

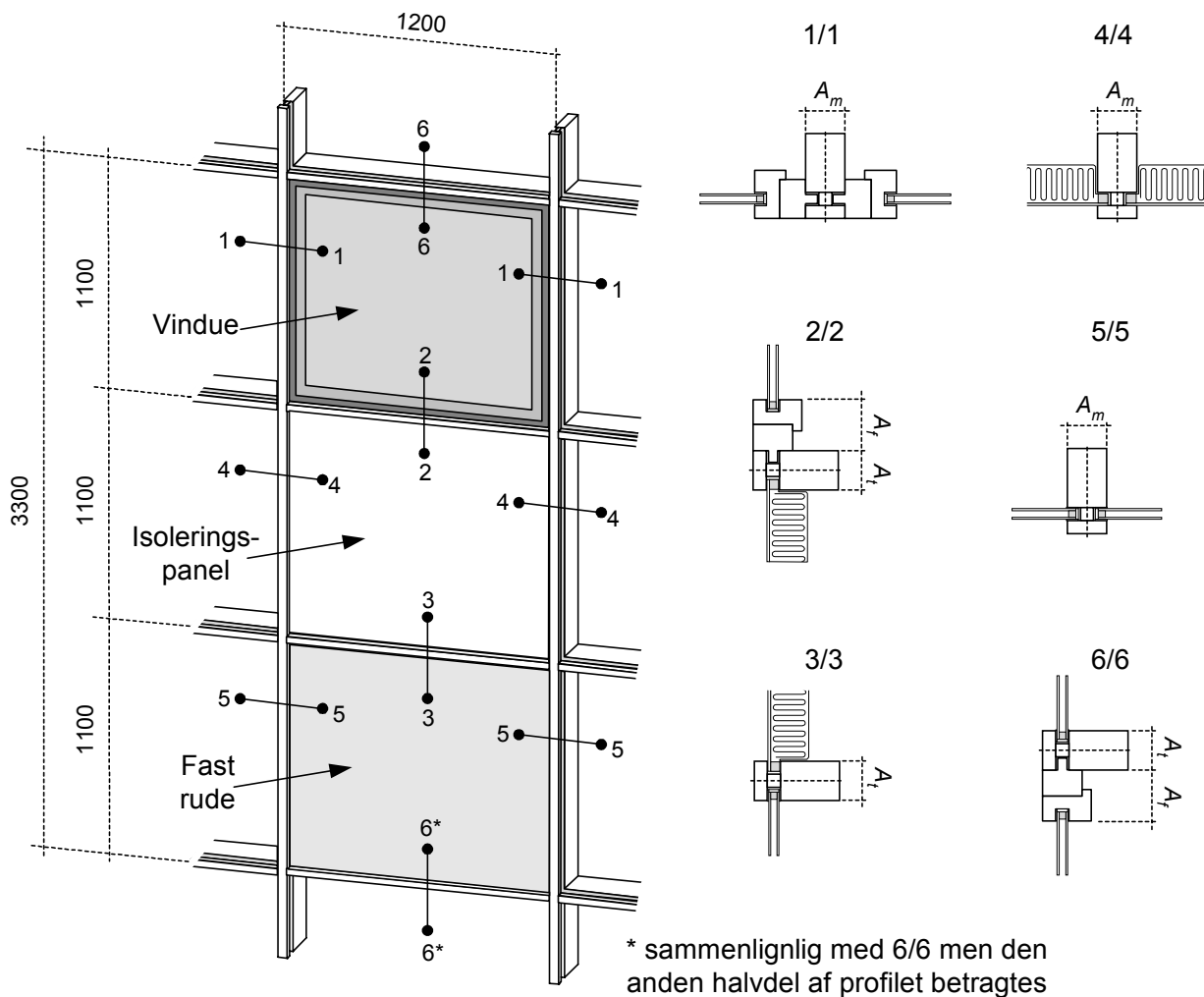
Bilag 1: Beregningseksempel.

Bilaget har til formål at vise beregningsproceduren for et element af en glasfacade. Det anvendte element er grundlæggende identisk med det i prEN 13947 angivne. Der regnes i dette bilag detaljeret mht. bestemmelse af varmetransmissionskoefficienter af anvendte profiler, samt bestemmelser af de lineære varmetransmissionskoefficienter for de to-dimensionelle effekter omkring samlinger.

Alle beregninger af varmetransmissionskoefficienter og lineære varmetransmissionskoefficienter foretages iht. DS 418/Til 1, 1.udg. 1997 ”Beregning af bygningers varmetab. Tillæg omhandlende vinduer og yderdøre”, prEN ISO 10077-2 ”Thermal Performance of windows doors and shutters” samt Kompendium 3 ”Detailerede metoder til bestemmelse af energimærkningsdata”.

Beregninger foretages ved anvendelse af programmet "Therm".

Det samlede glasfacadeelement og tegninger af de enkelte profiler er vist på figur 1.



Figur 1 Illustration af det anvendte glasfacadeelement med tilhørende tegninger af profiler

Materialdata

I det følgende listes de anvendte delelementer

Rude

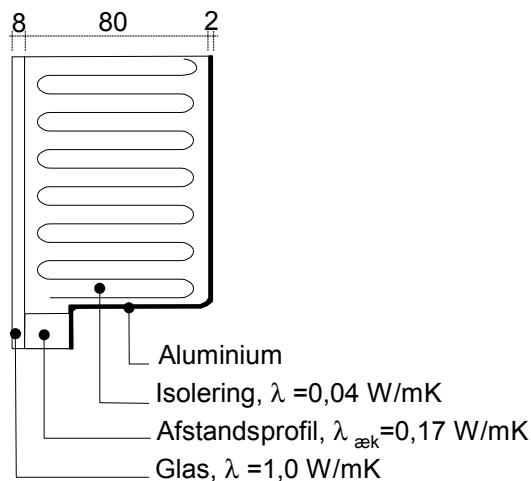
Der anvendes en (6-16-6) energirude med 90 % argon fyldning. Varmetransmissionskoefficienten, U_g , beregnes iht. EN 673 til 1,1 W/m²K.

Ved anvendelse af den specifikke rude med 6 mm float glass og 6 mm super energirude, findes sollystransmittansen, τ_g , til 0,72 og solenergitransmittansen, g_g , til 0,56.

Afstandsprofilet i ruden består af en traditionel aluminiumsskinne med en godstykkelse på 0,36 mm. Profilet indeholder tørstof og der er placeret polysulfid i bunden. Den ækvivalente varmeledningsevne af afstandsprofilet findes på www.energimarkning.dk til $\lambda_{\text{æk}} = 2,9$ W/mK.

Isoleringspanel

Isoleringspanelet som anvendes i glasfacaden består af 8 mm glas som regnskærm, 80 mm isolering klasse 40 og 2 mm aluminium.



Figur 2 Isoleringspanel i glasfacade

Varmetransmissionskoefficienten, U_p , beregnes for den én-dimensionelle del til:

$$U_p = \left(h_i^{-1} + h_u^{-1} + \sum \frac{s}{\lambda} \right)^{-1} = \left(8^{-1} + 23^{-1} + \frac{0,008}{1} + \frac{0,08}{0,04} + \frac{0,002}{160} \right)^{-1} = 0,46 \text{ W/m}^2\text{K}$$

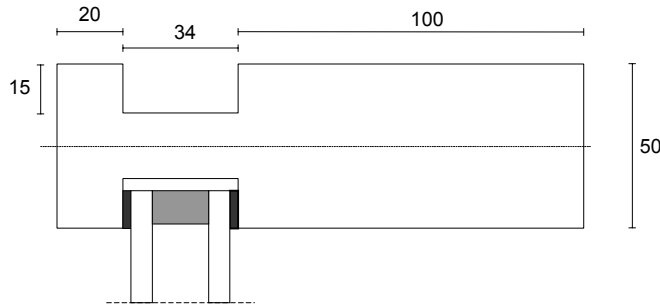
Beregninger

Lodpost og tværpost

I beregningseksemplet er lod- og tværpost identiske, hvorfor de her vil blive behandlet sammen.

I beregningsprogrammet "Therm" opbygges posten til beregning af hhv. varmetransmissionskoefficient U_m og U_t , samt de lineære varmetransmissionskoefficient Ψ_g og Ψ_p .

Postens dimensioner er optegnet på nedenstående figur 3.



Figur 3 illustration af anvendt post

Posten opbygges i "Therm" iht. prEN ISO 10077-2, og der foretages beregninger af varmetransmissionskoefficienten, $U_{m,t}$, og de lineære varmetransmissionskoefficienter, $\Psi_{g,p}$, efter følgende formler.

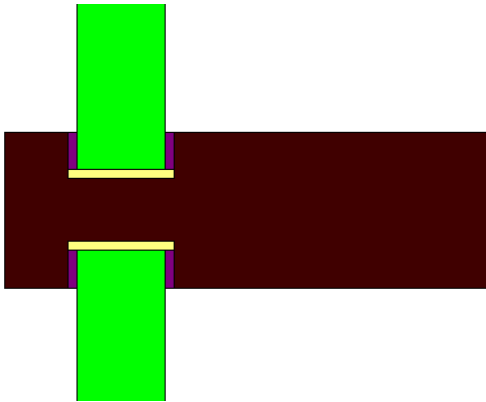
$$U_{m,t} = \frac{U_{therm} \cdot l_{tot} - U_{p,therm} \cdot l_{p,therm}}{l_{m,t}}$$

$$\Psi_{g,p} = U_{therm} \cdot l_{tot} - U_{m,t} \cdot l_{m,t} - U_{g,p} \cdot l_{g,p}$$

hvor

U_{therm} og l_{tot}	værdier fundet i beregningsprogrammet
$U_{p,therm}$	U-værdien af det isoleringspanel som indsættes i profilet i henhold til standarden.
$l_{p,therm}$	længden af det indsatte isoleringspanel
$l_{m,t}$	længden af postprofilet. Som angivet på figur 3 er $l_{m,t} = 50$ mm
$U_{g,p}$	U-værdien af hhv. den anvendte rude (1,1 W/m ² K) og isoleringspanelet (0,46 W/m ² K)
$l_{g,p}$	længden af rude eller isoleringspanel i modellen, iflg standard 190 mm

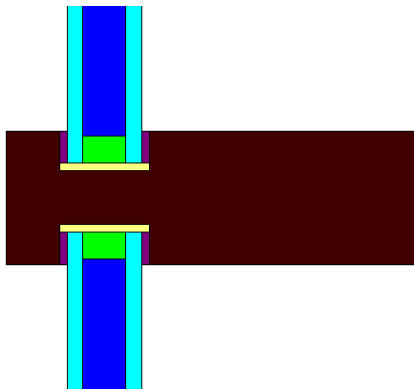
Først beregnes varmetransmissionskoefficienten. I den anvendte model er hele profilet medtaget og ikke simuleret med anvendelse af symmetrilinien, hvorfor $l_{g,p}$ er 0,380 m. Modellen er her vist med indsættelse af isoleringsmaterialet til anvendelse af udregning af postens varmetransmissionskoefficient.



$$U_{m,t} = \frac{1,071 \cdot 0,430 - 1,03 \cdot 0,380}{0,050} = 1,36 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Figur 4 Anvendt model i "Therm"

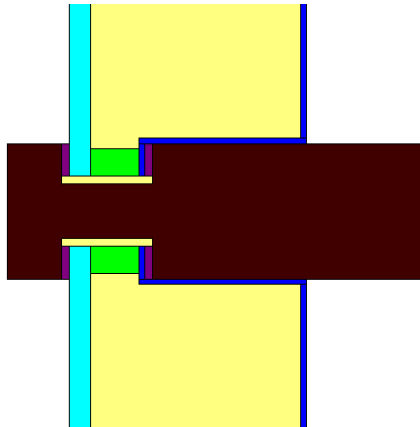
Herefter kan den lineære varmetransmissionskoefficient udregnes for rude isat post. Resultatet er divideret med to, da der i simuleringen er medtaget to afstandsp profiler.



$$\psi_g = \frac{1,564 \cdot 0,43 - 1,36 \cdot 0,05 - 1,1 \cdot 0,380}{2} = 0,087 \text{ W/mK}$$

Figur 5 Anvendt model i "Therm"

Efter samme beregningsprincip beregnes den lineære varmetransmissionskoefficient for isoleringspanelet der anvendes i glasfacadens midterste modul. Resultatet er igen divideret med to, da der i simuleringen er medtaget to afstandsp profiler.



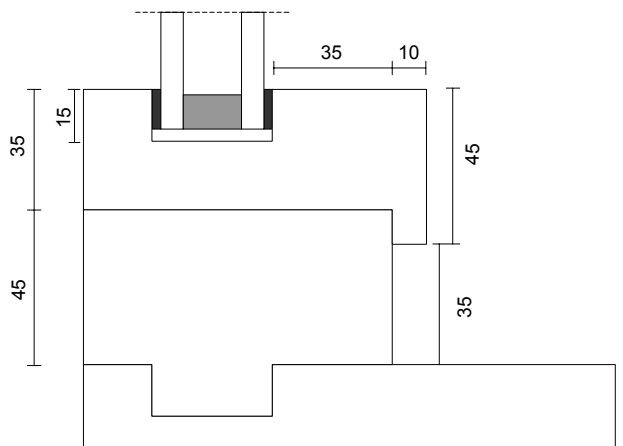
$$\psi_p = \frac{0,9358 \cdot 0,43 - 1,36 \cdot 0,05 - 0,46 \cdot 0,380}{2} = 0,080 \text{ W/mK}$$

Figur 6 Anvendt model i "Therm"

Ramme-karm

På samme vis som for posten, foretages beregninger af varmetransmissionskoefficient, U_f , og lineær varmetransmissionskoefficient, Ψ_g , for ramme-karm. Den lineære varmetransmissionskoefficient beregnes endnu engang, da ramme-karm designet er forskellig fra postens og det derved kan forventes at værdien er ændret.

Dimensionen af ramme-karm er optegnet på nedenstående figur 7.



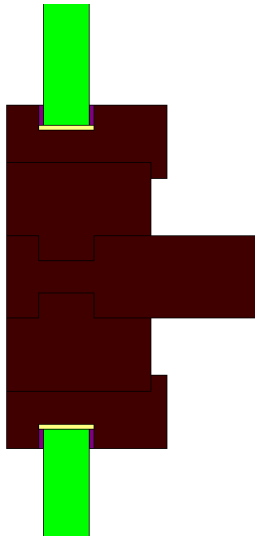
Figur 7 illustration af anvendt ramme-karm

Ramme-karm opbygges ligeledes i "Therm" iht. prEN ISO 10077-2, og der foretages beregninger af varmetransmissionskoefficienten og de lineære varmetransmissionskoefficienter efter grundliggende samme formler som for post. Der korrigeres dog for den fundne varmestrøm gennem posten, som er medtaget i modellen.

Det opbyggede snit svarer til 1/1 vist i figur 1.

$$U_f = \frac{U_{therm} \cdot l_{tot} - U_{p,therm} \cdot l_{p,therm} - U_{m,t} \cdot l_{m,t}}{l_f}$$

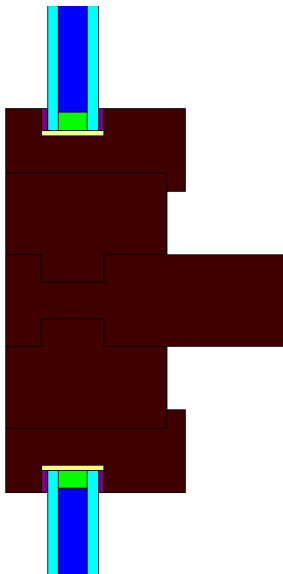
$$\psi_g = U_{therm} \cdot l_{tot} - U_{m,t} \cdot l_{m,t} - U_f \cdot l_f - U_{g,p} \cdot l_{g,p}$$



$$U_f = \frac{1,086 \cdot 0,59 - 1,03 \cdot 0,380 - 1,36 \cdot 0,05}{0,16} = 1,13 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Figur 8 Anvendt model i "Therm"

Herefter kan den lineære varmetransmissionskoefficient udregnes for rude isat ramme-karm. Resultatet er divideret med to, da der i simuleringen er medtaget to afstandsprofiler.



$$\psi_g = \frac{1,441 \cdot 0,59 - 1,36 \cdot 0,05 - 1,13 \cdot 0,16 - 1,1 \cdot 0,380}{2}$$

$$\psi_g = 0,085 \text{ W/mK}$$

Figur 9 Anvendt model i "Therm"

Alle varmetekniske egenskaber af de anvendte profiler er nu bestemt.

Følgende resultater er fremkommet.

Table 1 Sammenfatning af varmetekniske egenskaber for de anvendte delelementer

Element	U -værdi	Ψ -værdi
Rude	$U_g = 1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$	-
Rude i post (fx snit 5/5)	-	$\Psi_g = 0,087 \text{ W/mK}$
Rude i ramme-karm (fx snit 1/1)	-	$\Psi_g = 0,085 \text{ W/mK}$
Isoleringspanel	$U_p = 0,46 \text{ W/m}^2\text{K}$	-
Panel i post (fx snit 4/4)	-	$\Psi_p = 0,080 \text{ W/mK}$
Lodpost	$U_m = 1,36 \text{ W/m}^2\text{K}$	-
Tværpost	$U_t = 1,36 \text{ W/m}^2\text{K}$	-
Ramme-karm	$U_f = 1,13 \text{ W/m}^2\text{K}$	-

Bestemmelse af arealer

I følgende afsnit udregnes alle de nødvendige arealer og perimenter af det betragtede glasfacadeelement.

Elementet har et grundmålene 3,3 x 1,2 m. Lod- og tværpost har en profildbredde på 50 mm og ramme-karmbredden er 80 mm.

Rammer

Lodpost	A_m	$2 \cdot 3,30 \text{ m} \cdot 0,025 \text{ m}$	= 0,165 m²
Tværpost		$2 \cdot (1,20 \text{ m} - 2 \cdot 0,025 \text{ m}) \cdot 0,025$	= 0,0575 m ²
		$2 \cdot (1,20 \text{ m} - 2 \cdot 0,025 \text{ m}) \cdot 0,05$	= 0,1150 m ²
	A_t		= 0,1725 m²
Ramme-karm		$2 \cdot (1,20 \text{ m} - 2 \cdot 0,025 \text{ m}) \cdot 0,08$	= 0,1840 m ²
		$2 \cdot (1,10 \text{ m} - 2 \cdot 0,025 \text{ m} - 2 \cdot 0,08 \text{ m}) \cdot 0,08$	= 0,1424 m ²
	A_f		= 0,3264 m²

Rude

Bevægelig del	bredde	$1,2 \text{ m} - 2 \cdot 0,025 \text{ m} - 2 \cdot 0,08 \text{ m}$	= 0,99 m
	højde	$1,1 \text{ m} - 2 \cdot 0,025 \text{ m} - 2 \cdot 0,08 \text{ m}$	= 0,89 m
	A_g	$0,99 \text{ m} \cdot 0,89 \text{ m}$	= 0,8811 m²

Fast del	bredde	$1,2 \text{ m} - 2 \cdot 0,025 \text{ m}$	$= 1,15 \text{ m}$
	højde	$1,1 \text{ m} - 2 \cdot 0,025 \text{ m}$	$= 1,05 \text{ m}$
	A_g	$1,15 \text{ m} \cdot 1,05 \text{ m}$	$= 1,2075 \text{ m}^2$

Perimeter	l_g		
Bevægelig del	l_g	$2 \cdot 0,99 \text{ m} + 2 \cdot 0,89 \text{ m}$	$= 3,76 \text{ m}$
Fast del	l_g	$2 \cdot 1,15 \text{ m} + 2 \cdot 1,05 \text{ m}$	$= 4,40 \text{ m}$

Isoleringspanel

bredde	$1,2 \text{ m} - 2 \cdot 0,025 \text{ m}$	$= 1,15 \text{ m}$
højde	$1,1 \text{ m} - 2 \cdot 0,025 \text{ m}$	$= 1,05 \text{ m}$
A_p	$1,15 \text{ m} \cdot 1,05 \text{ m}$	$= 1,2075 \text{ m}^2$

Perimeter	l_g	$2 \cdot 1,15 \text{ m} + 2 \cdot 1,05 \text{ m}$	$= 4,40 \text{ m}$
-----------	-------	---	--------------------

Beregning af den samlede varmetransmissionskoefficient

Tabel 2 Beregning af den samlede varmetransmissionskoefficient for et glasfacadeelement

	Areal [m ²]	U-værdi [W/m ² K]	Længde [m]	Ψ-værdi [W/mK]	A·U [W/K]	Ψ·l [W/K]
Lodpost	$A_m = 0,165$	$U_m = 1,36$			0,2244	
Tværpost	$A_t = 0,1725$	$U_t = 1,36$			0,2346	
Ramme-karm	$A_f = 0,3264$	$U_f = 1,13$			0,3688	
Rude						
- bevægelig	$A_g = 0,8811$	$U_g = 1,1$	$l_g = 3,76$	$\Psi_g = 0,085$	0,9692	0,3196
- fast	$A_g = 1,2075$	$U_g = 1,1$	$l_g = 4,40$	$\Psi_g = 0,087$	1,3283	0,3828
Iso. panel	$A_p = 1,2075$	$U_g = 0,46$	$l_p = 4,40$	$\Psi_p = 0,080$	0,5555	0,3520
Total	$A_{tot} = 3,96$				3,681	1,054
$A_{CW} \cdot U_{CW} = \sum A \cdot U + \psi \cdot l$					4,735	
$U_{CW} = \left(\frac{4,735}{3,96} \right)$					$U_{CW} = 1,20 \text{ W/m}^2\text{K}$	

Beregning af sollystransmittansen, τ , og solenergitransmittansen, g .

Værdier for sollystransmittans, τ , og total solenergitransmittans, g , findes på baggrund af det mindste lysareal. Værdierne af τ_g og g_g er tidligere fundet til hhv. $\tau_g = 0,72$ og $g_g = 0,56$

$$\tau = \frac{A_g \cdot \tau_g}{\sum A} \quad \text{og} \quad g = \frac{A_g \cdot g_g}{\sum A}$$

Sollystransmittansen findes til:

$$\tau = \frac{(0,8811 + 1,2075) \cdot 0,72}{3,96} = 0,38$$

Solenergitransmittansen findes til:

$$\tau = \frac{(0,8811 + 1,2075) \cdot 0,56}{3,96} = 0,30$$