BYG•DTU

Karsten Duer

Nye dannebrogsvinduers Energimæssige egenskaber

DANMARKS
TEKNISKE
UNIVERSITET

Sagsrapport
BYG•DTU SR-01-09
2001
ISSN 1601-8605

INDHOLDSFORTEGNELSE

1. INDLEDNING 1

2. BESKRIVELSE AF THERM 2

3. UNDERSØGTE VINDUER 2

4. FREMGANGSMÅDE 3

4.1 RANDBETINGELSER 3
4.2 BEREGNING AF RAMME-KARMPROFILERS U-VÆRDIER 3
4.3 BEREGNING AF RUDERS U- OG G-VÆRDIER 4

5. RESULTATER 4

5.1 BEREGNEDE VÆRDIER MED ENERGIRUDE OG GALVANISERET AFSTANDSPROFIL 4
5.2 BEREGNEDE VÆRDIER MED ENERGIRUDE OG RUSTFRIT AFSTANDSPROFIL 6
5.3 BEREGNEDE VÆRDIER MED TERMORUDE OG GALVANISERET AFSTANDSPROFIL 7

1. INDLEDNING

Nærværende rapport beskriver beregning af varmetransmissionskoefficient (U-værdi), total solenergitransmittans (g-værdi) og resulterende energitilskud for et konkret dannebrogsvindue fremstillet af hhv. træ, aluminiumsbeklædt træ, PVC og af blandede materialer. Beregningerne er gennemført ved hjælp af beregningsprogrammet THERM2.0 /1/ (bestemmelse af ramme-karmdelens U-værdi) samt Pilkingtons beregningsprogram GLAS98 (rudedelens U-værdi og g-værdi).
Undersøgelserne er gennemført på Danmarks Tekniske Universitet, BYG•DTU for Raadvad Centret.

2. BESKRIVELSE AF THERM

Beregningsprogrammet THERM2.0 er udviklet af Windows and Daylighting Group ved Lawrence Berkely National Laboratory, Californien USA. THERM benytter en 2-D beregningsmodel baseret på finite element metoden (FEM). Finite element metoden kræver, at det undersøgte tværsnit deles op i et stort antal delarealer ved hjælp af et finmasket net. Ved anvendelse af de fleste FEM programmer sker netinddelingen manuelt dvs. brugerens vurderinger og erfaringer afgør hvorledes netinddelingen ender med at se ud. Netinddelingen er ikke uvæsentlig for beregningsresultatet og to forskellige brugere kan således nemt få to forskellige beregningsresultater ud fra samme grundprofil. Herudover er de fleste FEM programmer begrænset til kun at kunne anvende rektangulære delarealer ved beregningerne. Fordelen ved THERM er, at nettet genereres automatisk af THERM og at programmet er i stand til også at håndtere delarealer, der ikke er rektangulære, dvs. der er mulighed for at foretage beregninger på "skæve" geometrier.

3. UNDERSØGTE VINDUER

Basis for undersøgelserne er et konkret dannebrogsvindue med størrelsen (bxh) 1163 x 1834 mm. Der er undersøgt fire forskellige profiltyper, opdelt efter anvendte materialer:

1. træ
2. aluminiumsbeklædt træ
3. PVC
4. blandede materialer (træ, aluminium, kunststof).

Profilerne er anonymiserede i undersøgelserne, men de undersøgte profiler repræsenterer vinduer på det danske marked.

Vinduerne er forsynet med to forskellige to-lags ruder:

1. energirude med center U-værdi på 1,1 W/m²K og g-værdi på 0,59
2. gammeldags termorude med U-værdi 2,8 W/m²K og g-værdi på 0,76.

Ruderne er forsynet med afstandsprofiler af galvaniseret jern og kantkonstruktionens ækvivalente varmeledningsevne er beregnet til 1,4 W/mK. For vinduesprofilerne af træ, alubeklædt træ og PVC er anvendte en rudeopbygning som 4-15-4 mm. For vinduesprofilet af blandede materialer er anvendt en rudeopbygning som 4-16-4 mm.

For hver af de fire profiltyper er der undersøgt vinduer som er:

1. usprossede
2. med vandret enkeltsprosse i hver af de nederste fag
3. småsprossede, hvor der i hver af de nederste rammer er tre vandrette og en lodret sprosse og i hver af de øverste rammer er en vandret og en lodret sprosse.

Der er for hver af de fire profiltyper undersøgt to sprossetyper:
1. gennemgående sprosse eller "ægte sprosse", hvor ruderne i hvert fag opdeles i flere enheder.
2. "snyde-" eller "energisprosse" hvor ruderne i hvert fag er uopdelte. Her er sprosseprofilerne f.eks. klæbet til glasset og afstandsprofilerne bag sprosserne svæver mellem glaslagene uden direkte kontakt til disse.

4. FREMGANGSMÅDE

4.1 RANDBETINGELSER

Der er i overensstemmelse med EN673 /2/ og prEN 10077-2 /3/ regnet med følgende randbetingelser:

	Inde	Ude
Temperatur	20°C	0°C
Varmeoverføringskoefficient, frie flader	8 W/m²K	23 W/m²K
Varmeoverføringskoefficient, reduceret stråling	5 W/m²K	-

Lukkede hulrum er regnet som uventilerede, hulrum med forbindelse til det fri med spaltebredde < 10 mm er regnet som let ventilerede hulrum.

4.2 BEREGNING AF RAMME-KARMPROFILERS U-VÆRDIER

Ved beregningerne er ramme-karmprofilernes U-værdier bestemt i henhold til prEN 10077-2 version februar 2000 /3/. Metoden bygger på en opsplitning af varmestrømmen gennem vinduets elementer i de tre dele U_{ramme}, U_{rude} og Ψ_{kant}. Ψ_{kant} karakteriserer kuldebroeffekten af rudens afstandsprofil. Opsplitningen sker beregningsmæssigt ved at gennemføre to beregningstrin: Først beregnes rammens U-værdi ved i beregningsmodellen at erstatte ruden med et isoleringspanel med varmeledningsevne på 0.035 W/m²K. Nu beregnes varmestrømmen gennem ramme + panel. Herefter fratrækkes den en-dimensionelle varmestrøm gennem panelet, hvorved rammens U-værdi kan udregnes. I næste beregningstrin erstattes isoleringspanelet med ruden inkl. kantkonstruktion og varmestrømmen gennem ramme + rude beregnes. Så fratrækkes varmestrømmen gennem rammen (fundet i forrige trin) og den en-dimensionelle varmestrøm gennem ruden (fundet i et rudeberegningsprogram). Tilbage bliver den lineære transmissions-koefficient Ψ.

For "snyde/energisprosser" er der her regnet med en resulterende afstand mellem glaslag og afstandsprofil på 1,5 mm, idet der herved tages hensyn til den indbøjning af glasset, der forventes at opstå under de simulerede driftforhold. Spalterne mellem glas og afstandsprofiler er regnet uventilerede og der er således ikke gjort forsøg på at kvantificere eventuelle effekter af konvektion mellem spalter og hulrummet i den øvrige rude.

4.3 BEREGNING AF RUDERS U- OG g-VÆRDIER

Ved beregning af ruders U- og g-værdier er anvendt beregnings-programmet GLAS 98.
Alle værdier er beregnet i GLAS98 for konkrete Pilkington produkter.

5. RESULTATER

I tabellerne nedenfor er vist de beregnede værdier. For hver af de undersøgte fire materialetilfælde (trævindue, alubeklædt trævindue, PVC-vindue og vindue af blandede materialer) er angivet U- og g-værdier for et komplet vindue med størrelsen 1163 x 1834 mm. På basis af U- og g-værdierne er de samlede energitilskud som de forskellige vinduestilfælde giver anledning til beregnet efter metoderne angivet i /5/ ud fra formlen E = 0.7*281*g – 90*U. En positiv værdi af E betyder, at vinduet tillader mere solenergi at komme ind i bygningen end der ledes ud som varmetab. Omvendt betyder en negativ værdi, at vinduet taber mere energi end det vinder. Energitilskuddet udregnes over fyringssæsonen i Danmark.

Alle vinduesudformningerne findes som usprossede, med vandret enkeltsprosse i hver af de nederste fag og som småsprossede, hvor der i hver af de nederste rammer er tre vandrette og en lodret sprosse og i hver af de øverste rammer er en vandret og en lodret sprosse. Resultaterne er givet for vinduer med energiruder i afsnit 5.1 og med termoruder i afsnit 5.3. I afsnit 5.2 er vist resultater opnået hvis afstandsprofilet i et trævindue med energiruder ændres fra galvaniseret jern til rustfrit stål.

5.1 BEREGNEDE VÆRDIER MED ENERGIRUDE OG GALVANISERET AFSTANDSPROFIL

*Tabel **Fejl! Ukendt argument for parameter.** Nyt trævindue med energirude og galvaniseret afstandsprofil*

Trævindue, galv. afst.profil	**U**	**g**	**Energitilskud**
Uden sprosser	1,6	0,34	-77
Enkelt gennemgående sprosse	1,7	0,33	-88
Enkelt snyde/energisprosse	1,6	0,33	-79
Småsprosset, gennemgående sprosser	2,1	0,23	-143
Småsprosset, snyde/energisprosser	1,8	0,29	-105
	[W/m²K]	-	[kWh/m²*år]

*Tabel **Fejl! Ukendt argument for parameter.** Nyt alubeklædt trævindue med energirude og galvaniseret afstandsprofil*

Træ/alu vindue, galv. afst.profil	**U**	**g**	**Energitilskud**
Uden sprosser	1,7	0,34	-86
Enkelt gennemgående sprosse	1,8	0,32	-99
Enkelt snyde/energisprosse	1,7	0,33	-88

Småsprosset, snyde/energisprosser	1,8	0,29	-105
	[W/m²K]	-	[kWh/m²*år]

*Tabel **Fejl! Ukendt argument for parameter.** Nyt plastvindue med energirude og galvaniseret afstandsprofil*

Plast vindue, galv. afst.profil	**U**	**g**	**Energitilskud**
Uden sprosser	1,8	0,31	-101
Enkelt gennemgående sprosse	1,9	0,29	-114
Enkelt snyde/energisprosse	1,8	0,30	-103
Småsprosset, snyde/energisprosser	1,9	0,25	-122
	[W/m²K]	-	[kWh/m²*år]

*Tabel **Fejl! Ukendt argument for parameter.** Nyt vindue af blandede materialer med energirude og galvaniseret afstandsprofil*

Blandede materialer, galv. afst.profil	**U**	**g**	**Energitilskud**
Uden sprosser	2,0	0,40	-101
Enkelt gennemgående sprosse	2,2	0,39	-121
Enkelt snyde/energisprosse	2,0	0,40	-101
Småsprosset, snyde/energisprosser	2,1	0,35	-120
	[W/m²K]	-	[kWh/m²*år]

5.2 BEREGNEDE VÆRDIER MED ENERGIRUDE OG RUSTFRIT AFSTANDSPROFIL

For trævinduet er foretaget en beregning af den energimæssige effekt af at erstatte de galvaniserede afstandsprofiler med rustfri afstandsprofiler. Kantkonstruktionens ækvivalente varmeledningsevne reduceres herved fra 1,4 W/mK til 0,5 W/mK.

*Tabel **Fejl! Ukendt argument for parameter.** Nyt trævindue med energirude og afstandsprofil af rustfrit stål.*

Trævindue, rustfrit afst.profil	**U**	**g**	**Energitilskud**
Uden sprosser	1,5	0,34	-68
Enkelt gennemgående sprosse	1,6	0,33	-79
Enkelt snyde/energisprosse	1,5	0,33	-70
Småsprosset, gennemgående sprosser	1,9	0,23	-126
Småsprosset, snyde/energisprosser	1,6	0,29	-93
	[W/m²K]	-	[kWh/m²*år]

5.3 BEREGNEDE VÆRDIER MED TERMORUDE OG GALVANISERET AFSTANDSPROFIL

*Tabel **Fejl! Ukendt argument for parameter.** Nyt trævindue med termorude og galvaniseret afstandsprofil*

Trævindue, galv. afst.profil	**U**	**g**	**Energitilskud**
Uden sprosser	2,5	0,44	-138
Enkelt gennemgående sprosse	2,5	0,42	-142
Enkelt snyde/energisprosse	2,5	0,43	-140
Småsprosset, gennemgående sprosser	2,5	0,29	-168
Småsprosset, snyde/energisprosser	2,4	0,37	-143
	[W/m²K]	-	[kWh/m²*år]

*Tabel **Fejl! Ukendt argument for parameter.** Nyt alubeklædt trævindue med termorude og galvaniseret afstandsprofil*

Træ/alu vindue, galv. afst.profil	**U**	**g**	**Energitilskud**
Uden sprosser	2,5	0,43	-140
Enkelt gennemgående sprosse	2,5	0,41	-144
Enkelt snyde/energisprosse	2,5	0,42	-142
Småsprosset, snyde/energisprosser	2,5	0,37	-152
	[W/m²K]	-	[kWh/m²*år]

*Tabel **Fejl! Ukendt argument for parameter.** Nyt plastvindue med termorude og galvaniseret afstandsprofil*

Plast vindue, galv. afst.profil	**U**	**g**	**Energitilskud**
Uden sprosser	2,6	0,40	-155
Enkelt gennemgående sprosse	2,6	0,37	-161
Enkelt snyde/energisprosse	2,6	0,39	-157
Småsprosset, snyde/energisprosser	2,5	0,32	-162
	[W/m²K]	-	[kWh/m²*år]

*Tabel **Fejl! Ukendt argument for parameter.** Nyt vindue af blandede materialer med termorude og galvaniseret afstandsprofil*

Blandede materialer, galv. afst.profil	**U**	**g**	**Energitilskud**
Uden sprosser	3,0	0,52	-167
Enkelt gennemgående sprosse	3,0	0,51	-170
Enkelt snyde/energisprosse	3,0	0,51	-170
Småsprosset, snyde/energisprosser	2,9	0,45	-172
	[W/m²K]	-	[kWh/m²*år]

Referencer

/1/ THERM: *A PC Program for Analyzing Two-Dimendional Heat Transfer Through Building Products.*
Window and Daylighting Group, Building Technologies Program
Lawrence Berkely National Laboratory.
Berkely, CA 94720 USA.

/2/ EN673. Glass in building – Determination of thermal transmittance (U value) – Calculation method.

/3/ prEN 10077-2 Windows, doors and shutters - Calculation of thermal transmittance -Part 2: Numerical methods for frames, 29.02.2000

/4/ EN410. Glass in building – Determination of luminous and solar characteristics of glazing.

/5/ Ruders og vinduers energimæssige egenskaber. Kompendium 5: Energirigtigt valg af ruder og vinduer. Institut for Bygninger and Energi, DTU, 1999