vandrette glaslameller
(Tuborg Havn)



Udvendig persienne
IBM, Allerød
Blendex



Udvendig persienne
DANICA, Lyngby
Blendex



Udhæng
KOE, Kolding
Dasolas



Indbygget persienne
Mogens Rasmussen



Indbygget persienne
Roskilde Amtssygehus, Roskilde
Hagen



Indvendig screen
Mogens Rasmussen



Indvendig screen
Arcimo



Indvendig persienne
Mogens Rasmussen



Indvendig justerbar film
Sun-Flex



Indvendig justerbar film
Sun-Flex



Udvendig persienne
Dasola



Udvendig persienne, BYG.DTU
Set indefra

Referenceliste

Duer, K., Laustsen, J. B. Ruder og vinduers energimæssige egenskaber. Kompendium 8: "Vinduessystemer med dynamiske egenskaber". BYG.DTU, Danmarks Tekniske Universitet, 2003. <http://www.byg.dtu.dk/vinduer/index.htm>

SBI-anvisning 196: Indeklimahåndbogen 2. udgave, Statens Byggeforskningsinstitut, Hørsholm, 2000.

Wall, M., Bülow-Hübe, H. Solar protection in buildings. Division of Energy and Building Design, Lund Institute of technology, Lund University, 2003

Hornuff, M., Rasmussen, H. Analyse af solafskærmninger mht. termiske og visuelle egenskaber samt udsyn Kompendium. BYG.DTU, Danmarks Tekniske Universitet, 2003.