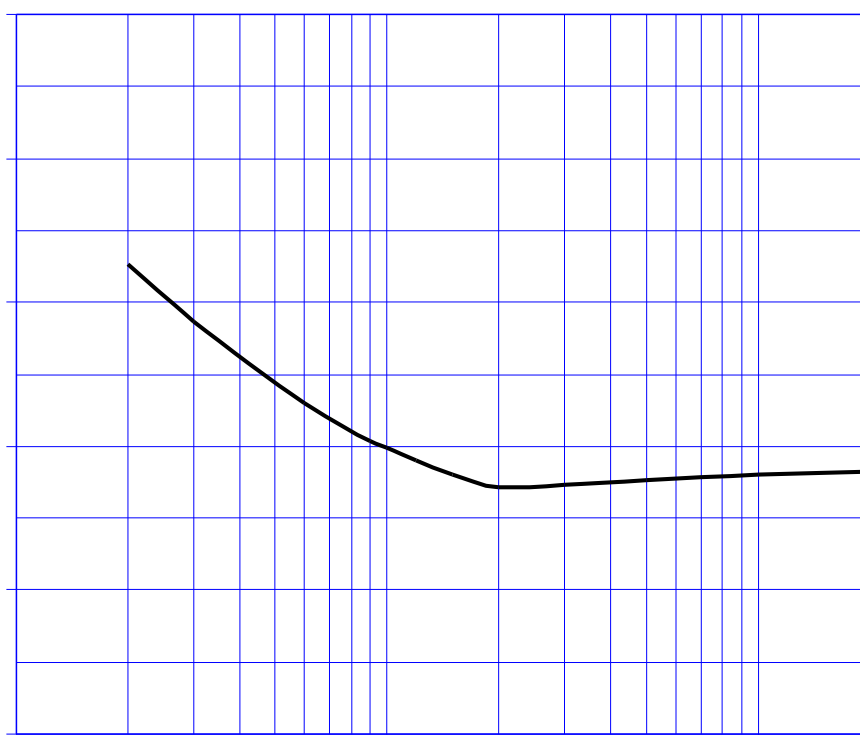


RUDER OG VINDUERS ENERGIMÆSSIGE EGENSKABER

Kompendium 2:

FORENKLEDE METODER TIL BESTEMMELSE AF ENERGIMÆRKNINGSDATA



Indholdsfortegnelse

FORORD TIL KOMPENDIUM 2.....	5
1 RUDER OG VINDUERS ENERGIMÆSSIGE EGENSKABER.....	6
1.1 ENERGIMÆRKNINGSDATA.....	6
1.2 RUDERS ENERGIKLASSE.....	7
2 BESKRIVELSE AF ENERGIMÆRKNINGSDATA.....	8
2.1 BAGGRUND.....	8
2.2 ENERGIMÆRKNINGSDATA FOR RUDER.....	8
2.3 ENERGIMÆRKNINGSDATA FOR VINDUER.....	10
3 ORIENTERING OM RELEVANTE STANDARDER I FORBINDELSE MED ENERGIMÆRKNING.....	13
3.1 ENERGIMÆRKNINGSDATA FOR RUDER.....	13
3.1.1 Varmetransmissionskoefficient for ruder.....	13
3.1.2 Sollystransmittans og total solenergitransmittans for ruder.....	13
3.2 ENERGIMÆRKNINGSDATA FOR VINDUER.....	13
3.2.1 Varmetransmissionskoefficient for vinduer.....	13
3.2.2 Sollystransmittans og total solenergitransmittans for vinduer.....	14
4 METODER TIL BESTEMMELSE AF ENERGIMÆRKNINGSDATA FOR RUDERS MIDTE OG KLASSEAFDELING AF RUDER.....	15
4.1 OPLYSTE ENERGIMÆRKNINGSDATA FRA GLASLEVERANDØRER BASERET PÅ GODKENDT BEREKNINGSPROGRAM.....	15
4.1.1 Spectrum.....	15
4.1.2 Calumen 5.0.....	15
4.2 LISTE MED ENERGIMÆRKNINGSDATA FRA GLASLEVERANDØR.....	15
4.3 METODE TIL KLASSEAFDELING AF RUDER.....	17
4.3.1 Energitilskud.....	17
4.3.2 Klasseafdeling af ruder.....	17
5 METODER TIL BESTEMMELSE AF ENERGIMÆRKNINGSDATA FOR KANTKONSTRUKTIONEN SAMT RAMME-KARMKONSTRUKTIONEN.....	19
5.1 METODER TIL BESTEMMELSE AF ÆKVIVALENT VARMELEDNINGSEVNE, λ_k , FOR KANTKONSTRUKTIONER.....	19
5.1.1 Tabeloversigt over ækvivalente varmeledningsevner, λ_k	19
5.2 TABELOVERSIGT OVER U_R -VÆRDIEN FOR RAMME-KARMKONSTRUKTIONEN.....	20
5.2.1 Ramme-karm af træ eller beklædt træ.....	20
5.2.2 Ramme-karm af plast eller metal.....	20
5.3 METODER TIL BESTEMMELSE AF DEN LINEÆRE TRANSMISSIONSKOEFFICIENT FOR RUDENS AFSTANDSPROFIL, ψ_G	21
5.3.1 Tabeloversigt over linietafskoefficienter.....	21
6 METODER TIL BESTEMMELSE AF ENERGIMÆRKNINGSDATA FOR VINDUER.....	22
6.1 FORENKLEDE METODER TIL BEREKNING AF ENERGIMÆRKNINGSDATA FOR VINDUER 22	
6.1.1 DS 418.....	22
6.1.2 Sollystransmittans for vinduer.....	22
6.1.3 Den total solenergitransmittans for vinduer.....	22
6.2 PROGRAMMET UVINDUE.....	23
6.2.1 Programmæssige informationer.....	23
6.2.2 Beregningsmetoder og begrænsninger.....	23
6.2.3 Bestemmelse af geometri for vindue.....	23
7 OVERSIGT OVER FORENKLEDE METODER TIL BESTEMMELSE AF ENERGIMÆRKNINGSDATA.....	25

8	BESTEMMELSE AF ENERGIMÆRKNINGSDATA FOR RUDERS MIDTE – EKSEMPLER	26
8.1	BEREGNING HOS GLASPRODUCENT.....	26
8.2	KLASSIFIKATION AF RUDER - EKSEMPLER.....	27
9	BESTEMMELSE AF ENERGIMÆRKNINGSDATA FOR KANTKONSTRUKTIONER – EKSEMPLER	28
9.1	ÆKVIVALENT VARMELEDNINGSEVNE, λ_k	28
10	BESTEMMELSE AF ENERGIMÆRKNINGSDATA FOR RAMME-KARMKONSTRUKTIONER – EKSEMPLER	29
10.1	U-VÆRDI	29
10.1.1	Ramme-karmkonstruktioner af træ	29
10.1.2	Ramme-karmkonstruktioner af beklædt træ	30
10.1.3	Ramme-karmkonstruktion af plast	30
10.1.4	Ramme-karmkonstruktion af metal.....	31
10.1.5	Ramme-karmkonstruktion af blandede materialer	31
10.2	LINEÆRE TRANSMISSIONSKOEFFICIENT, ψ_G	32
10.2.1	Ramme-karmkonstruktioner af træ	32
10.2.2	Ramme-karmkonstruktioner af beklædt træ	32
10.2.3	Ramme-karmkonstruktioner af plast	32
10.2.4	Ramme-karmkonstruktioner af metal.....	32
10.2.5	Ramme-karmkonstruktioner af blandede materialer	32
11	BESTEMMELSE AF ENERGIMÆRKNINGSDATA FOR VINDUER - EKSEMPLER	33
11.1	DS 418	33
11.1.1	Eksempel: Vindue nr. 1	33
11.1.2	Eksempel Vindue nr. 2	35
11.1.3	Eksempel: Vindue nr. 3	36
11.1.4	Eksempel: Dør.....	38
11.2	UVINDUE	39
12	MÅLING AF ENERGIMÆRKNINGSDATA	41
	LITTERATUR	42
	ADRESSER	43
A.	SAMMENFATNING AF ENERGIMÆRKNINGSORDNINGEN FOR RUDER OG VINDUER.....	44
A.1	RUDER	44
A.1.1	PRODUKTBEKRIVELSE (ENERGIMÆRKNINGSDATA)	44
A.1.2	ENERGIKLASSIFIKATION (PERMANENT MÆRKNING).....	44
A.1.3	SAMMENFATNING RUDER	45
A.2	VINDUER.....	45
A.2.1	PRODUKTBEKRIVELSE	45
A.2.2	PERMANENT MÆRKNING	45
A.2.3	SAMMENFATNING VINDUER	45

Forord til kompendium 2

Målgruppen for kompendium 2 er hovedsageligt producenter af ruder og vinduer. Målet med kompendiet er at give et overblik over forenklede metoder til bestemmelse af energimærkningsdata for ruder og vinduer.

I kompendiet beskrives energimærkningsordningen og forenklede metoder til bestemmelse af energimærkningsdata baseret på relevante standarder. De forenklede metoder til bestemmelse af energimærkningsdata består af opslag i diagrammer og tabeller samt beregningsprogrammer med et lavt behov for oplysninger fra brugeren.

Udover standarder der beskriver forenklede metoder findes standarder, der beskriver detaljerede metoder. De detaljerede metoder omtales i kompendium 3 og består af metoder til detaljeret modellering i beregningsprogrammer. I forbindelse med forenklede beregninger for ruder, vinduer og døre omtales forskellige programmer. Der gives en kort gennemgang af metoden til klassifikation af ruder på basis af deres energitilskud.

Sidst i kompendiet gives en kort sammenfatning af energimærkningsordningen for ruder og vinduer.

Følgende har medvirket til udarbejdelsen af kompendiet:

Morten Møller Mogensen, Toke Rammer Nielsen, Svend Svendsen Karsten Duer, Jesper Kragh og Jacob Birck Laustsen.

Herudover har Lars Olsen, Teknologisk Institut, bidraget med beskrivelsen af programmet UVindue.

Konstruktiv kritik og forslag til forbedringer modtages gerne og kan sendes til:

Professor Svend Svendsen
Danmarks Tekniske Universitet
DTU Byg
Bygning 118, Brovej
DK-2800 Kgs. Lyngby

Kompendiets indhold er senest revideret marts 2001. En liste over hvilke ændringer der er foretaget i kompendiet siden første version findes i **Error! Reference source not found.**

Denne version af kompendiet med nr. U-002 erstatter den tidligere version 3 nr. U-045.

Copyright

Copyright © DTU Byg, Danmarks Tekniske Universitet, 2009

Materialet må i sin helhed frit kopieres og distribueres uden vederlag.

Eftertryk i uddrag er tilladt, men kun med kildeangivelsen:

Ruder og vinduers energimæssige egenskaber. Kompendium 2: "Forenklede metoder til bestemmelse af energimærkningsdata".

DTU Byg, Danmarks Tekniske Universitet, 2009

1 Ruder og vinduers energimæssige egenskaber

Udgangspunktet for kompendierne er "Energimærkningsordningen for vinduer og ruder", der sætter fokus på ruder og vinduers termiske og optiske egenskaber (bestemmelserne for energimærkningsordningen er beskrevet i ordningens vedtægter [1] samt tekniske bestemmelser for vinduer [3] og ruder [2]). Dette har medført et generelt informationsbehov på området. Kompendierne skal give læserne generel information om energimæssige egenskaber af ruder og vinduer. Herunder oplysning om forenklede og detaljerede metoder til bestemmelse af ruder og vinduers energimærkningsdata samt eventuelt ruders energiklasse. Desuden behandler kompendierne energirigtigt valg af ruder og vinduer samt udvikling af energirigtige ruder og vinduer. I appendiks A er retningslinierne for selve energimærkningsordningen sammenfattet.

I energimærkningsordningen opereres med følgende tre benævnelser:

1. **Energimæssige egenskaber:** Fællesbetegnelse for energimærkningsdata og energiklasse.
2. **Energimærkningsdata:** De grundlæggende energimæssige data for ruder/vinduer.
3. **Energiklasse:** Bogstavbenævnelse for ruder på basis af energitilskuddet.

1.1 Energimærkningsdata

En oversigt over ruder og vinduers energimærkningsdata er vist i Tabel 1.

Ruders energimærkningsdata omfatter:

- varmetransmissionskoefficienten (U_g -værdien) for rudens midte der angiver rudens evne til at begrænse varmetabet gennem ruden.
- sollystransmittansen (τ_t -værdien) for ruden der angiver rudens evne til at transmittere den synlige del af solstrålingen.

- den totale solenergitransmittans (g -værdien) for ruden der angiver rudens evne til at transmittere solstråling både direkte som solstråling og indirekte som varme.
- kantkonstruktionens ækvivalente varmeledningsevne (λ_k) der angiver kantkonstruktionens indflydelse på varmetabet i samlingen mellem ruden og ramme-karmkonstruktionen.

Vinduers energimærkningsdata - alle baseret på vinduets udvendige areal - omfatter:

- varmetransmissionskoefficienten (U -værdien) der angiver vinduets evne til at begrænse varmetabet gennem vinduet.
- sollystransmittansen (τ_t -værdien) der angiver vinduets evne til at transmittere den synlige del af solstrålingen
- den totale solenergitransmittans (g -værdien) der angiver vinduets evne til at transmittere solstråling både direkte som solstråling og indirekte som varme.

Ruder og vinduers U -værdi og g -værdi er tilsammen bestemmende for energitilskuddet til bygningen de sidder i. Sollystransmittansen har indflydelse på lysindfaldet. Den ækvivalente varmeledningsevne for rudernes kantkonstruktion karakteriserer kantkonstruktionen og benyttes til at bestemme størrelsen af kuldebroen i samlingen mellem rude og ramme-karm.

Tabel 1. Oversigt over energimærkningsdata for ruder og vinduer

Energimærkningsdata	
Ruder	<ul style="list-style-type: none"> - Varmetransmissionskoefficient - Sollystransmittans - Total solenergitransmittans - Ækvivalent varmeledningsevne af kantkonstruktionen
Vinduer	<ul style="list-style-type: none"> - Varmetransmissionskoefficient - Sollystransmittans - Total solenergitransmittans

1.2 Ruders energiklasse

Energiltuskuddet gennem ruden til bygningen er den tilførte solenergi minus varmetabet ud gennem ruden. Hvis der tilføres mere solenergi ind gennem ruden end der ledes ud som varmetab, er energiltuskuddet positivt, og det resulterer i en opvarmning af bygningen. Energiltuskuddet for en rude kan altså indikere, hvor ”god” ruden samlet er til at mindske varmetabet fra og tilføre solvarme til en bygning. Dette udnyttes i den energimæssige klassifikation af ruder, som baseres på rudernes energiltuskud til et referencehus. Der opstilles tre energiklasser som vist i Tabel 2:

Tabel 2 Klassifikation af ruder på basis af deres energiltuskud

Energi klasse	Grænseværdier
A	Energiltuskud større end 20,0 kWh/m ²
B	Energiltuskud større end 10,0 kWh/m ² til og med 20,0 kWh/m ²
C	Energiltuskud større end 0,0 kWh/m ² til og med 10,0 kWh/m ²

Energi klassifikation af ruder bør kun anvendes i forbindelse med ruder i opvarmningsdominerede boliger, hvor et positivt energiltuskud er ønsket. I f.eks. kontorbyggerier, hvor der ofte er stor intern varmeproduktion, kan ruder med stort energiltuskud give anledning til overtemperaturer. I kontorbyggerier er det altså ikke nødvendigvis fordelagtigt at anvende ruder med stort energiltuskud.

2 Beskrivelse af energimærkningsdata

2.1 Baggrund

Energimærkningsordningen er etableret af brancheorganisationerne med støtte fra Energistyrelsen. Bestemmelserne for energimærkningsordningen er beskrevet i ordningens vedtægter [1] samt tekniske bestemmelser for vinduer [3] og ruder [2].

Formålet med energimærkningsordningen er

- at give forbrugerne et dokumenteret retvisende grundlag for bedømmelse af de energimæssige egenskaber ved vinduer/yderdøre og ruder
- at tilskynde til øget anvendelse af komponenter med de bedste energi- og miljømæssige egenskaber

Endvidere er formålet med energimærkningsordningen at tilvejebringe et fælles grundlag for efterprøvning af de tilsluttede virksomheders aktiviteter til sikring af, at energimærkede vinduer og ruder opfylder de krav, der er angivet i de gældende tekniske bestemmelser.

2.2 Energimærkningsdata for ruder

Bestemmelserne i forbindelse med energimærkning af ruder er beskrevet i "Tekniske bestemmelser for ruder" [2].

I forbindelse med energimærkningen af ruder skal der foreligge en beskrivelse, der som minimum indeholder følgende størrelser

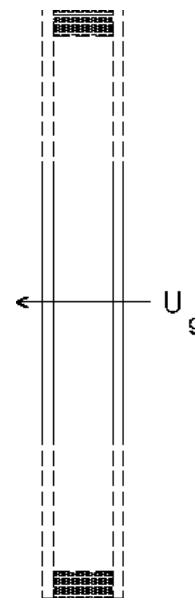
- varmetransmissionskoefficienten¹ U_g midt på ruden
- sollystransmittansen τ_t gældende for vinkelret indfald af sollys
- den totale solenergitransmittans g for vinkelret indfald af solstråling
- kantkonstruktionens ækvivalente varmeledningsevne λ_k

¹ Betegnelsen varmetransmissionskoefficient er identisk med betegnelsen transmissionskoefficient i DS 418.

De opgivne energimærkningsdata skal være angivet ved standardforhold for at oplysninger fra forskellige producenter er sammenlignelige. Standardforholdene for beregninger er defineret ved en udvendig og indvendig overgangsisolans på hhv. $0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$ og $0,13 \text{ m}^2\text{K/W}$ og en udvendig og indvendig lufttemperatur på hhv. $0 \text{ }^\circ\text{C}$ og $20 \text{ }^\circ\text{C}$. Ved målinger tilstræbes samme forhold, idet der dog ikke skelnes mellem indvendig og udvendig overgangsisolans, men søges opnået en samlet overgangsmodstand på $0,17 \text{ m}^2\text{K/W}$.

Varmetransmissionskoefficient

Rudens varmetransmissionskoefficient (U_g -værdi) kan bestemmes med beregningsprogrammer ud fra oplysninger om gassen eller gasblandingen ruden er fyldt med og glaslagenes eller belægningsers emissivitet. Desuden kan rudens varmetransmissionskoefficient bestemmes ved måling. Rudens U_g -værdi angives for rudens midte som vist i Figur 1.



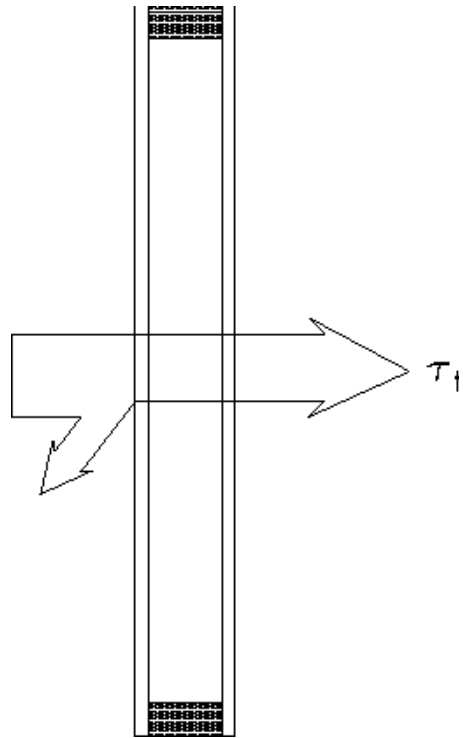
Figur 1. U -værdien for ruden bestemmes for rudens midte.

Sollystransmittans

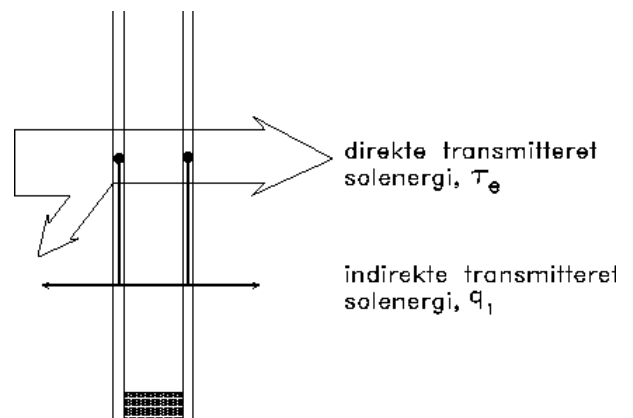
Sollystransmittansen angiver den del af den synlige solstråling på ruden, der transmitteres gennem ruden som skitseret i Figur 2. Sollystransmittansen bestemmes på grundlag af oplysninger om de enkelte glaslags transmittans, reflektans og absorptans for den synlige del af solstrålingen.

Total solenergitransmittans

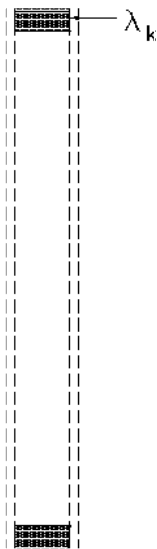
Den totale solenergitransmittans angiver den del af solstrålingen på ruden, der tilføres det bagvedliggende rum som skitseret i Figur 3. Den totale solenergitransmittans bestemmes på grundlag af oplysninger om de enkelte glaslags transmittans, reflektans og absorptans for solstråling samt rudens varmetransmissionsforhold. Rudens varmetransmissionsforhold har betydning for hvor stor en del af den solenergi, der absorberes i ruden, som tilføres det bagvedliggende rum.



Figur 2. Sollystransmittans for ruder.



Figur 3. Total solenergitransmittans for ruder.



Figur 4. Ækvivalent varmeledningsevne for kantkonstruktionen.

Ækvivalent varmeledningsevne

Den ækvivalente varmeledningsevne for kantkonstruktionen benyttes til at beskrive den resulterende effekt af de forskellige dele i rudens kantkonstruktion som skitseret i Figur 4. Størrelsen af den ækvivalente varmeledningsevne kan bestemmes med detaljerede beregningsprogrammer på basis af oplysninger om afstandsprofil, tørremiddel og forseglingsmasser. Størrelsen kan også bestemmes ved måling. Oplysning af den ækvivalente varmeledningsevne gør det nemmere for vinduesproducenterne at foretage detaljerede beregninger af den lineære varmetransmissionskoefficient for samlingen mellem rude og ramme. Den lineære varmetransmissionskoefficient omtales i afsnit 2.3. Desuden gør oplysningen om den ækvivalente varmeledningsevne det nemmere for rudeproducenterne at angive sammenlignelige oplysninger om deres produkter.

2.3 Energimærkningsdata for vinduer

Bestemmelserne i forbindelse med energimærkning af vinduer er beskrevet i "Tekniske bestemmelser for vinduer" [3]. Bestemmelserne dækker alle sædvanlige vindueskonstruktioner – herunder vinduer med koblede rammer samt ovenlysvinduer. For yderdøre dækker bestemmelserne alle sædvanlige konstruktioner til terrasse- og hoveddøre. For døre uden ruder stilles kun krav om oplysning af varmetransmissionskoefficienten.

I forbindelse med energimærkningen af de enkelte produkter skal som et minimum følgende størrelser opgives

- varmetransmissionskoefficient² U
- sollystransmittansen τ_t gældende for vinkelret indfald af sollys
- den totale solenergitransmittans g for vinkelret indfald af solstråling

Alle størrelser opgives som totalværdier baseret på de udvendige mål af det aktuelle produkt.

² Betegnelsen varmetransmissionskoefficient er identisk med betegnelsen transmissionskoefficient i DS 418.

Der skal endvidere foreligge oplysninger om energimærkningsdata for ruder, der indgår i vinduet. Kun vinduer som indeholder ruder, der er mærket med energiklasse kan påføres permanent energimærkning. Se også appendiks A.

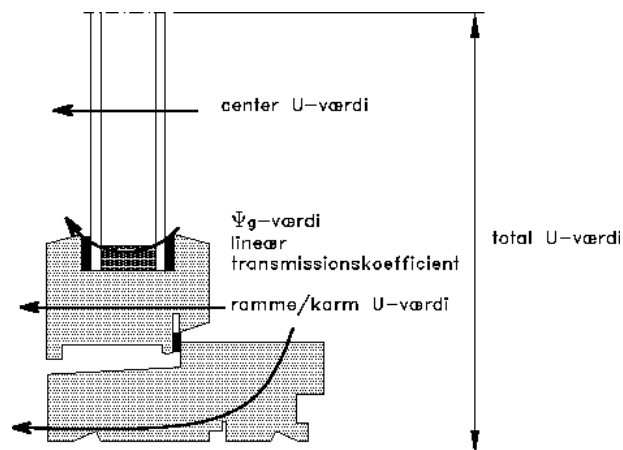
De opgivne energimærkningsdata skal være angivet ved standardforhold for at oplysninger fra forskellige producenter er sammenlignelige. Standardforholdene er defineret ved en udvendig og indvendig overgangs-isolans på hhv. $0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$ og $0,13 \text{ m}^2\text{K/W}$ og en udvendig og indvendig lufttemperatur på hhv. $0 \text{ }^\circ\text{C}$ og $20 \text{ }^\circ\text{C}$.

Varmetransmissionskoefficient

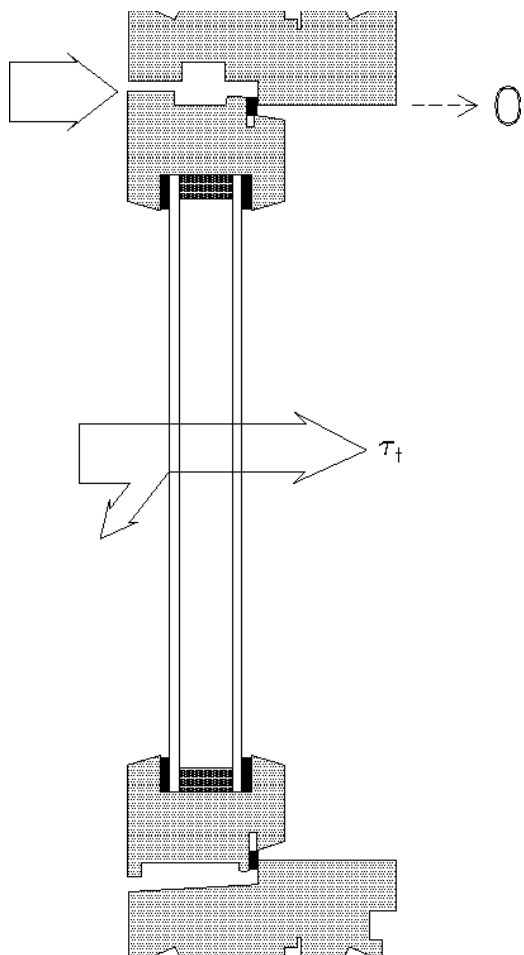
Varmetransmissionskoefficienten for vinduer bestemmes på baggrund af varmetransmissionskoefficienten for ruden og ramme-karmkonstruktionen samt den lineære transmissionskoefficient af samlingen mellem rude og ramme. Bidragene er vist i Figur 5. Størrelsen kan bestemmes ved hjælp af detaljerede beregningsprogrammer eller mere forenklede metoder omtalt i DS 418 6. udgave [4]. Desuden kan varmetransmissionskoefficienten måles.

Lineær transmissionskoefficient

Den lineære transmissionskoefficient står for det ekstra varmetab, der skyldes samlingen mellem rude og ramme. Det ekstra varmetab opstår på grund af kuldebrovirkningen i rudens kantkonstruktion og rammens geometri. Den lineære transmissionskoefficient er således resultatet af både rudekantens og rammens varmetekniske egenskaber. For en række typiske konstruktioner kan størrelsen af den lineære transmissionskoefficient bestemmes ud fra tabelværdier i DS 418 6. udgave [4]. For alle konstruktioner kan den lineære transmissionskoefficient også beregnes detaljeret eller måles.



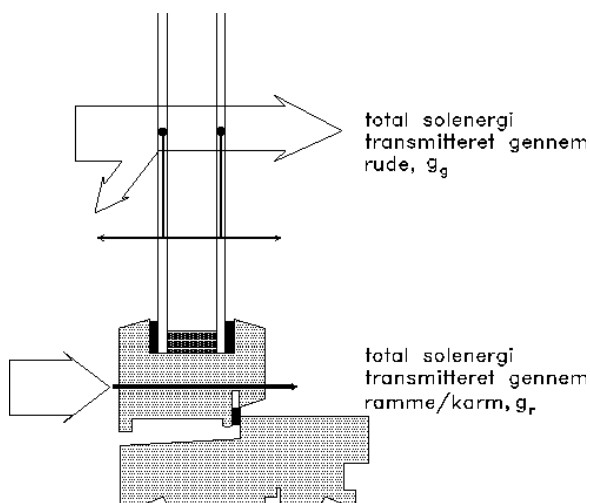
Figur 5 U-værdien for vinduer



Figur 6. Sollystransmittans for vinduer.

Sollystransmittans og den totale solenergitransmittans

Sollystransmittansen og den totale solenergitransmittansen for vinduet er afhængig af glasarealet og vinduesarealet. Vinduetts værdier for sollystransmittans og den totale solenergitransmittans fremkommer som rudens sollystransmittans og totale solenergitransmittans multipliceret med forholdet mellem glasarealet og vinduesarealet. Med detaljerede beregningsprogrammer vil den totale solenergitransmittans for vinduet kunne bestemmes mere præcist, da disse ikke kun tager hensyn til hvilken rude der anvendes i vinduet, men også baserer resultatet på den solenergi, der absorberes i ramme-karmkonstruktionen. Sollystransmittansen og den totale solenergitransmittans er vist i Figur 6 og Figur 7.



Figur 7 Total solenergitransmittans for vinduer

3 Orientering om relevante standarder i forbindelse med energimærkning

I dette afsnit gennemgås danske og internationale standarder, der beskriver forenklede metoder til bestemmelse af de værdier, der indgår i energimærkningsordningen.

3.1 Energimærkningsdata for ruder

3.1.1 Varmetransmissionskoefficient for ruder

Den forenklede metode til beregning af varmetransmissionskoefficienten (U_g -værdien) for ruder fremgår af den europæiske standard EN 673 [5].

Metoden kan bruges på glas med og uden belægninger samt ruder bestående af flere lag glas. Metoden bestemmer U_g -værdien midt på ruden uden indvirkning fra kantkonstruktionen.

Materialeværdier opgivet i standarden for visse typer glas og gasser kan benyttes, medmindre der er bestemt en nøjagtigere værdi.

U_g -værdien findes ved at bestemme isoleringsevnen af de enkelte dele der indgår i ruden. Udfra oplysning om glastype og glastykkelse findes isoleringsevnen af glaslagene i ruden. Oplysninger om hvilken gas eller gasblanding ruden er fyldt med, tykkelsen af mellemrum mellem glassene og emissivitet af glasoverfladerne, der vender mod mellemrummet mellem glassene, bestemmer isoleringsevnen af mellemrummene mellem glaslagene. Den samlede U_g -værdi findes udfra den samlede virkning af glaslag og glasmellemrum samt indvendig og udvendig varmeovergangstal.

3.1.2 Sollystransmittans og total solenergitransmittans for ruder

Den europæiske standard EN 410 [7] beskriver hvordan sollystransmittansen og den totale solenergitransmittans bestemmes for ruder udfra spektrale data for de glas der indgår i ruden.

Sollystransmittansen τ_t findes ved at vægte bidragene fra transmittansen ved forskellige bølglængder i den synlige del af solens spektrum under hensyntagen til øjets spektrale følsomhed og fordelingen af solens spektrum i det synlige område.

Solenergitransmittansen τ_e findes ved at vægte bidragene fra transmittansen ved forskellige bølglængder over hele solens spektrum under hensyntagen til fordelingen af solens spektrum.

Den totale solenergitransmittans g findes som summen af solenergitransmittansen og den sekundære varmestrøm pga. absorption i glaslagene.

Den sekundære varmestrøm findes på baggrund af solenergien absorberet i rudens glaslag, varmeovergangen mellem glaslagene og overgangsisolanser udvendigt og indvendigt.

3.2 Energimærkningsdata for vinduer

3.2.1 Varmetransmissionskoefficient for vinduer

Metoden til beregning af varmetransmissionskoefficienten (U -værdien) for vinduer og yderdøre fremgår af den danske standard DS 418 6. udgave [4], der er baseret på den europæiske standard EN 10077-1 [6]. Metoden er baseret på benyttelse af tabeller og diagrammer til bestemmelse af U -værdien for ruden og ramme-karmkonstruktionen samt den lineære transmissionskoefficient. Oplysning om de benyttede værdier kan også komme fra producenter eller bestemmes ved detaljerede beregninger. For beregning af yderdøre skal endvidere benyttes en U -værdi for dørpladen. Denne metode vil kunne benyttes for almindelige vindues- og dørtyper.

DS 418 6. udgave [4] er udgivet i 2002 og har til formål at opdatere reglerne for beregning af varmetab gennem vinduer og yderdøre

U -værdien for vinduer og yderdøre U bestemmes ifølge DS 418 6. udgave af

$$U = \frac{A_g \cdot U_g + l_g \cdot \Psi_g + A_r \cdot U_r + A_f \cdot U_f}{A'}$$

hvor

- A_g glasarealet [m^2].
- l_g omkredsen af glasarealet [m].
- A_f fyldningens areal [m^2].
- A_r ramme-karmarealet [m^2].
- A' vinduets eller dørens areal i [m^2].
- U_g varmetransmissionskoefficienten midt på ruden [W/m^2K].
- Ψ_g den lineære transmissionskoefficient for rudens afstandsprofil [W/mK].
- U_f varmetransmissionskoefficienten for fyldningen [W/m^2K].
- U_r varmetransmissionskoefficienten for ramme-karmarealet [W/m^2K].

Som det fremgår af formlen til bestemmelse af U-værdien, findes denne ved en vægtning af U-værdien for de enkelte dele i vinduet eller døren med hensyn til delenes areal samt et tillæg for kuldebrovirkningen af samlingen mellem ramme og rude.

U-værdien midt på ruden U_g angiver U-værdien for ruden uden påvirkninger fra kantkonstruktionen. For rudens U-værdi anvendes aflæste værdier fra diagrammer i DS 418 6. udgave [4], medmindre der er bestemt en nøjagtigere værdi. En nøjagtigere værdi for den benyttede rude kan være opgivet af rudedroucenten. For andre rudetyper end angivet i figureerne og teksten må U-værdien bestemmes på anden vis.

Den lineære transmissionskoefficient Ψ_g angiver varmetabet, der skyldes rudens kantkonstruktion og samlingsdetaljer mellem ramme og rude. For den lineære transmissionskoefficient anvendes aflæste værdier fra tabeller i DS 418 6. udgave [4], medmindre der er bestemt en nøjagtigere værdi. For andre ramme-karmkonstruktioner end angivet i teksten og tabellen må den lineære transmissionskoefficient bestemmes på anden vis.

U-værdien U_r for almindelige ramme-karmkonstruktioner findes ud fra diagrammer i DS 418 6. udgave [4], medmindre der er bestemt en nøjagtigere værdi. Oplysningerne i DS 418 6. udgave [4] dækker almindelige ramme-karmkonstruktioner. For andre ramme-karmkonstruktioner end beskrevet må U-værdien bestemmes på anden vis.

U-værdien U_f for fyldninger benyttes, hvis der i vinduer eller yderdøre indgår en ikke gennemsigtig del udover ramme-karmkonstruktionen. I yderdøre vil fyldningen udgøres af dørpladen. U-værdien for fyldninger bestemmes som for andre bygningsdele ud fra reglerne i DS 418.

3.2.2 Sollystransmittans og total solenergitransmittans for vinduer

Den totale solenergitransmittans og sollystransmittansen for vinduer bestemmes som beskrevet i præstandard ISO 15099 [8]. Denne standard er ikke en europæisk standard, men beregningsmetoderne beskrevet i standarden benyttes i europæiske programmer såsom WIS [9].

Sollystransmittansen τ_t for vinduer bestemmes af

$$\tau_t = \frac{\tau_{t,g} \cdot A_g}{A'}$$

hvor $\tau_{t,g}$ er sollystransmittans for ruden.
 A_g er glasarealet.
 A' er vinduesarealet.

Den totale solenergitransmittans g for vinduer bestemmes af

$$g = \frac{g_g \cdot A_g + g_r \cdot A_r}{A'}$$

hvor g_g er den totale solenergitransmittans for ruden.
 A_g glasarealet. [m^2]
 g_r den totale solenergitransmittans for ramme-karmkonstruktionen.
 A_r arealet af ramme-karmkonstruktionen [m^2]
 A' vinduesarealet. [m^2]

Den totale solenergitransmittans for ramme-karmkonstruktionen kan beregnes med detaljerede beregningsprogrammer. I en forenklet beregning udelades den totale solenergitransmittans for ramme-karmkonstruktionen, da denne i praksis er meget lav.

4 Metoder til bestemmelse af energimærkningsdata for ruders midte og klassifikation af ruder

Ruders energimærkningsdata kan bestemmes på to måder, ved hjælp af:

- Oplyste energimærkningsdata fra glasleverandører baseret på godkendt beregningsprogram.
- Liste med energimærkningsdata fra glasleverandør.

Der gøres opmærksom på, at DS 418 [4] alene kan benyttes til at bestemme U-værdien og ikke øvrige energimærkningsdata. Derfor indgår DS 418 ikke som metode til bestemmelse af ruders energimærkningsdata.

4.1 Oplyste energimærkningsdata fra glasleverandører baseret på godkendt beregningsprogram³

Efter undersøgelse og test af forskellige programmer, vil følgende seks beregningsprogrammer kunne godkendes og benyttes til beregning af ruders energimærkningsdata³:

- Spectrum
- Calumen5.0
- GLAD 99
- WIS
- Vision4
- Window4.1

Programmerne skal opfylde kravene i EN 410 [7] og EN 673 [5]

De tre sidstnævnte kræver et indgående kendskab til inddata, såsom de spektrale data for hvert glas der indgår i ruden. Derfor er disse programmer ikke medtaget i dette kompendium over forenklede metoder, men beskrevet i kompendium 3: Detaljerede metoder til bestemmelse af energimærkningsdata.

4.1.1 Spectrum

Pilkington har udviklet programmet Spectrum, der kan regne på forskellige kombinationer af glas fra deres produktsortiment. Programmet kan blandt andet beregne varmetransmissionskoefficienten, sollystransmittans og den totale solenergitransmittans for forskellige ruder.

Programmet udnytter en database, der indeholder spektrale og varmetekniske data for de forskellige glastyper i Pilkingtons produktsortiment.

Spectrum er ikke offentligt tilgængeligt, men programmet er godkendt og oplyste værdier fra Pilkington baseret på programmet kan benyttes som dokumentation af energimærkningsdata for ruders midte.

4.1.2 Calumen 5.0

Scanglas har udviklet programmet Calumen5.0, der kan regne på forskellige kombinationer af glas fra deres produktsortiment. Programmet kan blandt andet beregne varmetransmissionskoefficienten, sollystransmittans og den totale solenergitransmittans for forskellige ruder.

Programmet udnytter en database, der indeholder spektrale og varmetekniske data for de forskellige glastyper i Scanglas' produktsortiment.

Programmet er ikke offentligt tilgængeligt, men programmet er godkendt og oplyste værdier fra Scanglas baseret på programmet kan benyttes som dokumentation af energimærkningsdata for ruders midte.

4.2 Liste med energimærkningsdata fra glasleverandør

Glasleverandøren kan ved hjælp af godkendt beregningsprogram udarbejde en liste over sine produkters energimærkningsdata. Denne liste godkendes derpå af energimærkningssekretariatet, hvorefter rudeproducenten kan henvise til denne liste som dokumentation for rudens energimærkningsdata.

I Tabel 3 er vist et eksempel på hvorledes en liste over forskellige rudetyper kan se ud.

³Programmet Spectrum er endnu ikke gennemtestet, men forventes godkendt primo juni 2000.

Tabel 3. Oversigt over de mest almindelige rudetyper på markedet med angivelse af varme-transmissionskoefficient, sollystransmittans og total solenergitransmittans. Varmetransmissionskoefficienten er angivet for tre luftarter. Argon90 og krypton90 er en blanding af 90% argon hhv. krypton og 10% luft. Den totale solenergitransmittans er angivet i tilfældet med luftfyldning, men er næsten uafhængig af gasfyldningens type.

Rudetype Glastykkelse og af- stande	Belægning Belagt over- flade talt udefra	Varmetransmissions- koefficient	Sollystrans- mittans	Total Solenergi- transmittans
		U_g	τ_t	g
mm	Position	W/m^2K		
		luft-argon90-krypton90		luft
Almindeligt floatglas				
4		5,8 -	0,90	0,86
4-12-4		2,9 - 2,7 -	0,82	0,76
4-12-4-12-4		1,9 - 1,8 -	0,74	0,68
Almindeligt floatglas + * energiglas (type 1, 2 eller 3)				
4-koblet- * 4 (1)	3	1,8 -	0,75	0,71
4-12-4-koblet- * 4 (1)	5	1,3 -	0,69	0,63
4-12- * 4 (1)	3	1,9 - 1,6 - 1,5	0,75	0,71
4-15- * 4 (1)	3	1,7 - 1,5 - 1,5	0,75	0,71
4-24- * 4 (1)	3	1,7 - 1,5 - 1,5	0,75	0,71
4-12- * 4 (2)	3	1,8 - 1,5 - 1,3	0,77	0,66
4-15- * 4 (2)	3	1,6 - 1,3 - 1,3	0,77	0,66
4-24- * 4 (2)	3	1,6 - 1,4 - 1,4	0,77	0,66
4-15- * 4 (3)	3	1,4 - 1,1 - 1,1	0,75	0,59
6-15- * 6 (2)	3	1,6 - 1,3 -	0,75	0,63
4- * 15-4 (2)	2	1,6 - 1,3 -	0,77	0,61
4-12-4-12- * 4 (2)	5	1,4 - 1,1 -	0,70	0,59
4-15-4-15- * 4 (3)	5	1,1 - 0,9 - 0,8	0,68	0,53
4- * 12-4-12- * 4 (3)	2 + 5	0,8 - 0,6 - 0,5	0,62	0,40
Solafskærmende glas (gennemfarvet) + * energiglas (2)				
6 grå-15- * 6 (2)	3	1,6 - 1,3 -	0,36	0,37
6 grøn-15- * 6 (2)	3	1,6 - 1,3 -	0,63	0,39
Solafskærmende glas (belagt) + * energiglas (2)				
6 silver-15- * 6 (2)	3	1,5 - 1,3 -	0,17	0,17
6 blå-15- * 6 (2)	3	1,5 - 1,3 -	0,26	0,22
6 grå-15- * 6 (2)	3	1,5 - 1,3 -	0,27	0,27
Solafskærmende glas (belagt inkl. energibelægning) + almindeligt floatglas (eller * energiglas (2))				
4 klar-15-4	2	1,4 - 1,1 -	0,65	0,44
6 klar-15-6	2	1,4 - 1,1 -	0,65	0,44
6 neutral-15-6	2	1,6 - 1,3 -	0,54	0,44
6 silver-15-6	2	1,4 - 1,1 -	0,41	0,27
6 klar-15- * 6 (2)	2 + 3	- 1,1 - 1,1	0,61	0,39
6 klar-12-4-12- * 6 (2)	2 + 5	- 0,8 - 0,6	0,55	0,36
Solafskærmende glas (gennemfarvet) + solafskærmende glas (belagt inkl. energibelægning)				
6 grå-15-klar 4	3	1,4 - 1,1 -	0,31	0,30
6 grå-15-silver 6	3	1,4 - 1,1 -	0,20	0,22
6 grøn-15-klar 4	3	1,4 - 1,1 -	0,54	0,32
6 grøn-15-silver 6	3	1,4 - 1,1 -	0,35	0,23

Energiglas er betegnelsen for glas med en emissivitet $\epsilon < 0,2$

Energiglas type 1: Hård lavemissionsbelægning

Energiglas type 2: Blød lavemissionsbelægning $\epsilon = 0,1$

Energiglas type 3: Blød lavemissionsbelægning $\epsilon = 0,04$

4.3 Metode til klassifikation af ruder

4.3.1 Energitilskud

En rudes energitilskud til bygningen er den nyttiggjorte solenergi, som transmitteres ind i bygningen minus varmetabet ud gennem ruden. Energitilskuddet for en rude afhænger derfor af både rudens U-værdi og g-værdi og er således en størrelse, som kan indikere om ruden yder et positivt eller negativt bidrag til bygningens varmebalance. Et positivt energitilskud betyder, at ruden i fyringssæsonen netto giver en tilførsel af energi til bygningens opvarmning.

Energitilskuddet for forskellige ruder er interessant i tilfælde, hvor der er tale om en udskiftning af ruder i eksisterende vinduer, og i situationer hvor man ønsker at vælge en rude til brug i en vindueskonstruktion.

For at bestemme energitilskuddet skal solindfaldet ved den aktuelle orientering samt antallet af gradtimer i fyringsperioden benyttes. På basis af referenceåret DRY [15] bestemmes solindfaldet for orienteringerne nord, syd og øst/vest, samt antallet af gradtimer i fyringssæsonen. Solindfaldet korrigeres for g-værdiens afhængighed af indfaldsvinklen. Det beregnede korrigerede solindfald for lodrette vinduer, samt antallet af gradtimer er vist i Tabel 4

Tabel 4. Korrigeret solindfald ved forskellige orienteringer samt gradtimer i fyringssæsonen.

Orientering	Korrigeret solindfald I_{kor} [kWh/m ²]	Gradtimer G [kKh]
Nord	104,5	90,36
Syd	431,4	90,36
Øst/vest	232,1	90,36

Ud fra værdierne i Tabel 4 kan energitilskuddet E for en bestemt rude i en given orientering bestemmes som:

$$E = I_{korr} \cdot g - G \cdot U \quad [\text{kWh/m}^2]$$

hvor

- g Total solenergitransmittans for vinklet indfald af solstråling
- U Varmetransmissionskoefficient for rudens midte
- I_{korr} Solindfald korrigeret for g-værdiens afhængighed af indfaldsvinklen

G Gradtimer i fyringssæsonen baseret på indetemperatur på 20 °C

Metoden til bestemmelse af det korrigerede solindfald og antallet af gradtimer er yderligere beskrevet i appendiks A i kompendium 1.

4.3.2 Klassifikation af ruder

For at gøre det mere overskueligt, og for hurtigt at kunne vurdere ruders energimæssige egenskaber, er der indført en klassifikation af ruder på basis af deres energitilskud. Klassifikationen tjener primært det formål at karakterisere ruder ved et enkelt symbol på en retvisende måde.

For at opnå et entydigt sammenligningsgrundlag baseres klassifikationen af ruder på energitilskuddet til et referencehus med følgende vinduesfordeling:

Nord: 26 %
Syd: 41 %
Øst/vest: 33 %

Det samlede energitilskud fra alle husets vinduer beregnes ved at vægte energitilskuddet fra de tre orienteringer. Der regnes med en skyggefaktor på $F_s = 0,7$, hvilket iflg. SBI- anvisning 184 [16] svarer til 10° horisontalafskæring og lille tagudhæng. Solenergitransmittansen g korrigeres med hensyn til skyggefaktoren F_s :

$$g_{korr} = g \cdot F_s$$

Energitilskuddet til referencehuset for en given rude beregnes således ved:

$$\begin{aligned} E_{reference} &= E_{nord} + E_{syd} + E_{\text{øst/vest}} \\ E_{reference} &= 0,26 \cdot (104,5 \cdot 0,7 \cdot g - 90,36 \cdot U) + \\ &\quad 0,41 \cdot (431,4 \cdot 0,7 \cdot g - 90,36 \cdot U) + \\ &\quad 0,33 \cdot (232,1 \cdot 0,7 \cdot g - 90,36 \cdot U) \end{aligned}$$

som samles til:

$$E_{reference} = 196,4 \cdot g - 90,36 \cdot U$$

Denne formel danner grundlaget for energiklassifikationen.

For at forenkle og tydeliggøre energimærkingen af ruder, omformes værdien for energitilskuddet til en af energiklasserne A, B eller C som vist i Tabel 5.

Tabel 5. Energiklassifikation af ruder

Energiklasse	Grænseværdier
A	Energtilskud større end 20,0 kWh/m ²
B	Energtilskud større end 10,0 kWh/m ² til og med 20,0 kWh/m ²
C	Energtilskud større end 0,0 kWh/m ² til og med 10,0 kWh/m ²

Til opvarmningsdominerede boliger er ruder i energiklasse A altså de energimæssigt bedste. Klassifikationen bør kun anvendes i forbindelse med valg af ruder til opvarmningsdominerede bygninger. I f.eks. kontorbyggerier, hvor der ofte er stor intern varmeproduktion, kan ruder med stort energitilskud give anledning til overtemperaturer. En rude i energiklasse A er derfor ikke at foretrække her. Klassifikationen er således ikke egnet til valg af ruder i kontorbyggeri.

Ruder med energitilskud mindre end 0 kWh/m² klassificeres ikke. Klassificeringen baseres på U- og g-værdier for ruder med en glasafstand på 15 mm uanset at den faktiske glasafstand er anderledes.

5 Metoder til bestemmelse af energimærkningsdata for kantkonstruktionen samt ramme-karmkonstruktionen

I dette afsnit bestemmes den ækvivalente varmeledningsevne for kantkonstruktioner, λ_k , samt energimærkningsdata for ramme-karmkonstruktioner, herunder U-værdi og ψ -værdi. ψ -værdier er ikke egentlige energimærkningsdata, men den skal benyttes ved bestemmelse af U-værdien for hele vinduet.

5.1 Metoder til bestemmelse af ækvivalent varmeledningsevne, λ_k , for kantkonstruktioner

Kantkonstruktioner kan have mange forskellige udformninger og være lavet af mange forskellige materialer. For at bestemme en nøjagtig værdi for den ækvivalente varmeledningsevne af kantkonstruktioner er det nødvendigt at foretage en detaljeret beregning (se kompendium 3: Detaljerede metoder til bestemmelse af energimærkningsdata). Men hvis sådanne beregninger ikke kan udføres eller værdien ikke kan oplyses af profilmfabrikant, kan værdierne i Tabel 6 benyttes.

En detaljeret beregning vil føre til mere præcise og bedre værdier end i Tabel 6, da disse værdier er beregnet således at de dækker over mange forskellige typer kantkonstruktioner og værdierne er på den sikre side, dvs. de ligger højere end de værdier der vil fremkomme ved de detaljerede beregninger.

Tabelværdierne kan benyttes for alle afstandsprofiler af aluminium, rustfrit stål eller almindeligt stål. For aluminium kan værdierne benyttes når godstykkelsen er mindre end 0,5 mm og højden er 6,5 mm. For rustfrit stål kan værdierne benyttes når godstykkelsen er mindre end 0,25 mm og højden er 6,5 mm.

5.1.1 Tabeloversigt over ækvivalente varmeledningsevner, λ_k

Den ækvivalente varmeledningsevne for forskellige kantkonstruktioner er vist i Tabel 6.

Tabel 6. Ækvivalent varmeledningsevne for forskellige kantkonstruktioner.

Materiale	Aluminium	Stål	Rustfrit stål
Mellemrum mellem glas	[W/mK]	[W/mK]	[W/mK]
10	2,4	1,8	0,83
12	2,7	2,1	0,87
14	3,1	2,3	0,89
15	3,3	2,4	0,91
16	3,5	2,5	0,92
24	4,6	3,0	0,97

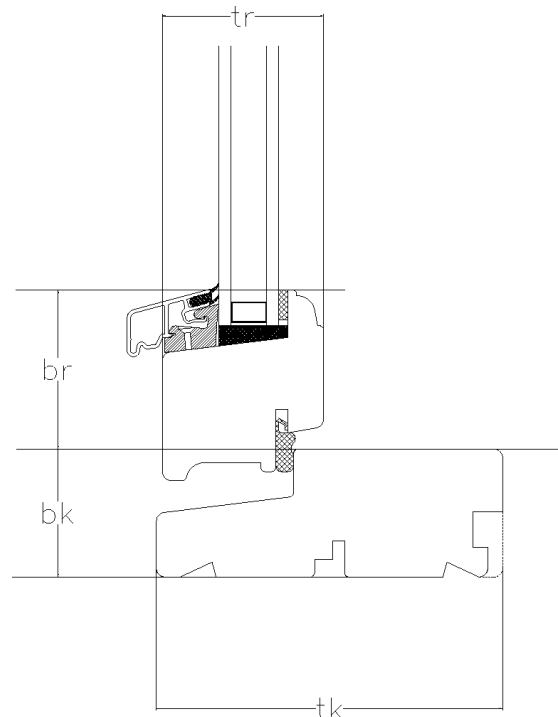
5.2 Tabeloversigt over U_r -værdien for ramme-karmkonstruktionen

5.2.1 Ramme-karm af træ eller beklædt træ

For rammer og karme af træ eller beklædt træ bestemmes transmissionskoefficienten ved figur 6.8.5 i DS 418 6. udgave, medmindre der er bestemt en nøjagtigere værdi. Ved bestemmelse af tykkelsen af rammer og karme af træ ses der bort fra eventuelle inddækninger af metal eller plast. Ved forskellige tykkelser af f.eks. rammer og karm anvendes middelværdien. Middelværdien bestemmes ved en arealvægtning af rammens og karmens tykkelse og bredde som:

$$d = \frac{t_r \cdot b_r + t_k \cdot b_k}{b_r + b_k}$$

På Figur 8 er vist hvorledes disse dimensioner fastlægges og i et eksempel i afsnit 10.1.1 bestemmes U -værdien af konstruktionen. Ved koblede rammer anvendes den samlede tykkelse af rammerne.



Figur 8. Arealvægtning af ramme- og karmtykkelse

5.2.2 Ramme-karm af plast eller metal

For rammer og karme af plast eller metal bestemmes transmissionskoefficienterne ud fra tabel 6.8.2 i DS 418 6. udgave, her gengivet i Tabel 7, medmindre der er bestemt en nøjagtigere værdi. For PUR-profiler forudsættes metalforstærkninger dækket med mindst 5 mm polyuretanskum. For PVC-profiler forudsættes, at der højst er metalforstærkninger i ét kammer, og at afstanden mellem vægoverfladerne i alle kamre er mindst 5 mm.

Transmissionskoefficienten for metalprofiler med brudt kuldebro afhænger meget af detaludformning og må derfor bestemmes specifikt for det enkelte profil.

Tabel 7. U_r -værdien for ramme-karmkonstruktioner af plast eller metal

Plastprofil	U_r (W/m ² K)
PUR	2,6
2-kammer PVC-profiler	2,1
3-kammer PVC-profiler	1,9
<i>Metalprofiler</i>	
Uden brudte kuldebroer	5,9

Tabel 8. Den lineære transmissionskoefficient ψ_g i W/mK for vinduer med afstandsprofiler af aluminium eller almindeligt stål i afhængighed af rudens U-værdi. Der kan interpoleres i tabellen.

Rudens U-værdi [W/m ² K]	Lineære transmissionskoefficient ψ_g [W/mK]
1,0 – 1,2	0,10
2,7 – 3,0	0,07

5.3 Metoder til bestemmelse af den lineære transmissionskoefficient for rudens afstandsprofil, ψ_g

Den lineære transmissionskoefficient for ruden afstandsprofil ψ_g er afstandsprofilets forøgelse af vinduets eller dørens varme-transmission. Værdien for ψ_g bestemmes udfra tabel 6.8.1 i DS 418 6. udgave, her gengivet i Tabel 8, medmindre der er bestemt en nøjagtigere værdi. For vinduer med enkelt glaslag eller med enkelte glaslag i koblede eller selvstændige rammer sættes $\psi_g = 0$.

5.3.1 Tabeloversigt over linietafskoefficienter

Tabel 8 viser den lineære transmissionskoefficient ψ_g i W/mK for afstandsprofiler af aluminium eller almindelig stål i afhængighed af rudens U-værdi.

6 Metoder til bestemmelse af energimærkningsdata for vinduer

6.1 Forenklede metoder til beregning af energimærkningsdata for vinduer

6.1.1 DS 418

U-værdien for vinduer og yderdøre U bestemmes ifølge DS 418 6. udgave [4] af

$$U = \frac{A_g \cdot U_g + l_g \cdot \Psi_g + A_r \cdot U_r + A_f \cdot U_f}{A'}$$

hvor

- A_g er glasarealet [m^2].
- l_g omkredsen af glasarealet [m].
- A_f fyldningens areal [m^2].
- A_r ramme-karmarealet [m^2].
- A' vinduets eller dørens areal [m^2].
- U_g varmetransmissionskoefficienten midt på ruden [W/m^2K].
- Ψ_g den lineære transmissionskoefficient for rudens afstandsprofil [W/m^2K].
- U_f varmetransmissionskoefficienten for fyldningen [W/m^2K].
- U_r varmetransmissionskoefficienten for ramme-karmarealet [W/m^2K].

Som det fremgår af formlen til bestemmelse af U -værdien, findes denne ved en vægtning af U -værdien for de enkelte dele i vinduet eller døren med hensyn til delenes areal samt et tillæg for kuldebrovirkningen af samlingen mellem ramme og rude.

U -værdien midt på ruden U_g angiver U -værdien for ruden uden påvirkninger fra kantkonstruktionen. U -værdien kan findes ud fra tabelopslag omtalt i afsnit 4, ved beregninger i godkendt beregningsprogram udført af producent eller være opgivet fra rudeproducentens liste. Endvidere kan U_g bestemmes ved detaljerede beregninger omtalt i kompendium 3.

Den lineære transmissionskoefficient Ψ_g angiver varmetabet, der skyldes rudens kantkonstruktion og samlingsdetaljer mellem ramme og rude. Den lineære transmissionskoefficient kan findes ud fra tabelopslag omtalt i afsnit 5.3 eller beregnes ved detalje-

rede beregninger som omtalt i kompendium 3.

U -værdien U_r for typiske ramme-karmkonstruktioner findes ud fra tabelopslag i afsnit 5 eller beregnes ved detaljerede beregninger omtalt i kompendium 3.

U -værdien U_f for fyldninger benyttes, hvis der i vinduer eller yderdøre indgår en ikke gennemsigtig del udover ramme-karmkonstruktionen. I yderdøre vil fyldningen udgøres af dørpladen. U -værdien for fyldninger bestemmes som for andre bygningsdele ud fra reglerne i DS 418. I forbindelse med vinduer vil A_f ofte være 0.

6.1.2 Sollystransmittans for vinduer

Den totale solenergitransmittans og sollystransmittansen for vinduer bestemmes som beskrevet i præstandarden ISO 15099 [8]. Denne standard er ikke en europæisk standard, men beregningsmetoderne beskrevet i standarden benyttes i europæiske programmer såsom WIS [9].

Sollystransmittansen τ_t for vinduer bestemmes af

$$\tau_t = \frac{\tau_{t,g} \cdot A_g}{A'}$$

hvor $\tau_{t,g}$ er sollystransmittans for ruden.
 A_g er glasarealet.
 A' er vinduesarealet.

6.1.3 Den total solenergitransmittans for vinduer

Den totale solenergitransmittans g for vinduer bestemmes af

$$g = \frac{g_g \cdot A_g + g_r \cdot A_r}{A'}$$

hvor

- g_g er den totale solenergitransmittans for ruden.
- A_g glasarealet. [m^2]
- g_r den totale solenergitransmittans for ramme-karmkonstruktionen.
- A_r arealet af ramme-karmkonstruktionen. [m^2]
- A' vinduesarealet. [m^2]

Den totale solenergitransmittans for ramme-karmkonstruktionen kan beregnes med detaljerede beregningsprogrammer, men da den ofte er meget lav sættes den i praksis til 0.

6.2 Programmet UVindue

6.2.1 Programmæssige informationer

Programmet er udviklet af Teknologisk Institut, hvor programmet også kan købes.

De inddata der er behov for ved anvendelse af programmet er normalt tilgængelige fra leverandører af ruder og vinduer.

6.2.2 Beregningsmetoder og begrænsninger

Programmet beregner et vindues U-værdi ved at foretage en arealvægtning af rudens og ramme-karmkonstruktionens U-værdi på samme måde som omtalt i afsnit 6.1.1.

Programmet egner sig i sin nuværende form **ikke** til at beregne den totale solenergitransmittans og sollystransmittans for hverken vinduer eller ruder. Årsagen er, at beregningerne ikke følger CEN 673 ved beregning af ruders U-værdi og CEN 410 ved beregning af g-værdi og τ -værdi.

Programmet kan således kun bruges som hjælperedskab til at beregne U-værdien for vinduer, når U-værdien for en rude er fundet ved hjælp af tabelopslag (se afsnit 4) eller fundet på anden vis og derpå indtastes i programmet.

Transmissionskoefficienten for ramme-karmkonstruktionen i vinduet skal ligeledes indtastes efter at denne er bestemt ved tabelopslag (se afsnit 5) eller fundet på anden vis.

U-værdierne skal indtastes i rubrikker ud for de enkelte ramme-karmprofiler og poster-sprosser.

For samlingen mellem rude og ramme-karmprofil indtastes Ψ_g , den lineære transmissionskoefficient for rudens afstandsprofil (se afsnit 5.3).

I programmet foretages kun afrunding af talværdierne ved præsentationen på skærmen.

I programmet behandles fyldninger ikke særskilt men beregnes som en rude. Det vil sige at størrelserne A_f og U_f i formlen for U-værdi omtalt i afsnit 6.1.1 ikke benyttes særskilt i denne sammenhæng.

6.2.3 Bestemmelse af geometri for vindue

I programmet skal de udvendige dimensioner af vinduet og bredden af ramme-karmprofiler indtastes. Er der poster-sprosser specificeres antallet og bredden af disse. Dimensionerne indtastes i mm.

På grundlag af disse dimensioner fordeler programmet de resterende arealer på arealer til ruderne. Den geometriske udformning kan ses af en skitse der opdateres løbende med ændringer i dimensionerne (se skærmbillede i Figur 18).

Den måde arealerne af rammer-karme og poster-sprosser fordeles på er vist på Figur 9. Det ses at ved samlinger mellem lodrette og vandrette *ramme-karmarealer* foretages en fordeling svarende til et skråt snit som vist på figuren mellem udvendigt hjørne og indvendigt hjørne mod rude. Det vil sige, at ved den vandrette ramme-karm medtages der en længde af profilerne som svarer til de udvendige mål fratrukket halvdelen af bredden af de lodrette ramme-karmdele.

Ved beregning af *poste-sprossearealer* benyttes derimod en anden opdeling idet, som det ses af Figur 9 de lodrette poster anbringes først mellem ramme-karmprofilerne. Dernæst anbringes de vandrette poster-sprosser. Dvs. at de lodrette poster-sprosser antages at være gennemgående og at U-værdien i krydsningspunktet mellem poster-sprosser dermed tildeles den lodrette post-sprosse.

På skærbilledet udskrives følgende areal-relaterede størrelser der er beregnet på grundlag af inddata:

- Vinduets samlede areal A' [m^2]
- Arealer af de enkelte lodrette og vandrette poster-sprosser og ramme-karmprofiler A_r [m^2]
- Andelen af ramme-karmareal, incl. Poster-sprosser i forhold til det samlede vinduesareal. [m^2]
- Glasareal A_g [m^2]
- Omkreds af glasareal, l_g [m]
- Højde og bredde af ruder [mm]

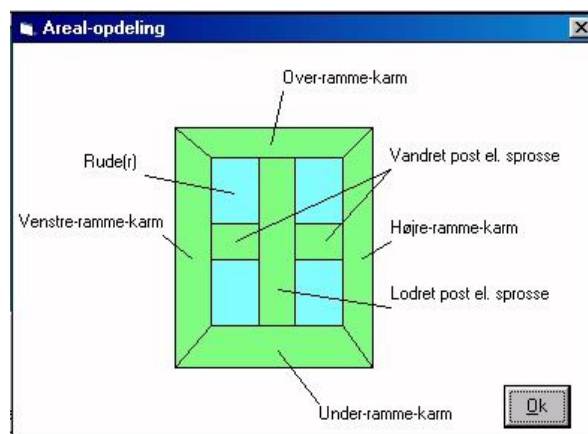
Er vinduets geometri mere kompliceret end programmet umiddelbart kan regne på, er det som regel muligt at underopdele vinduet i flere delområder. Det kan fx være at der anvendes sprosser med varierende bredde eller det kan skyldes forskelle i U-værdi for ruder eller fyldninger. I disse tilfælde kan der lægges en skillelinie i poste-sprosser mellem de to eller evt. flere delområder. Hvert delområde kan så beregnes særskilt. Derefter er det nødvendigt manuelt at sammenregne værdierne for delområderne ved hjælp af en arealvægtning. Dvs. bruge formelen:

$$U = (A_1 \cdot U_1 + A_2 \cdot U_2) / (A_1 + A_2)$$

Disse muligheder for opdeling der gør det muligt på enkelt vis at regne på større vinduespartier vil blive tilføjet i en fremtidig version af programmet.

Det skal også nævnes at en alternativ mulighed er manuelt at foretage en arealvægtning af inddata, dvs. inden der foretages indtastninger til programmet.

Note til opdatering af kompendium 2 2009: Bemærk, at der er udgivet en nyere version af Uvindue. Ovenstående programbeskrivelse gælder den første version af programmet og der kan derfor være forskelle til den nyeste version.



Figur 9. Arealopdeling

7 Oversigt over forenklede metoder til bestemmelse af energimærkningsdata

I Tabel 9 og Tabel 10 er vist en oversigt over forenklede metoder til bestemmelse af energimærkningsdata for ruder og vinduer.

I tabellerne angives hvilke værktøjer, der kan benyttes til at bestemme de angivne

størrelser. Derudover er angivet hvilke inddata de enkelte værktøjer behøver for at bestemme den ønskede størrelse.

Værktøjerne i tabellerne er baseret på opslag i diagrammer og tabeller eller anvendelse af programmer, der er enkle at benytte.

Tabel 9. Forenklede metoder til bestemmelse af energimærkningsdata for ruder.

Størrelser	Metode:	
Varmetransmissionskoefficienten, U_g -værdi	Oplyste værdier	Fra glasfabrikant
	Liste	Energimærknings-sekretariatet og glasfabrikant
Sollystransmittans, τ -værdi	Oplyste værdier	Fra glasfabrikant
	Liste	Energimærknings-sekretariatet og glasfabrikant
Den totale solenergitransmittans, g -værdi	Oplyste værdier	Fra glasfabrikant
	Liste	Energimærknings-sekretariatet og glasfabrikant
Ækvivalent varmelednings-eвне for kantkonstruktioner	Liste	Energimærknings-sekretariatet
	Oplyst	Fra profilfabrikant

Tabel 10. Forenklede metoder til bestemmelse af energimærkningsdata for vinduer.

	Størrelser	Værktøj	Inddata
Ramme-karm	U_r -værdi	DS418 (Diagram, tabel)	Ramme-karmtykkelse
	ψ_g -værdi	DS418 (tabel)	Rudetype og ramme-karmtype
	g_r -værdi	$g_r=0$	Ingen solenergitransmittans gennem ramme-karm
Samlet	U -værdi	DS418 UVindue	U_g , U_r og ψ_g bestemt med forenklede eller detaljerede metoder
	Sollystransmittans	ISO 15099 (arealvægtning) DS418 (arealvægtning) UVindue	Sollystransmittans for ruden
	g -værdi	ISO 15099 (arealvægtning) DS418 (arealvægtning) UVindue	g -værdi for ruden

8 Bestemmelse af energimærkningsdata for ruder midte – eksempler

Det ønskes at bestemme energimærkningsdataene for 4 forskellige rudetyper. De 4 rudetyper er alle to-lags energi ruder bestående af 4 mm Klar Float yderst og 4 mm Kappa Energi Super inderst, med en lave-missionsbelægning på 0,04. Glassene kommer fra Pilkington. Gasfyldningen er en 90/10 argon/luft blanding. Forskellen på de 4 rudetyper består udelukkende i tykkelsen af mellemrummet mellem glassene.

De 4 rudetyper har følgende afstand mellem glassene:

1. 14 mm
2. 15 mm
3. 16 mm
4. 24 mm

I afsnit 11 vil disse ruder blive sat sammen med en ramme-karmkonstruktion til et vindue, og eksempler på beregning af energimærkningsdata for vinduer vises.

8.1 Beregning hos glasproducent

Ruders energimærkningsdata kan bestemmes ved henvendelse til forskellige glasproducenter, som bruger hver deres beregningsprogrammer. Se kapitel 4. Alle programmerne skal overholde kravene i EN 410 [7] og EN 673 [5].

Spectrum

I dette eksempel, hvor de anvendte glas er fra Pilkington, er beregningerne af energimærkningsdata foretaget af Pilkington i deres program Spectrum.

De beregnede værdier for rude 1 er:

Varmetransmissionskoefficient:

$$U_g = 1,2 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Sollystransmittans:

$$\tau_t = 0,75$$

Total solenergitransmittans:

$$g = 0,59$$

Energimærkning af rudeeksempler

Med Spectrum er næsten alle energimærkningsdata for ruden bestemt. Foruden de tre ovennævnte værdier skal den ækvivalente varmeledningsevne af kantkonstruktionen, λ_k , ligeledes angives ved energimærkning. Denne bestemmes ud fra afsnit 5.1 som vist i afsnit 9.1.

Tabel 11 viser de energimærkningsdata der skal angives hvis de 4 ruder fra eksemplet skal indgå i energimærkningsordningen.

Tabel 11. Energimærkningsdata for rudeeksempler.

Rude nr.	U-værdi (W/m ² K)	τ -værdi	g-værdi	λ_k (W/mK)
1	1,2	0,75	0,59	3,1
2	1,1	0,75	0,59	3,3
3	1,1	0,75	0,59	3,5
4	1,2	0,75	0,59	4,6

Udover ovenstående energimærkningsdata kan ruder klassificeres på basis af deres energitilskud. Et eksempel på dette gennemgås i næste afsnit.

8.2 Klassifikation af ruder - Eksempler

Der ønskes foretaget en klassifikation af fire forskellige ruder. De første to svarer til rude 1 og 2 fra forrige eksempel. Rude 3' er en tre-lags energirude med glasafstand på 15 mm og en blød lavemissionsbelægning på 0,04 på det inderste lag glas. Rude 4' er en to-lags energirude med glasafstand på 12 mm og hård lavemissionsbelægning på det inderste lag glas. Gasfyldningen i alle fire ruder er en 90/10 argon/luft blanding. U- og g-værdierne for ruderne ses i Tabel 12 nedenfor.

Tabel 12 U- og g-værdi for de fire ruder.

Rude nr.	U-værdi [W/m ² K]	g-værdi
1	1,2	0,59
2	1,1	0,59
3'	0,9	0,53
4'	1,6	0,71

Ved anvendelse af formlen

$$E_{\text{reference}} = 196,4 \cdot g - 90,36 \cdot U$$

kan energitilskuddet til bygningen for de fire ruder og dermed deres energiklasse bestemmes (se afsnit 4.3). De fundne værdier for energitilskud og energiklasse fremgår af Tabel 13

Tabel 13. Energitilskud og energiklasse for de fire ruder.

Rude	Energitilskud [kWh/m ²]	Energiklasse
1	7,4	C
2	16,5	B
3'	22,8	A
4'	- 5,1	—

Da det kun er ruder med positivt energitilskud, som må påføres permanent mærkning, er det kun rude 1, 2 og 3 som kan mærkes med energiklasse.

9 Bestemmelse af energimærkningsdata for kantkonstruktioner – eksempler

9.1 Ækvivalent varmeledningsevne, λ_k

For de 4 rudetyper beskrevet i afsnit 8 skal den ækvivalente varmeledningsevne bestemmes. Da værdien ikke kan oplyses af producent og ikke er beregnet ved detaljerede beregningsmetoder, bestemmes værdien ved hjælp af Tabel 6.

Kantkonstruktionerne er alle lavet af aluminium og derved er det kun afstanden mellem glassene der er afgørende for den ækvivalente varmeledningsevne.

Tabel 14 angiver værdierne for kantkonstruktionerne benyttet i de 4 rudeeksempler. Værdierne er fundet udfra Tabel 6.

Tabel 14. Ækvivalent varmeledningsevne for kantkonstruktioner benyttet i 4 rudeeksempler.

Kantkonstruktion i rude nr.	λ_k (W/mK)
1	3,1
2	3,3
3	3,5
4	4,6

10 Bestemmelse af energimærkningsdata for ramme-karmkonstruktioner – eksempler

I dette afsnit vil energimærkningsdataene for 5 typiske ramme-karmkonstruktioner blive bestemt ud fra metoderne angivet i afsnit 5. De fem ramme-karmkonstruktioner er vist i Figur 10 -Figur 14.

10.1 U-værdi

10.1.1 Ramme-karmkonstruktioner af træ

Figur 10 viser en typisk ramme-karmkonstruktion i træ.

For at bestemme U-værdien for en sådan konstruktion benyttes figur 6.9.5 i DS 418 6. udgave, der angiver U-værdien som funktion af tykkelsen af konstruktionen.

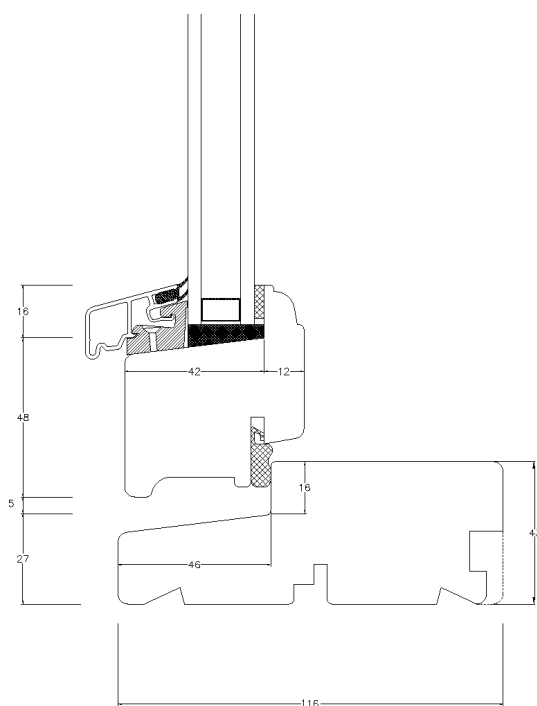
Som det ses af figuren er tykkelsen af ramme og karm forskellig, hvilket betyder at middelværdien af de to tykkelser skal anvendes. Middelværdien beregnes som angivet i afsnit 5.2.1 ved en arealvægtning af rammen og karmen.

På Figur 10 kan det aflæses at karmens tykkelse er 116 mm og bredden er 43 mm og at rammens tykkelse er 54 mm og bredden er 91 mm. Bredden er 91 mm.

Middelværdien af tykkelsen på konstruktionen beregnes således:

$$d = \frac{116 \cdot 43 + 54 \cdot 53}{43 + 53} = 81 \text{ mm.}$$

Ved aflæsning i figur 6.9.5 fås U-værdien for denne tykkelse til 1,63 W/m²K hvis konstruktionen er af fyr eller gran og 1,92 W/m²K hvis konstruktionen er af hårdtræ.



Figur 10. Ramme-karmkonstruktion af træ (venstre side vender udad).

10.1.2 Ramme-karmkonstruktioner af beklædt træ

Figur 11 viser en typisk ramme-karmkonstruktion i træ beklædt med aluminium.

For at bestemme U-værdien for en sådan konstruktion benyttes figur 6.9.5 i DS 418 6. udgave, der angiver U-værdien som funktion af tykkelsen af konstruktionen.

Som det ses af figuren er tykkelsen af ramme og karm forskellig, hvilket betyder at middelværdien af de to tykkelser skal anvendes.

For konstruktioner med beklædt træ skal der ved bestemmelse af tykkelsen ses bort fra beklædningen.

På figuren kan det aflæses at karmens tykkelse uden beklædning er 115 mm og bredden er 54 mm. Rammens tykkelse, ligeledes uden beklædning, er 60 mm og bredden er 50 mm.

Middelværdien af tykkelsen på konstruktionen bliver således:

$$d = \frac{115 \cdot 54 + 60 \cdot 50}{50 + 54} = 89 \text{ mm.}$$

Ved aflæsning i figur 6.9.5 i DS 418 6. udgave fås U-værdien for denne tykkelse til $1,57 \text{ W/m}^2\text{K}$ hvis konstruktionen er af fyr eller gran eller $1,82 \text{ W/m}^2\text{K}$ hvis konstruktionen er af hårdtræ.

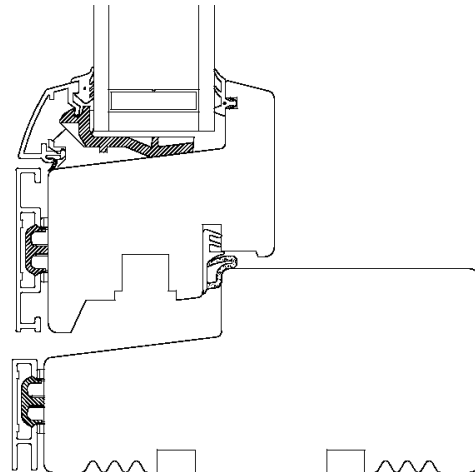
10.1.3 Ramme-karmkonstruktion af plast

Figur 12 viser en typisk ramme-karmkonstruktion i plast.

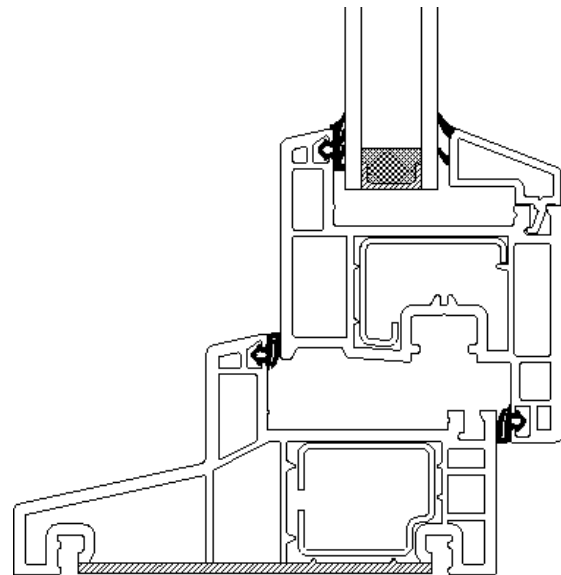
For at bestemme U-værdien for en sådan konstruktion benyttes Tabel 7, der angiver U-værdien for plast og metal konstruktioner.

For konstruktioner af PVC afhænger U-værdien endvidere af antal kamre i konstruktionen.

I dette tilfælde har konstruktionen et kammer på hver side af kammeret med stålforstærkningen og konstruktionen har



Figur 11. Ramme-karmkonstruktion af beklædt træ (venstre side vender udad).



Figur 12. Ramme-karmkonstruktion af plast (venstre side vender udad).

således i alt tre kamre på tværs af konstruktionen.

For en sådan konstruktion er U-værdien 1,9 W/m²K.

10.1.4 Ramme-karmkonstruktion af metal

Figur 13 viser en typisk ramme-karmkonstruktion i aluminium.

For ramme-karmkonstruktioner af metal er det i følge Tabel 7 kun muligt at angive U-værdien for konstruktioner uden brudt kuldebro.

Konstruktionen på Figur 13 er med brudt kuldebro, og det er på basis af tabeller ikke muligt at angive U-værdien for en sådan konstruktion.

Ønskes U-værdien bestemt for metalkonstruktioner med brudt kuldebro må der foretages detaljerede beregninger.

For metoder og beregningsprogrammer til at foretage disse detaljerede beregninger henvises til kompendium 3: Detaljerede metoder til bestemmelse af energimærkningsdata.

10.1.5 Ramme-karmkonstruktion af blandede materialer

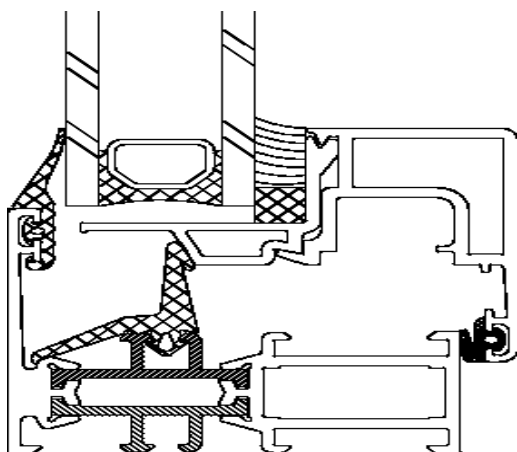
Figur 14 viser en ramme-karmkonstruktion bestående af forskellige materialer.

For en sådan konstruktion er det ikke muligt at bestemme U-værdien ved hjælp af tabeller.

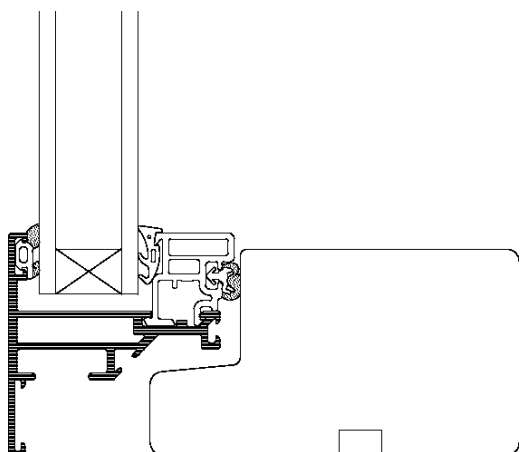
Det skal bemærkes at konstruktionen ikke kan behandles som træ beklædt med metal.

Ønskes U-værdien bestemt for metalkonstruktioner med brudt kuldebro må der foretages detaljerede beregninger.

For metoder og beregningsprogrammer til at foretage disse detaljerede beregninger henvises til kompendium 3: Detaljerede metoder til bestemmelse af energimærkningsdata.



Figur 13. Ramme-karmkonstruktion af metal (venstre side vender udad).



Figur 14. Ramme-karmkonstruktion af blandede materialer (venstre side vender udad)

10.2 Lineære transmissionskoefficient, ψ_g

Som det ses af Tabel 8, er den lineære transmissionskoefficient både afhængig af rudetyper og ramme-karmkonstruktionen.

Som rude benyttes ruderne fra afsnit 8. Disse ruder er alle med lavemissionsbelægning i position 3.

10.2.1 Ramme-karmkonstruktioner af træ

For en ramme-karmkonstruktion af træ med en rude med lavemissionsbelægning angiver Tabel 8 en lineær transmissionskoefficient til 0,06 W/mK.

10.2.2 Ramme-karmkonstruktioner af beklædt træ

Som i tilfældet med bestemmelse af U-værdien, ses der i forbindelse med at bestemme den lineære transmissionskoefficient ligeledes bort fra eventuelle metalbeklædninger i ramme-karmkonstruktionen.

For ramme-karmkonstruktionen af træ beklædt med aluminium og med en rude med lavemissionsbelægning benyttes derfor en værdi for den lineære transmissionskoefficient på 0,06 W/mK.

10.2.3 Ramme-karmkonstruktioner af plast

For en ramme-karmkonstruktion af plast med en rude med lavemissionsbelægning angiver Tabel 8 en lineær transmissionskoefficient til 0,06 W/mK.

10.2.4 Ramme-karmkonstruktioner af metal

For en ramme-karmkonstruktion af metal med en rude med lavemissionsbelægning angiver Tabel 8 en lineær transmissionskoefficient til 0,08 W/mK.

10.2.5 Ramme-karmkonstruktioner af blandede materialer

For ramme-karmkonstruktioner af blandede materialer er det ikke muligt at angive en værdi for den lineære transmissionskoefficient ved hjælp af tabelopslag.

Ønskes ψ_g bestemt for sådanne konstruktioner må der foretages detaljerede beregninger.

For metoder og beregningsprogrammer til at foretage disse detaljerede beregninger henvises til kompendium 3: Detaljerede metoder til bestemmelse af energimærkningsdata.

11 Bestemmelse af energimærkningsdata for vinduer - eksempler

I de følgende eksempler tages udgangspunkt i de ruder og ramme-karmkonstruktioner der er beskrevet i afsnit 8 og 10.

De 4 ruder og 5 ramme-karmkonstruktioner sættes sammen til vinduer og energimærkningsdata beregnes ved hjælp af DS 418 6. udgave og programmet Uvindue., som beskrevet i afsnit 6.1 og 6.2.

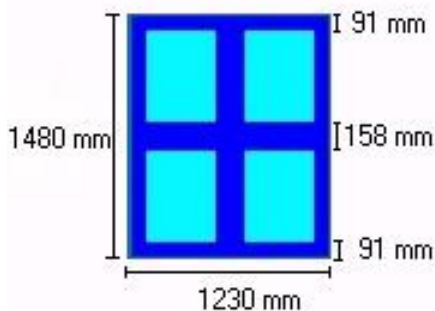
I den forbindelse skal rudernes og ramme-karmkonstruktionernes energimærkningsdata bestemt i afsnit 8 og 10 benyttes.

Ruderne og ramme-karmkonstruktionerne sammensættes som vist i Tabel 15.

Tabel 15. Sammensætning af ruder og ramme-karmkonstruktioner

Vindue	Rude nr.	Ramme-karm
1	1	Træ
2	4	Træ beklædt med aluminium
3	2	Plast
4	2	Metal
5	3	Blandet materiale

Det er ikke muligt at beregne energimærkningsdata for vinduerne nr. 4 og 5 her, da de forenklede metoder ikke tillader at bestemme U-værdien for ramme-karmkonstruktionerne af metal med brudt kuldebro og af blandede materialer. Der vil således indgå 3 eksempler i dette afsnit.



Figur 15. Dannebrogsvindue

11.1 DS 418

11.1.1 Eksempel: Vindue nr. 1

Vinduet består af lavenergiruden nr. 1 fra afsnit 8 samt ramme-karmkonstruktionen af fyrretræ vist i Figur 10 afsnit 10.1.1.

Vinduet er et dannebrogsvindue med udvendige mål: 1230mm × 1480mm.

Vinduet placeres lodret.

Vinduet kan ses i Figur 15.

U-værdi

Til beregning af vinduets energimærkningsdata er det nødvendigt at kende værdierne angivet i **Tabel 16**.

Rude

U-værdien af ruden er fundet i afsnit 8.

Ramme-karmkonstruktion

Ramme-karmkonstruktionens U-værdi er fundet i afsnit 10.1.1.

Poster

U-værdien for de lodrette og vandrette poster findes som for ramme-karmkonstruktioner ved middelværdien af tykkelsen af rammen og posten.

Rammes tykkelse er 54 mm og højden sammenlagt 102 mm mens postens tykkelse er 100 mm og højden 54 mm. Postens bredde er 158 mm.

Den arealvægtede middelværdien på 70 mm giver en U-værdi på 1,78 ved opslag i figur 6.9.5 i DS 418 6. udgave.

Den lineære transmissionskoefficient

Den lineære transmissionskoefficient aflæses i Tabel 8 til $\psi_g = 0,06$ W/mK.

Arealer

Arealerne og omkredsen af glasarealet bestemmes:

$$A' = 1,230 \text{ m} \cdot 1,480 \text{ m} = 1,820 \text{ m}^2$$

$$A_g = (1,230 - 2 \cdot 0,091 - 0,158) \text{ m} \cdot (1,480 - 2 \cdot 0,091 - 0,158) \text{ m} = 1,015 \text{ m}^2$$

$$A_{\text{post}} = 0,158 \cdot (1,230 - 2 \cdot 0,091) + 0,158 \cdot (1,480 - 2 \cdot 0,091 - 0,158) = 0,346 \text{ m}^2$$

Tabel 16. Inddata til beregning af energimærkningsdata for Vindue nr. 1.

	U-Værdi	τ -værdi	g-værdi	Areal (m ²)	ψ	l_g [m]
Rude	1,2	0,75	0,59	1,015	0,06	8,120
Ramme-karm	1,63	-	0	0,459		
Poster	1,73	-	0	0,346		

$$A_r = 1,820 \text{ m}^2 - 1,015 \text{ m}^2 - 0,346 \text{ m}^2 = 0,459 \text{ m}^2$$

$$l_g = 4 \cdot (1,230 - 2 \cdot 0,091 - 0,158) \text{ m} + 4 \cdot (1,480 - 2 \cdot 0,091 - 0,158) \text{ m} = 8,120 \text{ m}$$

Beregning af U-værdien for vinduet

U-værdien med tillæg for den lodrette og vandrette post bliver:

$$U = \frac{A_g \cdot U_g + l_g \cdot \Psi_g + A_r \cdot U_r + A_{\text{post}} \cdot U_{\text{post}}}{A'}$$

Ved indsættelse fås efter afrunding til en decimal:

$$U = 1,7 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Sollystransmittans

Sollystransmittansen for ruden er fundet i afsnit 8 til $\tau_{t,g} = 0,75$.

For vinduet bliver sollystransmittansen ved indsættelse i formlen omtalt i afsnit 6.1.2 således:

$$\tau_t = \frac{0,75 \cdot 1,015 \text{ m}^2}{1,820 \text{ m}^2} = 0,42$$

Total solenergitransmittans

Den totale solenergitransmittans for ruden er fundet i afsnit 8 til $g_g = 0,59$.

For vinduet bliver den totale solenergitransmittans ved indsættelse i formlen omtalt i afsnit 6.1.3:

$$g = \frac{0,59 \cdot 1,015 \text{ m}^2}{1,820 \text{ m}^2} = 0,33$$

Det skal bemærkes, at solenergitransmittansen for ramme-karmkonstruktionen antages at være 0.

11.1.2 Eksempel Vindue nr. 2

Vinduet består af lavenergiruden nr. 4 fra afsnit 8 samt ramme-karmkonstruktionen af fyrretræ beklædt med aluminium vist i Figur 11 afsnit 10.1.2.

Vinduets mål er 1230 mm × 1480 mm.

Vinduet placeres lodret.

Vinduet kan ses i Figur 16.

11.1.2.1 U-værdi

Til beregning af vinduets energimærkningsdata er det nødvendigt at kende værdierne angivet i Tabel 17.

Arealer

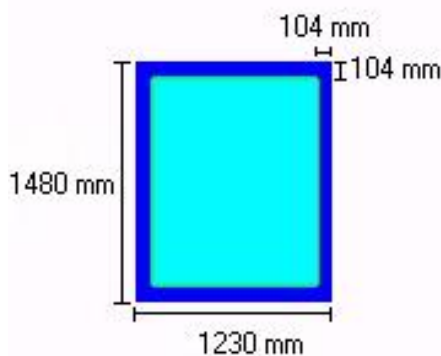
Arealerne og omkredsen af glasarealet bestemmes:

$$A' = 1,220 \text{ m} \cdot 1,480 \text{ m} = 1,820 \text{ m}^2$$

$$A_g = (1,230 - 2 \cdot 0,104) \text{ m} \cdot (1,480 - 2 \cdot 0,104) \text{ m} = 1,300 \text{ m}^2$$

$$A_r = 1,820 \text{ m}^2 - 1,300 \text{ m}^2 = 0,52 \text{ m}^2$$

$$l_g = 2 \cdot (1,230 - 2 \cdot 0,104) \text{ m} + 2 \cdot (1,480 - 2 \cdot 0,104) \text{ m} = 4,59 \text{ m}$$



Figur 16. Eksempel Vindue nr. 2

Beregning af U-værdien for vinduet

Indsættes de fundne værdier i formlen for U-værdien omtalt afsnit 6.1.1 fås efter afrunding til en decimal:

$$U = 1,5 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Vinduet vil således opfylde kravet til U-værdien for energimærkning.

11.1.2.2 Sollystransmittans

Sollystransmittansen for ruden er fundet i afsnit 8 til $\tau_{t,g} = 0,75$.

For vinduet bliver sollystransmittansen ved indsættelse i formlen omtalt i afsnit 6.1.2 således:

$$\tau_t = \frac{0,75 \cdot 1,300 \text{ m}^2}{1,820 \text{ m}^2} = 0,54$$

11.1.2.3 Total solenergitransmittans

Den totale solenergitransmittans for ruden er fundet i afsnit 8 til $g_g = 0,59$.

For vinduet bliver den totale solenergitransmittans ved indsættelse i formlen omtalt i afsnit 6.1.3:

$$g = \frac{0,59 \cdot 1,300 \text{ m}^2}{1,820 \text{ m}^2} = 0,42$$

Det skal bemærkes, at solenergitransmittansen for ramme-karmkonstruktionen antages at være 0.

Tabel 17. Inddata til beregning af energimærkningsdata for Vindue nr. 2.

	U-værdi	τ -værdi	g-værdi	Areal (m ²)	ψ	l_g (m)
Rude	1,2	0,75	0,59	1,300	0,06	4,59
Ramme-karm	1,57	-	0	0,52		

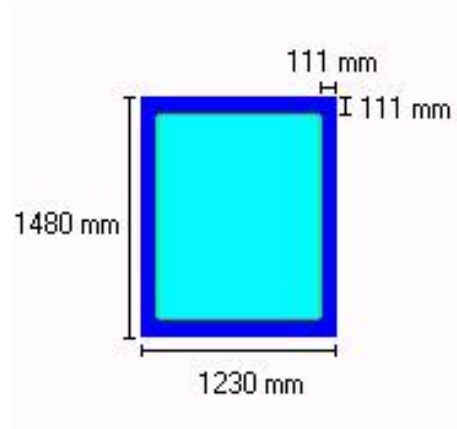
11.1.3 Eksempel: Vindue nr. 3

Vinduet består af lavenergiruden nr. 2 fra afsnit 8 samt ramme-karmkonstruktionen af PVC med 3 kamre som vist i Figur 12 afsnit 10.1.3.

Vinduets mål er 1230 mm × 1480 mm.

Vinduet placeres lodret.

Vinduet kan ses i Figur 17.



Figur 17. Eksempel Vindue nr. 3

11.1.3.1 U-værdi

Til beregning af vinduets energimærkningsdata er det nødvendigt at kende værdierne angivet i Tabel 18.

Tabel 18. Inddata til beregning af energimærkningsdata for Vindue nr. 3.

	U-værdi	τ -værdi	g-værdi	Areal [m ²]	ψ	l_g [m]
Rude	1,1	0,75	0,59	1,268	0,06	4,532
Ramme-karm	1,9	-	0	0,552		

Arealer

Arealerne og omkredsen af glasarealet bestemmes:

$$A' = 1,230 \text{ m} \cdot 1,480 \text{ m} = 1,820 \text{ m}^2$$

$$A_g = (1,230 - 2 \cdot 0,111) \text{ m} \cdot (1,480 - 2 \cdot 0,111) \text{ m} = 1,268 \text{ m}^2$$

$$A_r = 1,820 \text{ m}^2 - 1,268 \text{ m}^2 = 0,552 \text{ m}^2$$

$$l_g = 2 \cdot (1,230 - 2 \cdot 0,111) \text{ m} + 2 \cdot (1,480 - 2 \cdot 0,111) \text{ m} = 4,532 \text{ m}$$

Beregning af U-værdien for vinduet

Indsættes de fundne værdier i formlen for U-værdien omtalt afsnit 6.1.1 fås efter afrunding til en decimal:

$$U = 1,5 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Vinduet vil således opfylde kravet til U-værdien for energimærkning.

11.1.3.2 Sollystransmittans

Sollystransmittansen for ruden er fundet i afsnit 8 til $\tau_{t,g} = 0,75$.

For vinduet bliver sollystransmittansen ved indsættelse i formlen omtalt i afsnit 6.1.2 således:

$$\tau_t = \frac{0,75 \cdot 1,268 \text{m}^2}{1,820 \text{m}^2} = 0,52$$

11.1.3.3 Total solenergitransmittans

Den totale solenergitransmittans for ruden er fundet i afsnit 8 til $g_g = 0,59$.

For vinduet bliver den totale solenergitransmittans ved indsættelse i formlen omtalt i afsnit 6.1.3:

$$g = \frac{0,59 \cdot 1,268 \text{m}^2}{1,820 \text{m}^2} = 0,41$$

Det skal bemærkes, at solenergitransmittansen for ramme-karmkonstruktionen antages at være 0.

11.1.4 Eksempel: Dør

Der betragtes en yderdør med målene $948\text{mm} \times 2118\text{mm}$. Dørpladen med tykkelsen 50mm er ophængt i en ramme-karm af fyrretræ med bredden 100mm og tykkelsen 150mm . I dørpladen er indsat en to-lags termorude med glasafstand 12mm uden lav-energibelægninger og luft i hulrummet. Rudens synlige mål er $500\text{mm} \times 500\text{mm}$.

Aflæsning af U-værdier ud fra tabeller og diagrammer i DS 418 6. udgave:
U-værdien for ruden findes af figur 6.9.1 til $U_g = 2,85 \text{ W/m}^2\text{K}$.

U-værdien for ramme-karmkonstruktionen findes af figur 6.9.5 i DS 418 6. udgave til $U_r = 1,15 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Den lineære transmissionskoefficient aflæses i Tabel 8 til $\psi_g = 0,04 \text{ W/mK}$.
Dørpladen antages at være af massiv fyrretræ hvilket medfører en U-værdi af fyldningen på $U_f = 1,70 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Arealerne og omkredsen af glasarealet bestemmes:

$$A' = 0,948\text{m} \cdot 2,118\text{m} = 2,01\text{m}^2$$

$$A_g = 0,5\text{m} \cdot 0,5\text{m} = 0,25\text{m}^2$$

$$A_f = (0,948\text{m} - 0,2\text{m}) \cdot (2,118\text{m} - 0,2\text{m}) - 0,25\text{m}^2 \\ = 1,18\text{m}^2$$

$$A_r = 2,01\text{m}^2 - 1,18\text{m}^2 - 0,25\text{m}^2 = 0,58\text{m}^2$$

$$l_g = 2 \cdot 0,5\text{m} + 2 \cdot 0,5\text{m} = 2\text{m}$$

Indsættes de fundne værdier i formlen for U-værdien fås:

$$U = 1,7 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Døren vil således opfylde kravet til U-værdien for energimærkning.

11.2 UVindue

For at undgå at skulle foretage beregningen af U-værdier for vinduer i hånden, kan programmet UVindue benyttes. Programmet kan ikke bruges til at beregne g-værdien og τ -værdien for vinduer, da denne funktion endnu ikke er indbygget i programmet. På Figur 18 ses skærbilledet i programmet.

Som eksempel på brug af programmet benyttes dannebrogsvinduet beskrevet i afsnit 11.1.1.

Målene for hele vinduets højde og bredde samt ramme-karmkonstruktionens og lodrette og vandrette posters bredde indtastes. Ud fra disse oplysninger beregner programmet vinduets, rudens, ramme-karmkonstruktionens og posternes areal samt omkredsen af ruden, l_g .

Ved at indtaste ramme-karmkonstruktionens, posternes og rudens U-værdier, beregner programmet dernæst vinduets samlede U-værdi.

Som det ses af Figur 18 beregner programmet vinduets U-værdi til $1,66 \text{ W/m}^2\text{K}$ som afrundes til $1,7 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Resultatet er identisk med det fundne i afsnit 11.1.1

For eksemplet med vindue nr. 2 og 3 fås henholdsvis en U-værdi på $1,46 \text{ W/m}^2\text{K}$ og $1,49 \text{ W/m}^2\text{K}$, som begge afrundes til en decimal til $1,5 \text{ W/m}^2\text{K}$.

The screenshot shows the 'UVindue - Beregning af vinduers U-værdi, jvf. Tillæg 1 til DS418' application window. The interface is divided into several sections:

- Højde (Height):** A table with columns for 'Over-ra-ka', 'Post / sprosse', and 'Under-ra-ka'. Values are 91, 158, and 91 mm respectively. Below this, 'Udv. mål (mm)' is set to 1478.
- Bredde (Width):** A table with columns for 'Venstre ra-ka', 'Post / sprosse', and 'Højre ra-ka'. Values are 91, 158, and 91 mm. Below this, 'Udv. mål (mm)' is set to 1228.
- Vinduet (Window):** Shows calculated values: U (W/m²K) = 1,66; A' (m²) = 1,815; Ramme-karm-% = 44; Sol: Fa Fg = 0,56.
- Rude (Glass):** Shows calculated values: Areal Ag (m²) = 1,011; Omkreds lg (m) = 8,104; Samlet højde (mm) = 1138; Samlet bredde (mm) = 888; Yg (W/mK) = 0,06; Ug (W/m²K) = 1,20.
- Tabel-værdier (Table values):** A table for 'Fyr/gran d (mm)' with values 45, 70, 95, 120, 145 and corresponding 'Ur (W/m²K)' values 2,08, 1,76, 1,52, 1,32, 1,14.
- Ramme-karm (Frame):** Radio buttons for 'Fyr/gran' (selected), 'Hårdtræ', 'PVC, 3-kam.', 'PVC, 2-kam.', 'PUR', and 'Metal'.
- Luft/gas/rude (belægning) (Air/glass coating):** Radio buttons for 'Atm. luft (ingen bel.)', 'Argon (med bel.)' (selected), 'Krypton (med bel.)', and 'Xenon (med bel.)'.
- 2 lag / 3 lag glas (2/3 layer glass):** Radio buttons for '2 lag' (selected) and '3 lag glas'.

Figur 18. Dannebrogsvindue i programmet UVindue

Energimærkning af vindueseksempler

Energimærkningsdataene for de tre vindues eksempler er nu bestemt.

Tabel 19 viser de energimærkningsdata der skal angives hvis vinduerne fra de tre vindueseksempler skal indgå i energimærkningsordningen.

Tabel 19. Energimærkningsdata for vindueseksempler.

Vindue nr.		U-værdi (W/m ² K)	τ -værdi	g-værdi
1	vindue	1,7	0,42	0,33
	Rude	1,2	0,75	0,59
2	vindue	1,5	0,54	0,42
	rude	1,2	0,75	0,59
3	vindue	1,5	0,52	0,41
	rude	1,1	0,75	0,59

12 Måling af energimærkningsdata

Indholdet i dette kompendium og det efterfølgende kompendium nr. 3 omhandler forenkledede og detaljerede beregningsmetoder til bestemmelse af energimærkningsdata.

Udover at benytte beregningsmetoder til bestemmelse af energimærkningsdata er der mulighed for at benytte målemetoder. I kompendierne bliver målemetoderne ikke omtalt nærmere, men det skal kort nævnes at denne mulighed foreligger.

De europæiske standarder EN 674 [10] og EN 675 [11], samt den europæiske præstandard prEN 1098 [12] omtaler metoder til bestemmelse af U_g -værdien for ruder ved måling.

Den europæiske præstandard prEN 12412-1 [13] omtaler en metode til bestemmelse af U -værdien for vinduer og døre ved måling.

Den europæiske præstandard prEN 12412-2 [14] omtaler en metode til bestemmelse af U -værdien for ramme-karmkonstruktioner ved måling.

Der foreligger på nuværende tidspunkt ingen standarder vedrørende måling af sollystransmittansen, τ_t og den totale solenergitransmittans, g .

Litteratur

- [1] *Vedtægt for mærkningsordningen. Energimærkning af vinduer og ruder. April 2000*
- [2] *Energimærkning.. Tekniske Bestemmelser for ruder. April 2000*
- [3] *Energimærkning.. Tekniske Bestemmelser for vinduer. April 2000*
- [4] *Tillæg 1 til DS 418 Beregning af bygningers varmetab. Tillæg omhandlende vinduer og yderdøre. Dansk Standard, 1997*
- [5] *EN 673. Glass in building - Determination of thermal transmittance (U value) - Calculation method.*
- [6] *EN ISO 10077-1. Thermal performance of windows, doors and shutters - Calculation of thermal transmittance - Part 1: Simplified method.*
- [7] *EN 410. Glass in building - Determination of luminous and solar characteristics of glazing.*
- [8] *ISO 15099 TC163/WG2. Windows and doors - Thermal transmission properties - Detailed calculations. Working Draft 2.*
- [9] *WIS reference manual*
Dick van Dijk og John Goulding (eds.), 1996
- [10] *EN 674. Glass in building - Determination of thermal transmittance (U value) - Guarded hot plate method.*
- [11] *EN 675. Glass in building - Determination of thermal transmittance (U value) - Heat flow meter method*
- [12] *prEN 1098. Glass in building - Determination of thermal transmittance (U value) Calibrated and guarded hot box method*
- [13] *prEN 12412-1. Windows, doors and shutters - Determination of thermal transmittance by hot box method - Part 1: Windows and doors*
- [14] *prEN 12412-2. Windows, doors and shutters - Determination of thermal transmittance by hot box method - Part 2: Frames*
- [15] *Design Reference Year, DRY - et nyt dansk referenceår*
Jerry Møller Jensen og Hans Lund
Institut for Bygninger og Energi, Danmarks Tekniske Universitet, 1995
- [16] *Bygningers energibehov. SBI-anvisning 184.*
Statens byggeforskningsinstitut, 1995
- [17] *Energi 21, Regeringens energihandlingsplan 1996, Miljø- og Energiministeriet 1996.*
- [18] *KLIMA 2012, Status og perspektiver for dansk klimapolitik, Miljø- og Energiministeriet, marts 2000.*

Adresser

Adresse:	Kontaktpersoner:
DTU Byg Danmarks Tekniske Universitet Bygning 118, Brovej 2800 Kgs. Lyngby Tlf. 45 25 18 55 http://www.byg.dtu.dk/	Svend Svendsen (45 25 18 54) Toke Rammer Nielsen (45 25 18 60)
Energimærkningsordningens sekretariat TI Byggeri Teknologiparken 8000 Århus C Tlf. 72 20 11 22	Hans Nielsen Peter Vestergaard
Vinduesproducenterne Samarbejdsorganisation TI Byggeri Teknologiparken 8000 Århus C Tlf. 72 20 11 19	
Glasbranche Foreningen Gothersgade 160 1123 København K Tlf. 33 32 23 11 http://www.glasnet.dk/	
Glasindustriens Samarbejdsorganisation Naverland 2 2600 Glostrup Tlf. 43 46 63 23 http://www.glasindustrien.dk/gs	
Dansk Standard Kollegievej 6 2920 Charlottenlund Tlf. 39 96 61 02 http://www.ds.dk/	
Statens Byggeforsknings Institut Postboks 119 2970 Hørsholm Tlf. 45 86 55 33 http://www.sbi.dk/	
Teknologisk Institut Teknologiparken Kongsvangs Alle 29 8000 Århus C Tlf. 72 20 10 00 http://www.teknologisk.dk/	Århus: Robert Knudsen, komponentcentret Taastrup: Lars Olsen Tommy Nielsen
Institut for Bygningsteknik Aalborg Universitet Sohngårdsholmsvej 57 9000 Aalborg Tlf. 96 35 85 39 http://www.civil.auc.dk/i6/	Henrik Brohus
Energistyrelsen Amaliegade 44 1256 København K Tlf. 33 92 67 00 http://www.ens.dk/	

A. Sammenfatning af energimærkningsordningen for ruder og vinduer

Energimærkningsordningen er etableret af brancheorganisationerne med støtte fra Energistyrelsen. Formålet med energimærkningsordningen er

- at give forbrugerne et dokumenteret retvisende grundlag for bedømmelse af de energimæssige egenskaber ved vinduer/yderdøre og ruder
- at tilskynde til øget anvendelse af komponenter med de bedste energi- og miljømæssige egenskaber

Endvidere er formålet med energimærkningsordningen at tilvejebringe et fælles grundlag for og efterprøvning af de tilsluttede virksomheders produktionskontrol, der skal sikre, at energimærkede vinduer og ruder opfylder de krav, der er angivet i ordningens gældende tekniske bestemmelser.

I energimærkningsordningen opereres med følgende tre benævnelser:

1. **Energimærkningsdata:** De grundlæggende energimæssige data for ruder/vinduer.
2. **Energiklasse:** Bogstavbenævnelse for ruder på basis af energitilskuddet.
3. **Energimæssige egenskaber:** Fællesbetegnelse for energimærkningsdata og energiklasse.

A.1 Ruder

Energimærkningsproceduren for ruder er opdelt i to dele:

A.1.1 Produktbeskrivelse (energimærkningsdata)

For alle ruder, som er underlagt energimærkningsordningen, skal der foreligge en beskrivelse, der som minimum indeholder følgende størrelser (energimærkningsdata) angivet i Tabel 20

Produktbeskrivelsen kan foreligge i form af et dokument eller i elektronisk form.

A.1.2 Energiklassifikation (permanent mærkning)

Energiklassifikation af ruder foretages på grundlag af rudens energitilskud til et referencehus. Energitilskuddet bestemmes ved hjælp af følgende udtryk:

$$E_{\text{reference}} = 196,4 \cdot g - 90,36 \cdot U_g$$

Beregninger for ruders energitilskud baseres på en 4 – 15 – 4 mm rudeopbygning. Rudens energiklasse (A, B eller C) bestemmes ud fra energitilskuddet som vist i Tabel 21.

Ruder med energitilskud mindre end eller lig med nul kan *ikke* klassificeres og mærkes.

Tabel 20. Energimærkningsdata for ruder

Symbol	Beskrivelse
U_g	Varmetransmissionskoefficient midt på ruden
τ_t	Sollystransmittans for vinkelret indfald af sollys gældende for rudens midte
g	Total solenergitransmittans for vinkelret indfald af solstråling gældende for rudens midte
λ_k	Kantkonstruktionens ækvivalente varmeledningsevne

Tabel 21. Energiklasser for ruder

Energiklasse	Grænseværdier
A	Energitilskud større end 20,0 kWh/m ²
B	Energitilskud større end 10,0 til og med 20,0 kWh/m ²
C	Energitilskud større end 0,0 til og med 10,0 kWh/m ²

Ruder som kan klassificeres og mærkes påføres en permanent mærkning, som skal indeholde følgende:

- Energimærkningsordningens logo i farven blå eller sort
- Rudens energiklasse (A, B eller C)
- Producentens identitetsnr. i relation til en anerkendt kontrol/certificeringsordning
- Produktionsår og -måned

Den permanente mærkning anføres på rudens afstandsprofil.

A.1.3 Sammenfatning ruder

Energimærkningsordningen for ruder betyder således, at der for alle ruder, der er med i ordningen, vil foreligge oplysninger om deres energimærkningsdata. For de ruder, der har et positivt energitilskud, vil der desuden være oplysninger om energiklasse.

Oplysninger om energimærkningsdata vil kunne fås ved henvendelse til producenten og vil så vidt muligt blive påført tilbud, ordrebekræftelse samt følgeseddel. Energimærkningsdata vil eventuelt blive påført produktet på en mærkeseddel. Permanent mærkning af ruder med ordningens logo samt oplysninger om energiklasse sker kun for ruder med positivt energitilskud.

A.2 Vinduer

Energimærkningsproceduren for vinduer er ligeledes opdelt i to dele:

A.2.1 Produktbeskrivelse

For alle vinduer, som er underlagt energimærkningsordningen, skal der foreligge en beskrivelse, der som minimum indeholder

størrelserne (energimærkningsdata) angivet i Tabel 22.

Produktbeskrivelsen kan foreligge i form af et dokument eller i elektronisk form.

A.2.2 Permanent mærkning

Permanent mærkning af vinduer kan kun ske for elementer, hvor der anvendes energiklassificerede ruder samt for elementer uden rudeareal. Den permanente mærkning skal som minimum indeholde følgende:

- Ordningens logo i farven blå eller sort
- Producentens navn
- Produktionsår og -måned

Endvidere kan vinduer, som er underlagt energimærkningsordningen, forsynes med en mærkat med oplysninger om vinduets og rudens energimæssige egenskaber som vist i Tabel 22 samt eventuelt rudens energiklasse.

A.2.3 Sammenfatning vinduer

Energimærkningsordningen for vinduer betyder således, at der for alle vinduer, der er med i ordningen, vil foreligge oplysninger om deres energimærkningsdata og eventuelt rudens energiklasse.

Oplysninger om energimærkningsdata vil kunne fås ved henvendelse til producenten og vil så vidt muligt blive påført tilbud, ordrebekræftelse samt følgeseddel. Energimærkningsdata vil eventuelt blive påført produktet på en mærkeseddel. Permanent mærkning af vinduer sker kun når der anvendes ruder med positivt energitilskud. Den permanente mærkning omfatter logo samt oplysninger om producenten.

Tabel 22. Energimærkningsdata for vinduer

	Symbol	Beskrivelse
Vindue	U	Varmetransmissionskoefficient for den samlede konstruktion
	τ_t	Sollystransmittans for vinkelret indfald af sollys for den samlede konstruktion
	g	Total solenergitransmittans for vinkelret indfald af solstråling for den samlede konstruktion
Rude	U_g	Varmetransmissionskoefficient midt på ruden
	τ_t	Sollystransmittans for vinkelret indfald af sollys gældende for rudens midte
	g	Total solenergitransmittans for vinkelret indfald af solstråling gældende for rudens midte