

# RUDER OG VINDUERS ENERGIMÆSSIGE EGENSKABER

Kompendium 7:

## **RUDER OG VINDUERS ENERGITILSKUD**

**BYG•DTU U-007**  
2009  
Version 4  
01-01-2009

ISSN 1396-4046



# Indholdsfortegnelse

<b>FORORD TIL KOMPENDIUM 7</b> .....	<b>5</b>
<b>1 RUDER OG VINDUERS ENERGIMÆSSIGE EGENSKABER</b> .....	<b>6</b>
1.1 ENERGIMÆRKNINGSDATA.....	6
1.2 RUDERS ENERGIKLASSE.....	7
<b>2 RUDERS ENERGIMÆRKNINGSDATA</b> .....	<b>8</b>
2.1 VARMETRANSMISSIONSKOEFFICIENT FOR RUDER .....	8
2.2 SOLLYSTRANSMITTANS FOR RUDER .....	8
2.3 TOTAL SOLENERGITRANSMITTANS FOR RUDER .....	9
2.4 ÆKVIVALENT VARMELEDNINGSEVNE AF KANTKONSTRUKTIONEN.....	9
<b>3 RUDERS ENERGITILSKUD OG ENERGIKLASSIFIKATION</b> .....	<b>11</b>
3.1 TILFØRT SOLENERGI.....	11
3.2 VARMETAB.....	11
3.3 ENERGITILSKUD .....	11
3.4 KLASSIFIKATION AF RUDER .....	12
<b>4 FØLSOMHEDSANALYSE AF KLASSIFIKATIONEN AF RUDER</b> .....	<b>13</b>
4.1 VINDUESFORDELINGENS BETYDNING FOR ENERGITILSKUDET .....	13
4.1.1 Vinduesfordelingens betydning for energitilskuddet vist som funktion af én parameter.	13
4.1.2 Vinduesfordelingens betydning for energitilskuddet vist som funktion af flere parametre	14
4.2 ORIENTERINGENS BETYDNING FOR ENERGITILSKUDET.....	16
4.3 SKYGGEFORHOLDENES BETYDNING FOR ENERGITILSKUDET. ....	18
<b>5 VURDERING AF BRUGEN AF KLASSIFIKATION AF RUDER</b> .....	<b>19</b>
<b>6 ENWIN1 - PROGRAM TIL BEREGNING AF ENERGITILSKUD FOR KONKRETE FORHOLD</b> .....	<b>20</b>
6.1 INTRODUKTION .....	20
6.2 DATABASE.....	20
<b>7 DOKUMENTATION AF PROGRAMMET ENWIN</b> .....	<b>21</b>
7.1 EQUATION CHAPTER 1 SECTION 1 INDLEDNING .....	21
7.2 BESTEMMELSE AF ENERGIMÆRKNINGSDATA .....	21
7.2.1 Varmetransmissionskoefficient, U-værdi .....	21
7.2.2 Lineær transmissionskoefficient, $\Psi$ .....	21
7.2.3 Total solenergitransmittans, g-værdi.....	22
7.3 FORSATSVINDUER .....	23
7.4 ENERGITILSKUDSBEREGNING .....	23
7.5 SKYGGER.....	25
7.5.1 Korrektion for effekten af skygger.....	25
7.5.2 Nære skygger .....	25
7.5.3 Bestemmelse af det øjeblikkelige skyggeareal $A_{s, \text{øjeblik}}$ .....	25
7.5.4 Udhæng.....	27
7.5.5 Effekten af fjerne skygger.....	27
7.5.6 Bestemmelse af det samlede skyggeareal $A_{s, \text{tot}}$ .....	27
7.5.7 Skyggefaktor $F_{s, \text{diff}}$ .....	28
<b>8 ENWIN1 BRUGERMANUAL</b> .....	<b>29</b>
8.1 INTRODUKTION .....	29
8.1.1 Database.....	29
8.2 INSTALLATION AF ENWIN.....	30
8.3 PROGRAMAFVIKLING .....	30

8.3.1	Start af EnWin1 .....	30
8.4	NYE VINDUER .....	30
8.4.1	Beregning af varmetransmissionskoefficienten og den totale solenergitransmittans .....	30
8.5	RENOVERING AF GAMLE VINDUER.....	33
8.5.1	Forsatsvinduer .....	33
8.5.2	Udskift til nye vinduer .....	34
8.6	VISE, REDIGERE ELLER SLETTE VALGTE VINDUER.....	34
8.7	REDIGER ALLE VALGTE VINDUER .....	35
8.8	SÆRLIGE VINDUER .....	35
8.9	SKYGGER .....	36
8.9.1	Udhæng.....	36
8.9.2	Fjerne skygger .....	36
8.10	ENERGITILSKUDSBEREGNING .....	38
8.10.1	Simpel beregning .....	38
8.10.2	Detaljeret beregning .....	39
<b>9</b>	<b>ORDLISTE.....</b>	<b>41</b>
<b>10</b>	<b>LITTERATUR .....</b>	<b>41</b>
<b>11</b>	<b>ADRESSELISTE .....</b>	<b>42</b>
<b>A.</b>	<b>SAMMENFATNING AF ENERGIMÆRKNINGSORDNINGEN FOR RUDER OG VINDUER.....</b>	<b>44</b>
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 7

I kompendium 1 og til dels kompendium 2 til 5 er metoden til at klassificere ruder ud fra deres energitilskud beskrevet. Formålet med klassifikationen er blandt andet, at kunne vurdere ruders energimæssige egenskaber på en simpel og retvisende måde.

For at opnå et godt sammenligningsgrundlag, er klassifikationen baseret på standardiserede forhold for ruder indsat i et referencelhus. Da de fleste ruder i praksis anvendes under forhold, som ikke svarer nøjagtigt til referencehussituationen, er der behov for at undersøge klassifikationsmetodens følsomhed over for afvigelser fra referenceforholdene.

I dette kompendium foretages en følsomhedsanalyse af metoden til at klassificere ruder ud fra deres energitilskud til referencelhuset. Klassifikationsmetodens følsomhed over for faktorer som vinduesfordeling, orientering og skyggeforhold gennemgås med henblik på at vurdere dens gyldighed i konkrete situationer.

Da der ofte er behov for at bestemme energitilskuddet for ruder i specifikke situationer er der udviklet et computer program, EnWin1, som kan beregne energitilskuddet i et konkret tilfælde. Programmet kan også beregne energitilskuddet for vinduer og forsatsvinduer.

Vha. programmet kan man sammensætte konkrete vinduer ud fra delelementer som vælges fra en database. Databasen indeholder data for ruder, kantkonstruktioner, ramme-karmprofiler og endelig eksempler på komplette vinduer. EnWin1 er velegnet til at sammenligne energimæssige egenskaber for forskellige vinduesprodukter og vurdere deres indvirkning på energiforbruget, når de anvendes i en konkret bygning. Dokumentation af EnWin1 og en brugermanual er givet i afsnit 7 og 8.

Kapitel 1, 2 og 3 i kompendiet, som beskriver energimærkningsordningen, ruders energimærkningsdata samt ruders energitilskud og klassificering af ruder, er kopier af kapitel 1, 4 og 8 i kompendium 1 og gentages her af hensyn til læsere, der ikke har kompendium 1.

Målgruppen for kompendium 7 er rude- og vinduesproducenter, rådgivere indenfor byggeriet, professionelle bygherrer, tekniske forvaltninger, byggemarkeder og forbrugere med særlig interesse.

Følgende har medvirket til udarbejdelsen af kompendiet:

Jacob Birck Laustsen og Svend Svendsen.

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

Professor Svend Svendsen  
Danmarks Tekniske Universitet  
Institut for Bygninger og Energi  
Bygning 118, Brovej  
DK-2800 Kgs. Lyngby

### Revision af nærværende kompendium 2009

Kompendiet er redigeret januar 2009. Det skal nævnes at programmet EnWin1 ikke længere videreudvikles eller anvendes til analyser. For at sammenligne forskellige vinduesprodukter henvises i stedet til programmet *WinDesign* eller *BuildingCalc*, der kan downloades fra [www.byg.dtu.dk](http://www.byg.dtu.dk). Her i er det muligt at anvende standard data eller indlægge egne produktdata. Med programmerne kan foretages en detaljeret sammenligning af forskellige produkters egenskaber.

Programmerne EnWin og Soldia kan dog fortsat downloades fra [www.byg.dtu.dk](http://www.byg.dtu.dk)

### Copyright

Copyright © BYG.DTU, 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 7: "Ruder og vinduers energitilskud".*

*BYG.DTU, 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 [20] samt tekniske bestemmelser for vinduer [22] og ruder [21]). Dette har medført et generelt informationsbehov på området. Kompendierne skal give læserne generel information om energimæssige egenskaber af ruder og vinduer. Herunder oplysning om forenkede 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 ( $\tau_t$ -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 ( $\lambda_k$ ) 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 ( $\tau_t$ -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	
<b>Ruder</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Varmetransmissionskoefficient</li> <li>- Sollystransmittans</li> <li>- Total solenergitransmittans</li> <li>- Ækvivalent varmeledningsevne af kantkonstruktionen</li> </ul>
<b>Vinduer</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Varmetransmissionskoefficient</li> <li>- Sollystransmittans</li> <li>- Total solenergitransmittans</li> </ul>

## 1.2 Ruders energiklasse

Energiltuskuddet fra 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 i fyringssæsonen. 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 <sup>2</sup>
B	Energiltuskud større end 10,0 kWh/m <sup>2</sup> til og med 20,0 kWh/m <sup>2</sup>
C	Energiltuskud større end 0,0 kWh/m <sup>2</sup> til og med 10,0 kWh/m <sup>2</sup>

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 Ruders energimærkningsdata

I det følgende beskrives de størrelser, der karakteriserer ruders grundlæggende energimæssige egenskaber. Disse størrelser indgår i forbindelse med energimærkning af ruder, hvor de yderligere er grundlaget for en eventuel klassifikation af ruder.

### 2.1 Varmetransmissionskoefficient for ruder

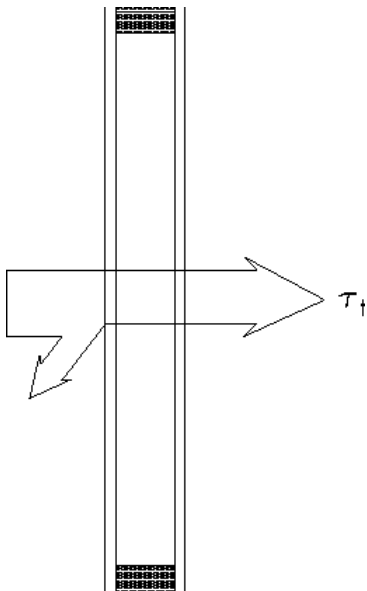
Ruders isoleringsevne beskrives ved varmetransmissionskoefficienten også kaldet U-værdien. U-værdien for ruder betegnes med symbolet  $U_g$  og defineres som U-værdien bestemt for rudens midte. I U-værdien for ruder indgår således ikke påvirkninger fra kantkonstruktionen. U-værdien for ruder kaldes også "center U-værdien".

En metode til at beregne ruders varmetransmissionskoefficient fremgår af standarden EN 673 [23].

### 2.2 Sollystransmittans for ruder

Sollystransmittansen betegnes med symbolet  $\tau_t$  og angiver hvor stor en del af sollyset (den synlige del af solstrålingen), der rammer en rudes yderside, som tilføres det bagvedliggende rum. Definitionen af sollystransmittansen er skitseret i Figur 1. Sollystransmittansen er afhængig af sollysets indfaldsvinkel. Værdien for sollystransmittansen opgives for vinkelret indfald af sollyset.

Metoden til at beregne ruders sollystransmittans fremgår af standarden EN 410 [10].

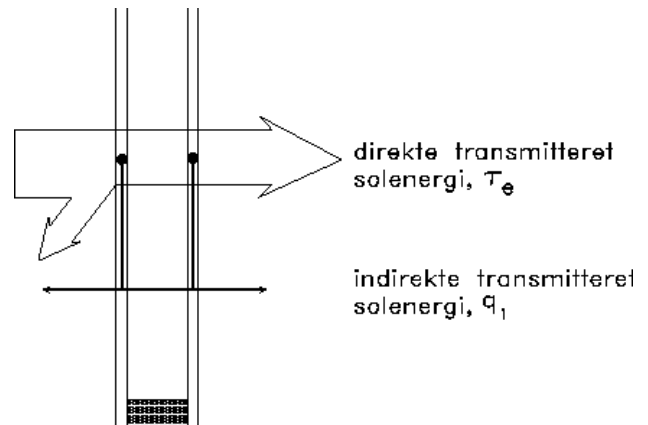


Figur 1. Sollystransmittans for ruder opgives for vinkelret indfald af sollyset.



### 2.3 Total solenergitransmittans for ruder

Den totale solenergitransmittans også kaldet  $g$ -værdien betegnes med symbolet  $g$  og angiver hvor stor en del af solstrålingen, der rammer en rudes yderside, der tilføres det bagvedliggende rum. Når solstrålingen rammer ruden reflekteres en del af solstrålingen, en del absorberes i ruden og en del transmitteres direkte gennem ruden. Den solstråling, der absorberes i ruden, vil medføre en opvarmning af glaslagene i ruden. Det medfører, at en del af den absorbere solenergi bliver tilført det bagvedliggende rum ved varmestråling og konvektion. Som vist i Figur 2 er bidragene til  $g$ -værdien den direkte transmitterede solenergi og den del af den absorbere solenergi, der tilføres det bagvedliggende rum. Den totale solenergitransmittans er afhængig af solstrålingens indfaldsvinkel og skal opgives for vinkelret indfald af solstrålingen.



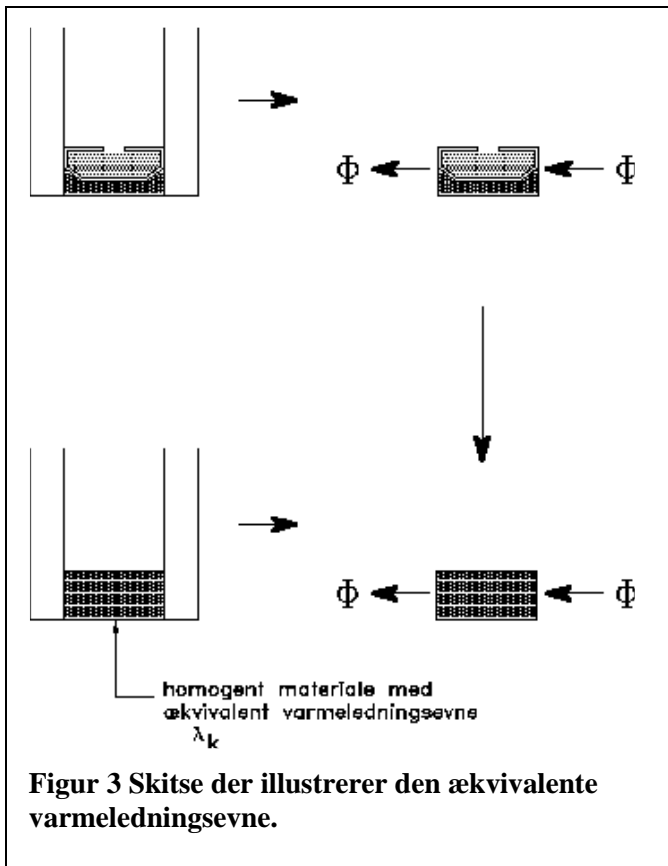
Figur 2. Bidrag til  $g$ -værdi for ruder opgives for vinkelret indfald af solstråling.

Metoden til at beregne ruders  $g$ -værdi fremgår af standarden EN 410 [10].

### 2.4 Ækvivalent varmeledningsevne af kantkonstruktionen

Kantkonstruktionen består af et afstandsprofil, tørremiddel og forseglingsmasser og er således som regel sammensat af flere materialer med forskellig varmeledningsevne. Til beskrivelse af kantkonstruktionens varmetekniske egenskaber indføres den ækvivalente varmeledningsevne, der betegnes med symbolet  $\lambda_k$ . Den ækvivalente varmeledningsevne benyttes således til at karakterisere den resulterende effekt af de forskellige dele i rudens kantkonstruktion. Ordet ækvivalent benyttes i denne sammenhæng for at pointere, at det ikke er kantkonstruktionens varmeledningsevne, men en varmeledningsevne der er repræsentativ for kantkonstruktionen.

Varmestrømmen gennem kantkonstruktionen er kompliceret, da kantkonstruktionen er sammensat af forskellige materialer. Ved at modellere kantkonstruktionen ved hjælp af detaljerede beregningsprogrammer kan varmemstrømmen  $\Phi$  gennem kantkonstruktionen bestemmes ved givne randbetingelser.



Den ækvivalente varmeledningsevne bestemmes ved i beregningsprogrammerne at erstatte kantkonstruktionen med et homogent materiale med samme geometri som kantkonstruktionen. Den ækvivalente varmeledningsevne er givet ved varmeledningsevnen af et homogent materiale, der giver anledning til den samme varmestrøm  $\Phi$  gennem det homogene materiale og kantkonstruktionen ved de samme randbetingelser. Dvs. ved at erstatte kantkonstruktionen i ruden med det homogene materiale ændres ikke på linjetabet i samlingen mellem ruden og ramme-karmkonstruktionen. Definitionen af den ækvivalente varmeledningsevne er skitseret i Figur 3..

### 3 Ruders energitilskud og energiklassifikation

For at kunne vurdere ruders samlede energimæssige egenskaber, er det nødvendigt, at se på rudernes energibalance, som afhænger af U-værdien og g-værdien. En simpel metode til at vurdere ruders energitilskud til bygningen de sidder i beskrives nedenfor.

#### 3.1 Tilført solenergi

Den tilførte solenergi er den solenergi, der transmitteres gennem ruden til det bagvedliggende rum.

Beregning af den tilførte solenergi kræver kendskab til størrelsen af solstrålingen, der rammer ruden. Derudover skal rudens totale solenergitransmittans kendes som funktion af indfaldsvinklen. Den totale solenergitransmittans for vinkelret solindfald fremgår af rudens energimærkning i form af g-værdien.

Den tilførte solenergi bestemmes for fyringssæsonen ud fra klimadata fra det danske referenceår DRY [8]. Programmet Sol-Dia [24] benyttes til at beregne solindfaldet på rudens yderside fordelt på direkte, diffus og reflekteret solstråling for en vilkårlig orientering af ruden. Ud fra kendskab til rudens totale solenergitransmittans bestemmes den tilførte solenergi til det bagvedliggende rum. Den tilførte solenergi er korrigeret for den totale solenergitransmittans afhængighed af indfaldsvinklen, men er ikke korrigeret for effekten af nære eller fjerne skygger.

Ikke hele den tilførte solenergi kan udnyttes til opvarmning af bygningen, hvilket omtales i kompendium 1.

#### 3.2 Varmetab

Rudens varmetab bestemmes på baggrund af rudens U-værdi, der fremgår af rudens energimærkning.

Varmetabet i fyringssæsonen bestemmes ud fra klimadata fra det danske referenceår DRY [8]. Temperaturen inde i bygningen sættes til 20°C. Varmetabet pr. m<sup>2</sup> bestemmes som temperaturforskellen mellem inde og ude gange U-værdien for ruden.

#### 3.3 Energitilskud

En rudes energitilskud til bygningen er den tilførte energi fra solindfaldet, 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 [8] bestemmes solindfaldet for orienteringerne nord, syd og øst/vest, samt antallet af gradtimer i fyringssæsonen. Solindfaldet korrigeres som nævnt for g-værdiens afhængighed af indfaldsvinklen. Det beregnede korrigerede solindfald for lodrette vinduer, samt antallet af gradtimer er vist i Tabel 3.

**Tabel 3. Korrigeret solindfald ved forskellige orienteringer samt gradtimer i fyringssæsonen.**

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

Ud fra værdierne i Tabel 3 kan energitilskuddet  $E$  for en bestemt rude i en given orientering bestemmes som:

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

hvor

$g$  Total solenergitransmittans for vinkelret indfald af solstråling

$U$  Varmetransmissionskoefficient for rudens midte

$I_{kor}$  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 kompendium 1 appendiks B.

### 3.4 Klassifikation af ruder

For at gøre det mere overskueligt, hurtigt at 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 gennem 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 [25] svarer til 10° horisontalafskæring og lille tagudhæng. Solenergitransmittansen  $g$  korrigeres med hensyn til skyggefaktoren  $F_s$ :

$$g_{\text{kor}} = g \cdot F_s$$

Energertilskuddet til referencehuset for en given rude beregnes således ved:

$$E_{\text{ref}} = E_{\text{nord}} + E_{\text{syd}} + E_{\text{øst/vest}}$$

$$E_{\text{ref}} = 0,26 \cdot (104,5 \cdot 0,7 \cdot g - 90,36 \cdot U) + 0,41 \cdot (431,4 \cdot 0,7 \cdot g - 90,36 \cdot U) + 0,33 \cdot (232,1 \cdot 0,7 \cdot g - 90,36 \cdot U)$$

som samles til:

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

Denne formel danner grundlaget for energiklassifikationen.

For at forenkle og tydeliggøre energimærkingen af ruder, omformes den eksakte værdi for energitilskuddet til en af energiklasserne A, B eller C som vist i Tabel 4.

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/m<sup>2</sup> klassificeres ikke. Klassificeringen baseres på U- og g-værdier for ruder med en glasafstand på 15 mm, uanset at den faktiske glasafstand er anderledes.

Rudens energiklasse mærkes af producenten i rudens afstandsprofil.

**Tabel 4. Energiklassifikation af ruder**

Energiklasse	Grænseværdier
A	Energertilskud større end 20,0 kWh/m <sup>2</sup>
B	Energertilskud større end 10,0 kWh/m <sup>2</sup> til og med 20,0 kWh/m <sup>2</sup>
C	Energertilskud større end 0,0 kWh/m <sup>2</sup> til og med 10,0 kWh/m <sup>2</sup>

## 4 Følsomhedsanalyse af klassifikationen af ruder

Som nævnt i foregående afsnit, er klassifikationen af ruder baseret på energitilskuddet gennem ruder under standardiserede forhold. Klassifikationsmetoden er derfor i princippet kun gældende for ruder, som anvendes under disse referenceforhold.

I dette kapitel gennemgås forskellige forhold, som har indflydelse på energitilskuddet til referencehuset og dermed klassifikation af ruder. Klassifikationsmetodens følsomhed overfor forhold som afviger fra referencesituationen vurderes.

### 4.1 Vinduesfordelingens betydning for energitilskuddet

Fordelingen af vinduer på de fire orienteringer har betydning for rudens energitilskud til bygningen, idet energitilskuddet gennem en given rude varierer for forskellige retninger.

#### 4.1.1 Vinduesfordelingens betydning for energitilskuddet vist som funktion af én parameter

Betydningen af vinduesfordelingen kan nemt bestemmes ved at ændre de procentvi-

se fordelinger i udtrykket

$$E_{reference} = E_{nord} + E_{syd} + E_{øst/vest}$$

$$E_{reference} = P_{nord} \cdot (104,5 \cdot 0,7 \cdot g - 90,36 \cdot U) + P_{syd} \cdot (431,4 \cdot 0,7 \cdot g - 90,36 \cdot U) + P_{øst/vest} \cdot (232,1 \cdot 0,7 \cdot g - 90,36 \cdot U)$$

hvor den procentvise fordeling af vinduerne i referencehuset er

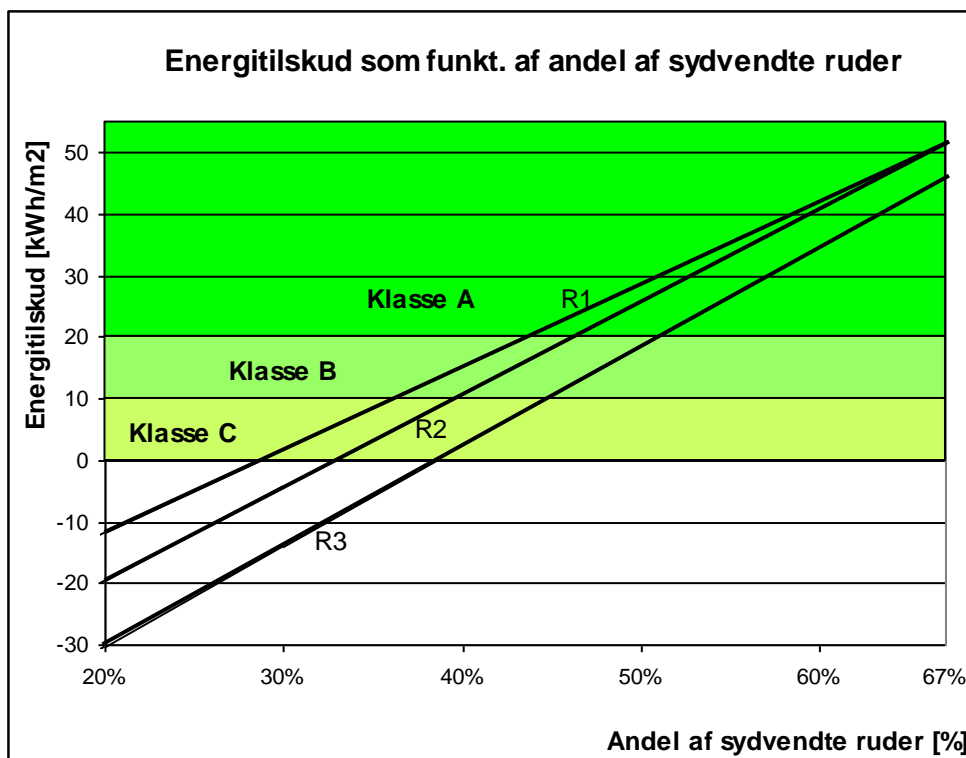
$$P_{nord}: 26\%, P_{syd}: 41\%, P_{øst/vest}: 33\%$$

For at illustrere vinduesfordelingens indflydelse på energitilskuddet, er der lavet et eksempel for tre forskellige men typiske ruder.

$$\begin{aligned} R1: & \text{ U-værdi : } 1,1 \text{ W/m}^2\text{K} & \text{ g-værdi: } 0,59 \\ R2: & \text{ U-værdi : } 1,3 \text{ W/m}^2\text{K} & \text{ g-værdi: } 0,66 \\ R3: & \text{ U-værdi : } 1,5 \text{ W/m}^2\text{K} & \text{ g-værdi: } 0,71 \end{aligned}$$

Alle tre ruder er tolags termoruder med 15 mm glasafstand og 90/10 argon/luft fyldning, men med forskellige lavemissionsbelægning. Rude 1 har en temmelig lav U-værdi men til gengæld en knap så god g-værdi. Det modsatte er tilfældet for rude 3, mens rude 2 er ”en mellemting”.

I Figur 4 ses de tre ruders energitilskud som funktion af den procentvise andel af syd/nordvendte ruder med fast andel af øst/vestvendte.



Figur 4. Vinduesfordelingens indflydelse på energitilskuddet for tre forskellige ruder: R1: U = 1,1, g = 0,59, R2: U = 1,3, g = 0,66 og R3: U = 1,5, g = 0,71. Andelen af øst/vestvendte ruder er fast 33 %. Andelen af nordvendte ruder er: 67% – andel syd.

Det ses i Figur 4, at energitilskuddet gennem de tre ruder er afhængigt af andelen af sydvendte ruder. Det betyder, at en afvigelse i vinduesfordelingen i forhold til referencheuset kan bevirke, at en rude giver et andet energitilskud, end den mærkede energiklasse angiver. F.eks. ændres energitilskuddet  $10 \text{ kWh/m}^2$  (svarende til én klasse) for rude 3, hvis andelen af sydvendte ruder ændres ca. 7%. For rude 2 og 1 kræves en lidt større ændring i andelen af sydvendte ruder, før at energitilskuddet ændres tilsvarende. Det vil sige, at rude 3 er mere følsom mht. vinduesfordelingen end hhv. rude 2 og 1.

Det indikerer, at følsomheden for afvigelser i vinduesfordeling stiger jo større g-værdien er (Varmetabet gennem ruden er uafhængigt af rudens orientering).

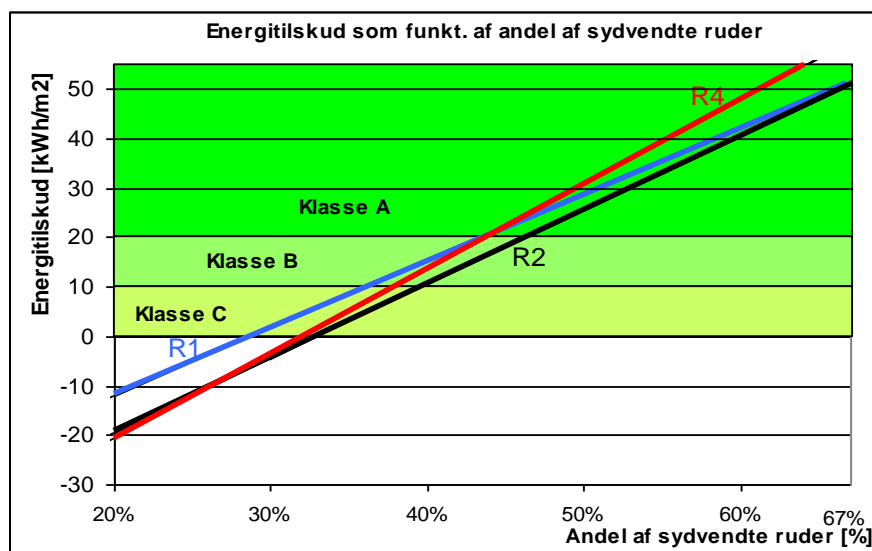
Der er dog ingen af de tre kurver, som skærer hinanden, (bortset fra R1 og R2 ved 67 % sydvendte ruder) hvilket indikerer, at klassifikationsmetoden (for disse tre typiske ruder) er god til en relativ sammenligning af forskellige ruder. Med andre ord vil rude 1 være den "bedste" uanset andelen af sydvendte ruder indenfor et meget stort interval.

Som nævnt er det g-værdien, som er afgørende for følsomheden overfor afvigelser i vinduesfordelingen. Hvis man anvender ruder med ekstra høj g-værdi, som kan opnås ved anvendelse af jernfattigt glas og antirefleksionsbehandlet glas, vil energitil-

skuddet stige kraftigere, når andelen af sydvendte ruder øges. I Figur 5 er energitilskuddet som funktion af andelen af sydvendte ruder vist for de samme ruder som i Figur 4, bortset fra rude 4, som har en højere g-værdi. Dvs.: Rude 4:  $U = 1,5 \text{ W/m}^2\text{K}$ , og  $g = 0,75$ . Det ses, at de to kurver R1 og R4 skærer hinanden ved en andel af sydvendte ruder på ca. 44 %. Det indikerer, at rude 4 for store andele af sydvendte ruder bliver "bedre" end rude 1, som ellers er "bedst" for små andele af sydvendte ruder. Forskellen mellem de to ruder overstiger dog ikke  $10 \text{ kWh/m}^2$ , selv inden for meget store variationer af vinduesfordelingen. Altså giver klassifikationsmetoden i dette ekstreme tilfælde kun anledning til mindre fejl. De tre ruder har alle energiklasse B og deres energitilskud ligger inden for  $10 \text{ kWh/m}^2$  over hele området. Klassifikationsmetoden er altså i dette ekstreme tilfælde stadig egnet til en grov inddeling af ruder.

#### 4.1.2 Vinduesfordelingens betydning for energitilskuddet vist som funktion af flere parametre

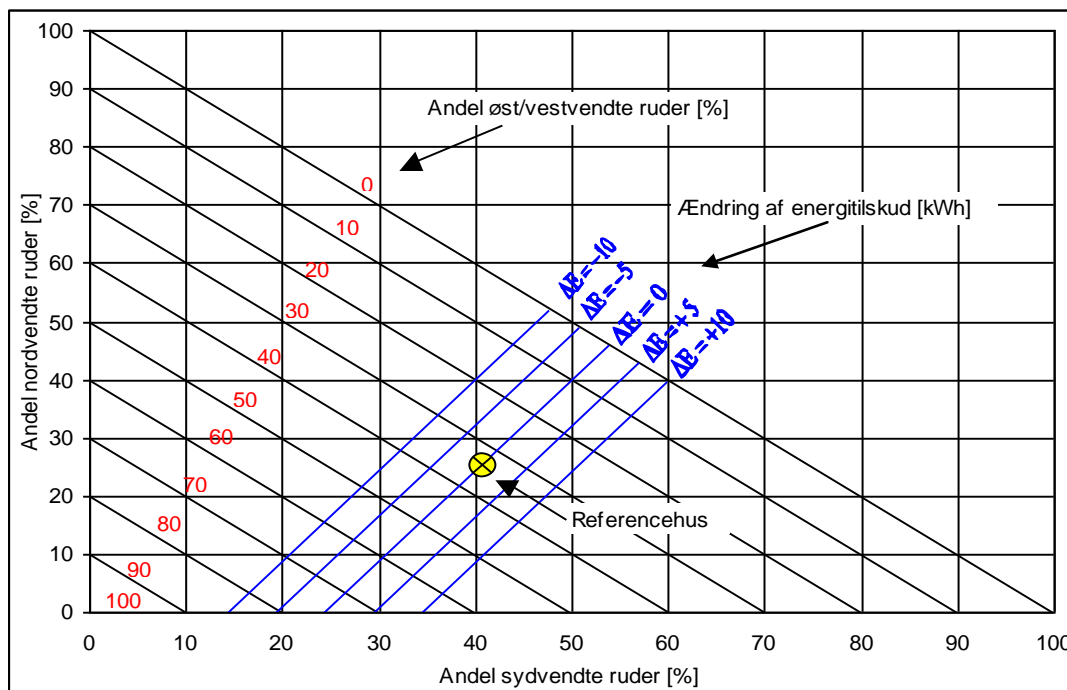
For at illustrere sammenhængen mellem forskellige orienteringer, er energitilskuddets og energiklassernes følsomhed overfor fordelingen af vinduerne i huset på hhv. nord, syd og øst/vest vist for rude 1 i Figur 6 og rude 3 i Figur 7 på næste side. Andelen af hhv. sydvendte og nordvendte ruder aflæses på X- og Y-aksen, mens ande-



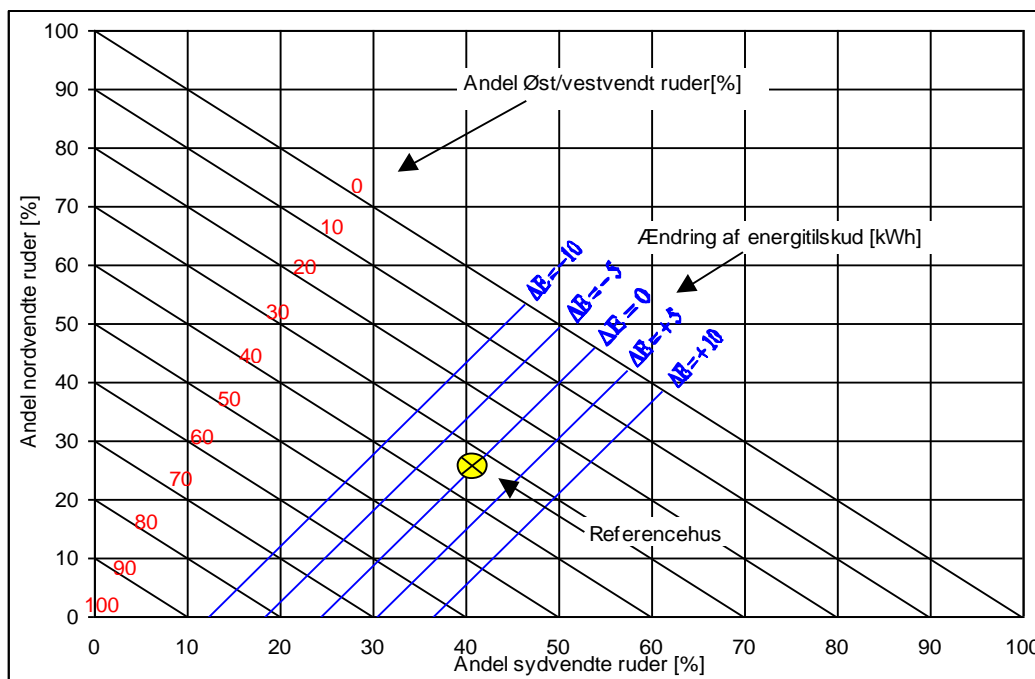
Figur 5. Vinduesfordelingens indflydelse på energitilskuddet for tre forskellige ruder: R1:  $U = 1,1$ ,  $g = 0,59$ , R2:  $U = 1,3$ ,  $g = 0,66$  og R4:  $U = 1,5$ ,  $g = 0,75$ . Andelen af øst/vestvendte ruder er fast 33 %. Andelen af nordvendte ruder er: 67% – andel syd.

len af øst/vestvendte ruder er angivet ved de skrå streger mellem X- og Y akser(røde tal). De blå linier angiver konstante energitilskud, hvor  $\Delta E = 0$  kWh indikerer, at energitilskuddet er det samme som for referencehuset. Vinduesfordelingen i referencehuset (syd: 41%, nord: 26 % og øst/vest:33 %) er angivet med gul cirkel. Ved at følge linien  $\Delta E = 0$  kan man se hvil-

ke vinduesfordelinger, som giver samme energitilskud som referencetilfældet. De øvrige blå linier angiver vinduesfordelinger, som resulterer i tilvækst/reduktion af energitilskuddet med 5 og 10 kWh i forhold til referencehuset.



**Figur 6. Vinduesfordelingens betydning for det samlede energitilskud til huset. Rude: R1. To lags termorude med blød lavemissionsbelægning og argon 90/10 fyldning,  $U = 1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$ ,  $g = 0,59$ .**



**Figur 7. Vinduesfordelingens betydning for det samlede energitilskud til huset. Rude: R3. To lags termorude med hård lavemissionsbelægning og argon 90/10 fyldning,  $U = 1,5 \text{ W/m}^2\text{K}$ ,  $g = 0,71$ .**

Figur 6 og 7 indikerer bl.a. hvor meget vinduesfordelingen kan ændres før energitilskuddet øges/sænkes f.eks. 10 kWh/m<sup>2</sup>år, som svarer til én energiklasse. Af figurerne fremgår det, at ændringerne i energitilskuddet er mindre for ruden med lav g-værdi end for ruden med høj g-værdi. Dvs. at for ruder med lav g-værdi skal der større ændringer i vinduesfordelingen til, før at energitilskuddet ændres væsentligt. Altså er ruder med høj g-værdi de mest følsomme overfor afvigelser fra referencesituationen. Som det ses af Figur 6 og Figur 7 er det svært, at give et entydigt bud på, hvor følsomt energitilskuddet og dermed energiklassificeringen er overfor den procentvise fordeling af ruderne i huset, da det er en kombination af de tre retninger. Det fremgår dog, at det kan have væsentlig indflydelse på energitilskuddet hvis vinduesfordelingen afviger fra fordelingen i referencehuset.

#### 4.2 Orienterings betydning for energitilskuddet.

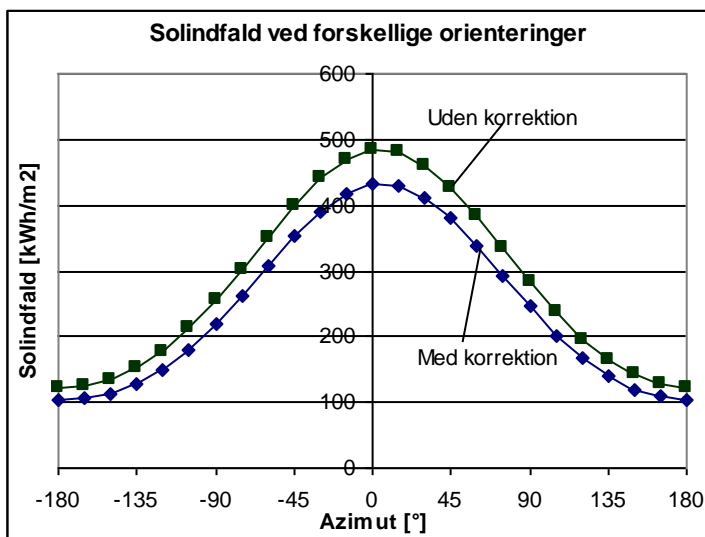
Orienteringen af huset kan have betydning for det samlede energitilskud til huset, da solindfaldet fra forskellige retninger som bekendt ikke er ens. Ved klassifikationen af ruder anvendes et referencehus, som er orienteret efter verdenshjørnerne. For at vurdere orienteringens betydning for energitilskuddet er solindfaldet for forskellige retninger bestemt.

Vha. programmet Soldia bestemmes solstrålingen som diffus, reflekteret og direkte på en flade med en given orientering. Nedenstående formel angiver hvorledes den tilførte solenergi til bygningen  $Q_{sol}$  gennem ruden eller vinduet bestemmes.

$$Q_{sol} = g \cdot \left[ \sum C_{dir} \cdot (1 - \tan^p(i/2)) \cdot \Delta t \right] + \sum C_{dif} \cdot f \cdot \Delta t$$

Der korrigeres for g-værdiens afhængighed af indfaldsvinklen. Metoden til bestemmelse af solindfaldet er yderligere beskrevet i kompendium 1.

Fundne værdier for det årlige solindfald og det korrigerede årlige solindfald i [kWh/m<sup>2</sup>] er vist i Figur 8.



Figur 8. Solindfald i fyringssæsonen ved forskellige orienteringer uden og med korrektion for indfaldsvinklens betydning for en typisk rudes g-værdi.



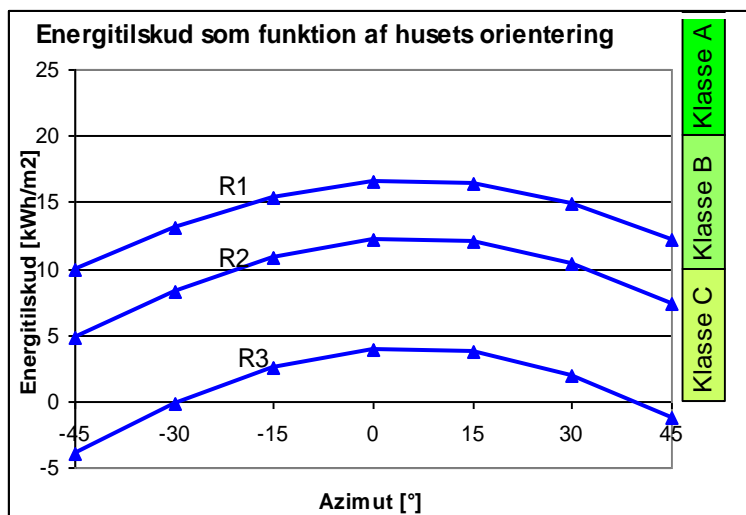
Ud fra værdierne for det korrigerede solindfald beregnes det samlede energitilskud for de tre ruder fra forrige afsnit ved følgende orienteringer af husets 'sydvendte' facade.

Azimut:  $-45^\circ$ ,  $-30^\circ$ ,  $-15^\circ$ ,  $0^\circ$ ,  $15^\circ$ ,  $30^\circ$ ,  $45^\circ$ .  
Vinduesfordelingen er som tidligere nævnt:

$P_{\text{nord}}$ : 26%,  $P_{\text{syd}}$ : 41%,  $P_{\text{øst/vest}}$ : 33%

Sammenhængen er vist i Figur 9.

Det ses, at husets orientering har nogen betydning for energitilskuddet gennem ruderne. Det største energitilskud fås, når huset er orienteret mod syd, og det reduceres hvis huset drejes. Værdierne i Figur 9 gælder kun for vinduesfordelingen som i referencehuset. Hvis vinduesfordelingen ændres herfra, fås en anden sammenhæng mellem husets orientering og energitilskuddet. Det fremgår af figuren, at kurven for rude 1 er "fladere" end rude 2 og rude 3 osv. Det indikerer, at jo større g-værdi der anvendes jo større afvigelser fra referencemetoden fås. Der er dog ingen af kurverne der skærer hinanden, hvilket igen indikerer, at klassifikationen er god til at sammenligne produkterne relativt, også i situationer, hvor orienteringen af huset ikke svarer til referencesituationen.



**Figur 9. Energitilskud som funktion af husets orientering. Ruder: Ruder: R1:  $U = 1,1$   $g = 0,59$ , R2:  $U = 1,3$   $g = 0,66$  og R3:  $U = 1,5$   $g = 0,71$ . Vinduesfordeling som i referencehuset**

### 4.3 Skyggeforholdenes betydning for energitilskuddet.

Skyggekorrektionsfaktoren  $F_s$  kan vurderes vha. SBI 184. Energitilskuddets følsomhed overfor  $F_s$  vises direkte ved anvendelse af udtrykket for energitilskuddet

$$E = I_{korr} \cdot g \cdot F_s - G \cdot U$$

hvor

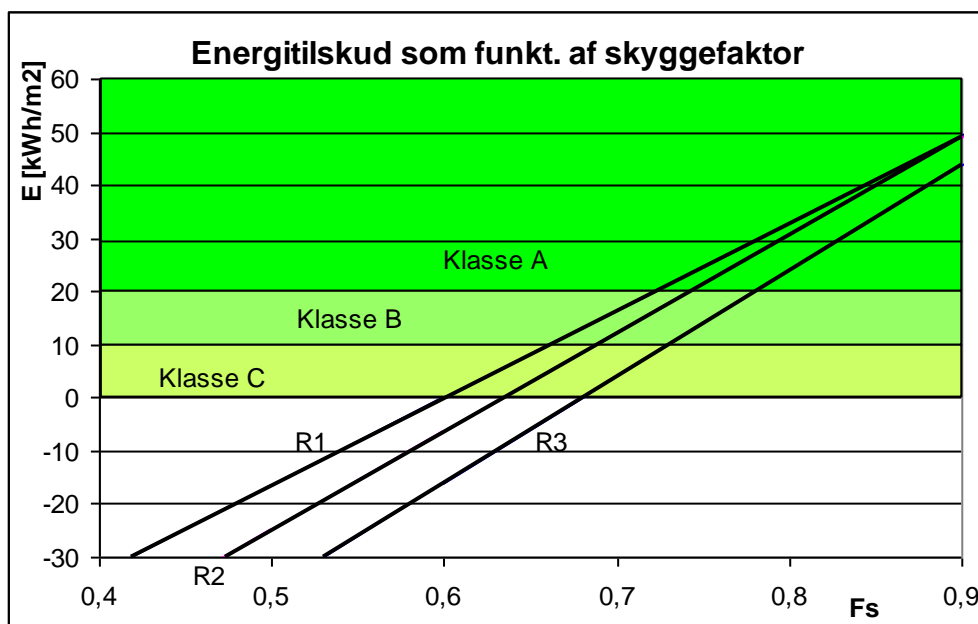
- $I_{korr}$  Solindfald korrigeret for g-værdiens afhængighed af indfaldsvinkel
- $g$  Total solenergitransmittans for vinkelret indfald af solstråling
- $F_s$  Skyggekorrektionsfaktoren
- $G$  Gradtimer i fyringssæsonen baseret på indetemperatur på 20 °C
- $U$  Varmetransmissionskoefficient for rudens midte

For referencehuset fås:

$$E = 280,6 \cdot g \cdot F_s - 90,36 \cdot U$$

I Figur 10 er energitilskuddet optegnet som funktion af skyggekorrektionsfaktoren for de tre ruder fra afsnit 4.1.1. Det fremgår af Figur 10, at skyggefaktoren  $F_s$  har stor indflydelse på det resulterende energitilskud og dermed også på klassifikationen af ruder. Da varmetabet gennem ruden ikke afhænger af skyggeforholdene, er det først og

fremmest rudens g-værdi som har betydning for energitilskuddet, når skyggefaktoren varierer. Det ses da også, at jo større g-værdi ruden har, jo større hældning har kurven i Figur 10. På trods af dette skærer de tre kurver ikke hinanden inden for de "normale" værdier for  $F_s$ , og derfor kan klassifikationen bruges til at sammenligne forskellige ruder, selv om  $F_s$  ikke svarer eksakt til referencesituationen. Det antydes dog af figuren, at for  $F_s$  større end 0,9 bliver rude 2 "bedre" end rude 1, som for referencehuset ( $F_s=0,7$ ) var "bedst".



Figur 10. Energitilskud som funktion af skyggefaktor. Ruder: R1:  $U = 1,1$   $g = 0,59$ , R2:  $U = 1,3$   $g = 0,66$  og R3:  $U = 1,5$   $g = 0,71$

## 5 Vurdering af brugen af klassifikation af ruder

Som vist i det foregående, er metoden til at klassificere ruder følsom overfor de omtalte parametre: vinduesfordeling, orientering og skyggeforhold. Afvigelserne er dog for typiske ruder generelt ikke større, end at rækkefølgen på forskellige ruder mht. energitilskud ikke ændres, selv om ovenstående parametre ændres enkeltvis inden for realistiske margener. Klassifikationen er derfor velegnet til en relativ sammenligning af forskellige typiske ruder.

I ekstreme tilfælde hvor der anvendes ruder med meget høj  $g$ -værdi kan energitilskuddet variere så meget, at den energimæssige rækkefølge for to ruder ændres ved f.eks. ændringer i vinduesfordelingen. Det er dog kun i specielle tilfælde og afvigelserne i energitilskuddet afviger næppe mere end  $10 \text{ kWh/m}^2$ . Derfor er klassifikationen under alle omstændigheder god som en grov energimæssig inddeling af ruder.

På trods af dette er det i mange tilfælde interessant at kende en mere præcis værdi af energitilskuddet. For eksempel i forbindelse med udskiftning af vinduer i et helt hus, som ikke ligner referencehuset. Kendskab til den absolutte værdi af energitilskuddet er forudsætningen for beregningen af energibesparelsen og dermed økonomien. Derfor vil der ofte være behov for at bestemme det rigtige energitilskud for ruder ved forhold, som afviger fra referencehuset.

Da de enkelte parametres påvirkning af energitilskuddet yderligere påvirkes af den aktuelle rudes energimærkningsdata, samt at de enkelte parametre har indbydes indflydelse på hinanden, er det ikke muligt/hensigtsmæssigt, at opstille en overskuelig korrektionsfaktor/metode til at korrigere for alle forhold, som afviger fra referencehusmetoden. Derfor er der udviklet et simpelt program til en direkte beregning af energitilskuddet i en specifik situation.

## 6 EnWin1 - Program til beregning af energitilskud for konkrete forhold.

### 6.1 Introduktion

Kommentar Januar 2009. Programmet EnWin videreudvikles ikke længere. I stedet henvises til programmet WinDesign udviklet på DTU Byg i 2008. WinDesign er en udvidelse af EnWin programmet og kan foretage detaljerede vinduesanalyser mht. energiforbrug og indetemperatur. Programmet kan hentes på [www.byg.dtu.dk](http://www.byg.dtu.dk).

#### EnWin

Da det har vist sig, at metoden til at klassificere ruder ud fra deres energitilskud til et referencehus er følsom overfor en række parametre, er der udviklet et beregningsprogram, EnWin, som kan beregne energitilskuddet for ruder og vinduer i situationer, som afviger fra referencesituationen (DS418 huset).

EnWin er et beregningsprogram, som anvendes til bestemmelse af ruder og vinduers energimæssige egenskaber. Programmet beregner totale værdier for varmetransmissionskoefficienten,  $U$ , og den totale solenergitransmittans,  $g$ , for vinduer i specifikke dimensioner baseret på data for de enkelte dele, som vinduet består af. Disse data kan hentes fra en tilhørende database over rude- og vinduesprodukter, eller de kan indtastes direkte. Hertil kan værdier fra kompendium 6 benyttes, eller energimærkningsdata for aktuelle vinduesdimensioner oplyst af producenten. Det er således muligt at sammensætte forskellige vinduesudformninger vha. produkterne i databasen.

Ud fra de beregnede  $U$ - og  $g$ -værdier kan programmet beregne energitilskuddet for de valgte vinduer under hensyntagen til orientering, vinduesfordeling og skygger m.m. I modsætning til Referenceenergitilskuddet, som anvendes til klassifikation af ruder, og som er baseret på gennemsnitsværdier og vinduesfordeling i et typisk parcelhus (DS 418), beregner EnWin energitilskuddet detaljeret for de aktuelle forhold. Herved

fås et mere præcist billede af energibalancen for vinduerne i en specifik bygning. Når først detaljerne om vinduernes placering og orientering samt skyggeforholdene er indtastet, kan der hurtigt foretages beregninger af energitilskuddet for forskellige typer af vinduer. På den måde er det på en forholdsvis simpel måde muligt at finde de energimæssigt bedste ruder/vinduer i den konkrete situation.

Programmet er forbundet til en database med data for forskellige vinduesprodukter (ruder, kantkonstruktioner og ramme-karmprofiler).

EnWin skal hjælpe rådgivere og projekterende såvel som alm. forbrugere med at vælge de energimæssigt bedste ruder/vinduer i konkrete situationer i forbindelse med både renovering og nybyggeri. Programmet kan f.eks. bruges ved valg af ruder og vinduer til et bestemt hus med en bestemt orientering.

Programmet er udviklet i MS Visual Basic og de tilhørende databaser er udviklet i MS Access. Programmet er gratis og kan downloades fra [www.ibe.dtu.dk/vinduer](http://www.ibe.dtu.dk/vinduer).

### 6.2 Database

Der er i tilknytning til programmet udviklet en database med bl.a. termiske og optiske egenskaber for forskellige vinduesprodukter (ruder, kantkonstruktioner, ramme-karmprofiler samt forsatsvinduer). Databasen er yderligere beskrevet i kompendium 6, som findes på [www.ibe.dtu.dk/vinduer](http://www.ibe.dtu.dk/vinduer). Databasen indeholder informationer om producent, produktkode, materialer, dimensioner og energimærkningsdata m.m. I database er der fire tabeller:

- Oversigt over ruder
- Oversigt over kantkonstruktioner
- Oversigt over ramme-karmprofiler
- Forsatsvinduer

## 7 Dokumentation af programmet EnWin

### 7.1 Indledning

EnWin er et beregningsprogram til bestemmelse af energimærkningsdata for ruder og vinduer og beregning af energitilskuddet for vinduer under konkrete forhold. Programmet er udviklet i MS Visual Basic og de tilhørende databaser er udviklet i MS Access. Programmet er gratis og kan downloades fra [www.ibe.dtu.dk/vinduer](http://www.ibe.dtu.dk/vinduer).

Programmet kan regne på nye vinduer, gamle vinduer og forsatsvinduer. For at forenkle indtastningen i programmet foretages beregninger af vinduer/døres energimæssige egenskaber ud fra fem typiske vinduesudformninger. Således skal brugeren vælge den vinduestype, som ligner det aktuelle vindue mest, hvorefter data for de indgående dele (rude, ramme-karm, poster og sprosser) indlæses fra databasen eller indtastes direkte. Der er også mulighed for at regne på helt specifikke vinduesudformninger og glasfacader. Her skal brugeren dog selv på forhånd kende arealfordelingen af de enkelte delelementer.

I forbindelse med energitilskudsberegningerne kan der korrigeres for effekten af skygger fra de vinduesnære omgivelser (murhul og udhæng) og fjerne skyggegivere fx andre bygninger. Den medfølgende database over rude-og vinduesprodukter er yderligere beskrevet i kompendium 6, som findes på [www.ibe.dtu.dk/vinduer](http://www.ibe.dtu.dk/vinduer).

I det følgende gennemgås de anvendte metoder og teorien som ligger til grund for beregningerne i programmet.

### 7.2 Bestemmelse af energimærkningsdata

Beregning af de energimæssige egenskaber foretages i programmet i henhold til DS 418 tillæg 1 [3] og prEN ISO 10077-1 [4] og prEN ISO 10077-2 [5].

#### 7.2.1 Varmetransmissionskoefficient, U-værdi

Energimærkningsdata for de enkelte dele, som indgår i det aktuelle vindue kan hentes fra den tilhørende database eller indtastes direkte. Herefter

beregnes varmetransmissionskoefficienten,  $U$  [ $W/m^2K$ ], for vinduer og døre i henhold til DS-418 tillæg 1 [3] ud fra udtrykket:

$$U_{total} = \frac{A_g \cdot U_g + A_r \cdot U_r + A_{ps} \cdot U_{ps} + l_g \cdot \Psi_g + l_{gps} \cdot \Psi_{gps}}{A'} \quad (1)$$

hvor

$A_g$	er arealet af ruden [ $m^2$ ]
$A_r$	er arealet af ramme-karm [ $m^2$ ]
$A_{ps}$	er arealet af poster eller sprosser [ $m^2$ ]
$A'$	er vinduets samlede areal [ $m^2$ ]
$l_g$	er perimeter af ruden langs rammen [ $m$ ]
$l_{gps}$	er perimeter af ruden langs poster eller sprosser [ $m$ ]
$\Psi_g$	er den lineære transmissionskoefficient af kantkonstruktionen (ramme-karm) [ $W/mK$ ]
$\Psi_{gps}$	er den lineære transmissionskoefficient af kantkonstruktionen (post/sprosse) [ $W/mK$ ]
$U_g$	er varmetransmissionskoefficienten af ruden (centerværdi) [ $W/m^2K$ ]
$U_r$	er varmetransmissionskoefficienten af ramme-karmprofilet [ $W/m^2K$ ]
$U_{ps}$	er varmetransmissionskoefficienten af post eller sprosse [ $W/m^2K$ ]

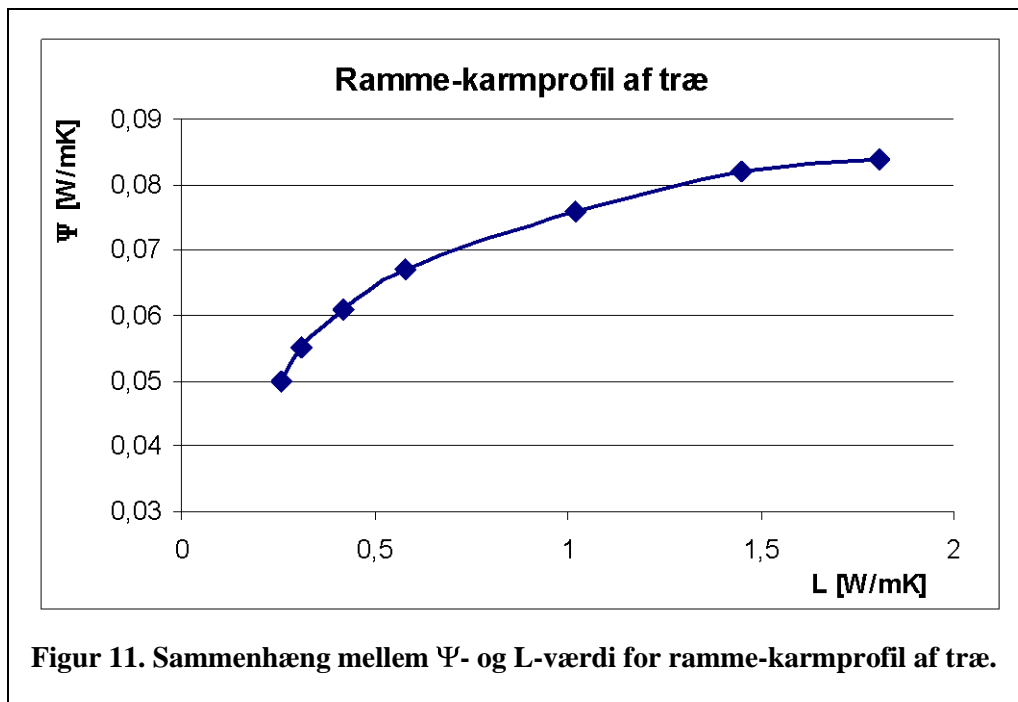
U-værdierne for ruderne i databasen er bestemt vha. beregningsprogrammerne Glas 98. [16].

Arealerne af de enkelte dele af vinduet beregnes ud fra vinduets på forhånd kendte udformning samt specifik angivelse af vinduets ydre dimensioner og bredde af ramme-karm, poster og sprosser.

#### 7.2.2 Lineær transmissionskoefficient, $\Psi$

Den lineære transmissionskoefficient,  $\Psi$ , afhænger af både kantkonstruktionens ækvivalente varmeledningsevne,  $\lambda_k$ , og ramme-karmprofilets (eller posten/sprossen) termiske egenskaber. Dette komplicerer bestemmelsen af  $\Psi$ , når mange forskellige kantkonstruktioner og ramme-karmprofiler skal kunne sammensættes vilkårligt. Derfor anvendes en forenklet metode i EnWin som beskrives i det følgende.

Ifølge [12] kan kantkonstruktionens ækvivalente varmeledningsevne også udtrykkes ved L-værdien:



$$L = \frac{\lambda_k \cdot h}{b} \quad [\text{W/mK}] \quad (2)$$

hvor

b er bredden af kantkonstruktion [m]

h er højden af kantkonstruktion [m]

Ifølge [12] er der endvidere en klar sammenhæng mellem  $\Psi$ , og L, som kan udnyttes til at bestemme  $\Psi$  ved kombination af forskellige kantkonstruktioner og rammekarm-profiler på en simpel måde. På basis af detaljerede beregninger i programmet Therm [15] er denne sammenhæng fundet, for hvert ramme-karmprofil i databasen, som et udtryk for  $\Psi$  som funktion af forskellige værdier af L. Dette er gjort ved at foretage simuleringer af det aktuelle profil med forskellige ækvivalente varmeledningsevner for kantkonstruktionen indsat. Vha. af kurvefitting af de fundne  $\Psi$ -værdier er følgende generelle sammenhæng mellem kantkonstruktionens L-værdi og den tilhørende  $\Psi$ -værdi for det aktuelle profil fundet:

$$\Psi = a_L \cdot \ln(L) + b_L \quad [\text{W/mK}] \quad (3)$$

hvor

$a_L$  og  $b_L$  er konstanter, som knytter sig til det aktuelle ramme-karmprofil.

Udtrykket (3) giver kun tilnærmede værdier af  $\Psi$ , men det vurderes, at metoden giver tilfredsstillende resultater med en fejl på max 5 %.

I Figur 11 er sammenhængen mellem  $\Psi$ - og L vist for et ramme-karmprofil af træ.

De fundne værdier for  $a_L$  og  $b_L$  indgår for hvert ramme-karmprofil i databasen. Ved at kombinere L for kantkonstruktionen og  $a_L$  og  $b_L$  for rammekarmprofilen i det aktuelle vindue, kan  $\Psi$  således bestemmes ud fra ligning (3).

### 7.2.3 Total solenergitransmittans, g-værdi

Den totale solenergitransmittans, g, for det samlede vindue beregnes i henhold til [3] vha. udtrykket:

$$g = \frac{A_g \cdot g_g}{A'} \quad (4)$$

hvor

$A_g$  er arealet af ruden [m<sup>2</sup>]

$A'$  er det samlede areal af vinduet [m<sup>2</sup>]

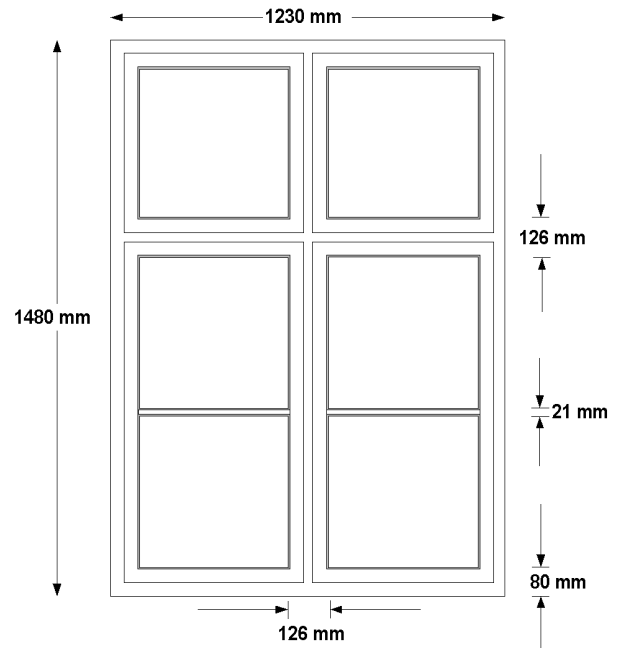
$g_g$  er den totale solenergitransmittans for ruden

### 7.3 Forsatsvinduer

De energimæssige egenskaber for forsatsvinduer er i databasen angivet for det aktuelle forsatsvindue monteret på et referencevindue, som beskrevet i [13]. Referencevinduet er et traditionelt gammelt dannebrogsvindue af træ med et lag glas og fire oplukkelige felter og en sprosse i hver af de nederste felter. Dimensionerne af referencevinduet fremgår af Figur 12. Referencevinduet er yderligere beskrevet i [14]. Metoden til bestemmelse af U-værdien for et forsatsvindue er ganske kompliceret pga. det ofte store luftmelletrum mellem den gamle rude og ruden i forsatsvinduet. For at opnå helt korrekte U og g-værdier for forskellige kombinationer af vindue og forsatsvindue, skal der foretages beregninger i detaljerede beregningsprogrammer. Da dette er meget tidskrævende anvendes der i EnWin en tilnærmet metode, når der skal kombineres nye forsatsløsninger.

Ved beregning af total U-værdi for forsatsvinduer monteret på andre gamle vinduer end referencevinduet er det som tilnærmelse antaget, at ramme-karmprofilets U-værdi er uafhængig af ramme-karmprofilets bredde. Dvs. at U-værdien for referencevinduet (inklusiv forsatsvindue) også anvendes for andre ramme-karmdimensioner. Tilsvarende gælder for poster. Det er således kun variationer i arealfordelingen mellem ramme-karm, rude og post, der har betydning for, om den totale U-værdi afviger fra referencevinduet. U-værdien beregnes vha. formel (1). Tilsvarende gælder at g-værdien for det samlede vindue (oprindeligt vindue + forsatsvindue) kun afhænger af dimensionerne og arealfordelingen for det gamle vindue. g-værdien beregnes vha. formel (4). Det antages, at montering af forsatsvinduet ikke giver anledning til, at rudearealet for det samlede vindue reduceres i forhold til det gamle vindue.

U-værdien for sprosser i gamle vinduer ligger som regel tæt på U-værdien for ruden og samtidig er deres areal lille. Det antages derfor, at sprosser har samme U-værdi som ruden. Sprosser har i EnWin-beregninger således kun indflydelse på g-værdien for forsatsvinduer. Der kan kun regnes på forsatsvinduer monteret på vinduer hvis delelementer svarer til referencevinduet, Figur 12. Dvs.:



Figur 12. Referencevindue til forsatsvinduer

1 lag glas:	$U_g = 5,8 \text{ W/m}^2\text{K}$
	$g_g = 0,87$
Ramme-karm af træ:	$U_r = 2,2 \text{ W/m}^2\text{K}$
Poster af træ:	$U_{ps} = 2,4 \text{ W/m}^2\text{K}$

### 7.4 Energiltalskudsberegning

Energiltalskuddet for et vindue defineres, som den mængde solenergi som transmitteres ind gennem vinduet minus varmetabet ud gennem vinduet. Begge størrelser summeres over en given periode fx fyringsperioden. Energiltalskuddet er afhængigt af vinduets U- og g-værdi og udtrykker hvorvidt vinduet bidrager positivt eller negativt til bygnings energibalace. Et positivt energiltalskud betyder, at vinduet netto tilfører huset varme.

Energiltalskuddet, E, gennem et vindue kan bestemmes ved hjælp af udtrykket:

$$E = Q_{sol} - Q_{tab} \quad [\text{kWh/m}^2] \quad (5)$$

hvor

$Q_{sol}$  er solindfaldet ind gennem vinduet  
[kWh]

$Q_{tab}$  er varmetabet ud gennem vinduet  
[kWh]

(se også afsnit 3.3 kompendium 1 [17] og 13 [18])

Energitilskuddet,  $E$ , kan også beskrives som:

$$E = g I_{korr} - U G \quad [\text{kWh/m}^2] \quad (6)$$

hvor

- $g$  er total solenergitransmittans for vinduet for vinkelret indfald af solstråling
- $U$  er varmetransmissionskoefficient for vinduet  $[\text{W/m}^2\text{K}]$
- $I_{korr}$  er solbestrålingsstyrke korrigeret for  $g$ -værdiens afhængighed af indfaldsvinklen  $[\text{W/m}^2]$
- $G$  er gradtimer i fyringssæsonen baseret på indetemperatur på  $20^\circ\text{C}$   $[\text{kKh}]$

Programmet er baseret på en beregningsmodel, som bestemmer energitilskuddet for hvert tidsskridt på timebasis ved brug af det danske referenceår DRY [8]. Vha. solalgoritmer beskrevet i [19] bestemmes for hvert tidsskridt den direkte, diffuse og reflekterede solstråling på vinduet sammen med solazimut,  $\gamma_s$ , solhøjde,  $\alpha_s$ , og indfaldsvinkel,  $\theta$ .

Den direkte solbestrålingsstyrke på fladen korrigeres for  $g$ -værdiens afhængighed af indfaldsvinklen. Ligeledes korrigeres  $g$ -værdien for diffus solstråling. Følgende udtryk beskrevet i [17] anvendes til bestemmelse af den samlede vinkelafhængighedskorrigerede solbestrålingsstyrke  $I_{korr}$ :

$$I_{korr} = I_{dir} \cdot (1 - \tan^p(i/2)) + (I_{diff} \cdot f) \quad [\text{W/m}^2] \quad (7)$$

hvor

- $I_{dir}$  er den direkte solbestrålingsstyrke på vinduet  $[\text{W/m}^2]$
- $I_{diff}$  er den diffuse solbestrålingsstyrke på vinduet  $[\text{W/m}^2]$
- $p$  er vinkelafhængighedsfaktoren
- $i$  er solstrålingens indfaldsvinkel  $[\circ]$
- $f$  er en faktor der korrigerer den totale solenergitransmittans for diffus solstråling.

Nedenstående formel (8) baseret på formel (7) angiver hvorledes den tilførte solenergi til bygningen  $Q_{sol}$  i  $[\text{kWh/m}^2]$  gennem ruden eller vinduet er bestemt. Ved at summere den tilførte solenergi til bygningen fra hver time over den ønskede periode fås den samlede tilførte solenergi gennem ruden eller vinduet over perioden.

$$Q_{sol} = g \cdot \left[ \sum I_{dir} \cdot (1 - \tan^p(i/2)) \cdot \Delta t \right] + \sum I_{diff} \cdot f \cdot \Delta t \quad (8)$$

Hvor

- $g$  er den totale solenergitransmittans ved en indfaldsvinkel på  $0^\circ$ .
- $I_{dir}$  er middelværdien af den direkte solstråling på fladen i tidsskridtet  $\Delta t$   $[\text{W/m}^2]$ .
- $I_{diff}$  er middelværdien af den diffuse solstråling på fladen i tidsskridtet  $\Delta t$   $[\text{W/m}^2]$  (summen af reflekteret og diffus solstråling).
- $i$  er solstrålingens middelindfaldsvinkel i tidsskridtet  $\Delta t$  i grader.
- $f$  er en faktor der korrigerer den totale solenergitransmittans for diffus stråling.
- $\Delta t$  er længden af tidsskridtet  $[\Delta t = 1\text{h}]$ .
- $p$  er vinkelafhængighedsfaktoren.

Varmetabet er bestemt på baggrund af temperaturforskellen mellem inde og ude i den ønskede periode eller maksimalt fyringssæsonen (perioden 24/9-13/5). Den nedenstående formel (9) angiver beregningen af antallet af gradtimer  $G$  i løbet af det aktuelle tidsskridt. Ved at summere varmetabet for hver time over den aktuelle periode fås det samlede varmetab gennem ruden eller vinduet i løbet af beregningsperioden.

$$G = \sum (20^\circ\text{C} - t_u) \cdot \Delta t \quad [\text{kKh}] \quad (9)$$

Hvor  $t_u$  er udetemperaturen i  $^\circ\text{C}$ .

$\Delta t$  er længden af tidsskridtet i h.



## 7.5 Skygger

Ved beregning af energitilskuddet kan der tages højde for effekten af nære skygger, som opstår pga. vinduets placering i muren og evt. udhæng og fremspring samt skygger fra vinduets ramme-karmprofil. Ligeledes kan der korrigeres for effekten af fjerne skygger på en simpel måde. Der er taget udgangspunkt i principperne beskrevet i Kompendium 13 [18].

### 7.5.1 Korrektion for effekten af skygger

Energertilskuddet korrigeret for de vinduesnære skygger bestemmes som:

$$Q_{\text{energitilskud,net}} = Q_{\text{sol,net}} - Q_{\text{tab}} \quad [\text{kWh}] \quad (10)$$

hvor

$Q_{\text{sol,net}}$  er det skyggekorregerede solindfald som transmitteres ind gennem vinduet  $[\text{kWh}/\text{m}^2]$

$Q_{\text{sol,net}}$  bestemmes som:

$$Q_{\text{sol,net}} = \sum_{\text{periode}} (I_{\text{sol,net}}) \Delta t \quad [\text{kWh}] \quad (11)$$

hvor

$I_{\text{sol,net}}$  er det skyggekorregerede solindfald pr tidsskridt  $[\text{kW}]$

$\text{periode}$  er den periode der regnes for fx fyringssæsonen

$\Delta t$  er længden af tidsskridtet  $[\text{h}]$ .

Ved beregningerne er det kun den direkte solstråling, som er korrigeret for de nære skygger. Dette skyldes, at det er forholdsvis kompliceret at korrigerer den diffuse og reflekterede del af solstrålingen, da disse dele kun reduceres delvist og er afhængige af overfladerne af de vinduesnære omgivelser. Dette er yderligere beskrevet i kompendium 13 [18].

### 7.5.2 Nære skygger

Det skyggekorregerede solindfald  $Q_{\text{sol,net}}$  beregnes ved at fratække den direkte solstråling på den del af vinduet, som er dækket af skygge. Således bestemmes arealet af skyggerne på vinduet for hvert tidsskridt, hvorefter følgende formel anvendes til bestemmelse af  $Q_{\text{sol,net}}$ :

$$\Phi_{\text{sol,net}} = g \left( I_{\text{dir}} \cdot (1 - \tan^p(i/2) \cdot (A_g - A_s)) + (I_{\text{diff}} \cdot f \cdot A_g) \right) \quad (12)$$

hvor

$g$  er rudens totale solenergitransmittans for vinkelret solstråling

$I_{\text{dir}}$  er den direkte solbestrålingsstyrke på vinduet  $[\text{W}/\text{m}^2]$

$I_{\text{diff}}$  er den diffuse solbestrålingsstyrke på vinduet  $[\text{W}/\text{m}^2]$

$p$  er vinkelafhængighedsfaktoren

$i$  er solstrålingens indfaldsvinkel  $[\text{°}]$ .

$f$  er en faktor der korrigerer den totale solenergitransmittans for diffus solstråling.

$A_g$  er vinduets glasareal  $[\text{m}^2]$

$A_s$  er arealet af den del af ruden som er dækket af skygge  $[\text{m}^2]$

Korrektionen for de nære skygger baseres altså direkte på arealet af glasset som dækkes af skygger.

### 7.5.3 Bestemmelse af det øjeblikkelige skyggeareal $A_s$

Skyggearealet  $A_s$ , beregnes som summen af de fire delarealer: top, bund, højre og venstre side. Hvert delareal bestemmes som:

$$A_s = x_s \cdot l_s \quad [\text{m}^2] \quad (13)$$

hvor

$l_s$  er længden af ruden (parallelt med skyggegivenen) der udsættes for skygger  $[\text{m}]$ .

$x_s$  er den øjeblikkelige bredde af skyggen på ruden for den aktuelle skyggegiven  $[\text{m}]$ .

Den øjeblikkelige skyggebredde  $x_s$  opdeles i fire bidrag svarende til hver af de fire sider af vinduet. Det betyder, at  $x_s$  for de nære skygger er opdelt i fire koefficienter  $x_{s,v}$ ,  $x_{s,h}$ ,  $x_{s,b}$  og  $x_{s,t}$  for hhv. venstre og højre side, samt bunden og toppen svarende til de sider af vinduet, som påvirkes af nære skygger.

Hver af de fire koefficienter bestemmes for specifik orientering og geometriforhold. I Figur 13 er principperne for skyggeberegningerne vist. Det ses, at skyggeeffekten afhænger af geometriforholdene for samlingen af vindue og mur og ramme-karmens bredde og dybde.

Skyggebredderne,  $x_s$ , er funktioner af solens position på himlen. For vinduets sider

er skyggevinklen,  $V_s$ , en funktion af solens azimut  $\gamma_{sol}$ , mens den for vinduets overkant er en funktion af både azimut og solhøjde  $h\phi_{sol}$ .

For at kunne regne på vilkårligt orienterede vinduer, omskrives solens azimut  $\gamma_{sol}$  til en orientering  $\gamma_{sol-vin}$ , som er solens azimut minus vinduets orientering  $\gamma_{vin}$ .

$$\gamma_{sol-vin} = \gamma_{sol} - \gamma_{vin} \quad [^\circ] \quad (14)$$

Der regnes ikke på skygger på ruden, som dannes fra vinduets ramme-karmprofil.

#### Skygger i venstre og højre side:

(benævnelserne fremgår af Figur 13)

Skyggelængde:

$$x_s = y_{gm} \cdot \tan(\gamma_{sol-vin}) - x_{gm} \quad [m] \quad (15)$$

#### Skygger i toppen:

Der benyttes samme geometri som i Figur 13, dog udledes formlerne ved at se på trekanterne i et plan der indeholder solstrålen. Skyggelængde:

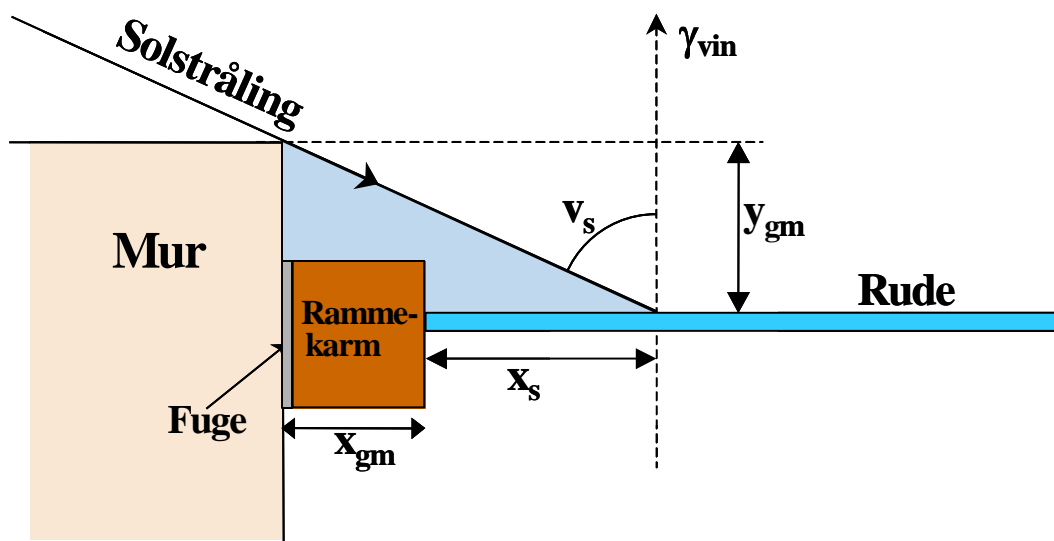
$$x_s = y_{gm} \cdot \frac{\tan(h\phi_{sol})}{\cos(\alpha_{z_{sol-vin}})} - x_{gm} \quad [m] \quad (16)$$

$x_s$  er en øjebliksværdi som gælder for det indeværende tidsskridt. På tidspunkter hvor skyggen ikke når ud over vinduets ramme/karm, er  $x_s = 0$ .

Det antages, at de vinduesnære omgivelser

aldrig skygger på ruden i bunden af vinduet. Derfor er  $x_{s,b} = 0$ . Til gengæld kan de fjerne omgivelser fx andre bygninger og træer godt skygge på den nederste del af vinduet. Se afsnit 7.5.5. Endvidere vil en af skyggelængderne  $x_{s,v}$ ,  $x_{s,h}$  i siderne altid vil være = 0.

Det er i alle beregningerne antaget, at kalfatringsfugen er 10 mm tyk.  $x_{gm}$  er den samlede bredde af kalfatringsfugen og ramme-karmprofil, hvilket vil sige, at ramme-karmbredden er lig  $x_{gm} - 0,01$  m.



Figur 13. Vinduesnære skygger på vindue. Skyggen dannes fra murhullets kant. Der tages ikke højde skygger, som dannes fra vinduets ramme-karmprofil.

### 7.5.4 Udhæng

Korrektionen af effekten af skygger fra udhæng eller fremspring baseres på samme fremgangsmåde som for skygger fra murhullet beskrevet i afsnit 7.5.3. Der kan medregnes skygger fra udhæng/fremspring over vinduet og i siderne, men ikke under vinduet. Der tages ikke højde for særlige effekter fra endeflader og hjørner af udhæng, og det antages at udhænget er parallelt med vinduet, samt at det er uendeligt langt/bredt i forhold til vinduet, således at det altid kaster en rektangulær skygge på ruden parallelt med rudens tilhørende vandrette eller lodrette kant. Principperne for beregning af skygger fra udhæng er vist i Figur 14. Skyggens bredde  $x_s$  på vinduet bestemmes vha. formel (15) og (16).

### 7.5.5 Effekten af fjerne skygger

Der tages i programmet hensyn til effekten af fjerne skygger fra fx andre bygninger på en simpel måde. Der anvendes samme princip som beskrevet i afsnit 7.5.2 og på Figur 13. Der kan således kun korrigeres for skyggegivere placeret vinkelret ud for vinduet, og som har en vandret overflade. Det antages, at skyggegiveren har uendelig horisontal udstrækning, og der tages derfor ikke hensyn til særlige effekter i skyggegiverens ender og hjørner.

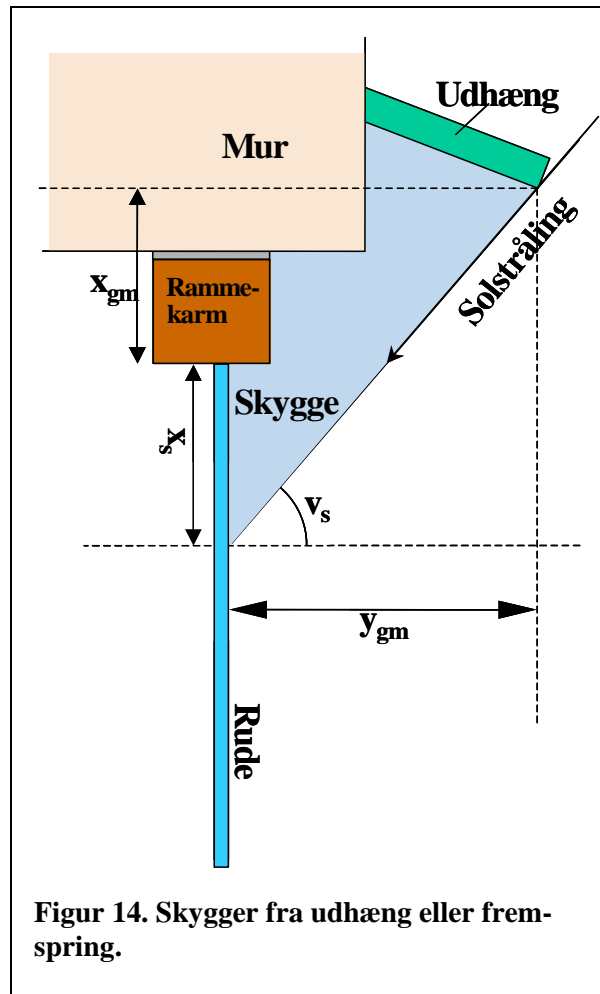
Der kan regnes på effekt af fjerne skygger på enkelte vinduer ad gangen eller på flere vinduer placeret i en bygning.

Ved beregning af effekten på enkelte vinduer regnes skyggens position på vinduet i det aktuelle tidsskridt og derudfra arealet af skyggen som dækker vinduet. Dette areal fratrækkes den direkte solstråling vha. ligning (12).

Ved beregning for en hel bygning fx en etageejendom bestemmes skyggens position,  $x_s$ , på de enkelte vinduer ud fra deres placering over jorden på den aktuelle bygningsflade hvorpå de er placeret.

### 7.5.6 Bestemmelse af det samlede skyggeareal $A_{s,tot}$

Når alle delskyggebredderne fra hhv. murhul, udhæng og fjerne skyggegivere er bestemt, beregnes det samlede skyggeareal i det aktuelle tidsskridt som summen af skyggearealerne for hver side og top og



Figur 14. Skygger fra udhæng eller fremspring.

bund af vinduet. Dette gøres ved at multiplicere hver skyggelængde med den tilhørende bredde eller højde af ruden og derefter at fratække eventuelle overlap i hjørnerne.

$$A_s = (x_{s,v} + x_{s,h}) \cdot h_g + (x_{s,b} + x_{s,t}) \cdot b_g - ((x_{s,v} + x_{s,h}) \cdot (x_{s,b} + x_{s,t})) \quad (17)$$

Hvor

$h_g$  er højden af ruden [m]

$b_g$  er bredden af ruden [m]

I dette udtryk anvendes kun de største værdier af  $x_s$  i hver af vinduets sider. Dvs. hvis fx  $x_{s,v}$  for udhænget er større end  $x_{s,v}$  for murhullet, så anvendes kun  $x_{s,v}$  for udhænget osv.

Der er anvendt timer som tidsskridt og vejrdata er hentet fra referenceåret DRY [8] for København. Solalgoritmerne er baseret på [7].

### 7.5.7 Skyggefaktor $F_{s,diff}$

Som nævnt er det kun den direkte del af solstrålingen, som korrigeres i detaljer for effekten af skygger fra murhul, udhæng og fjerne skyggegivere. Den diffuse og reflekterede del af solstrålingen multipliceres med en skyggefaktor  $F_{s,diff} = 0,7$ , hvilket ifølge SBI-anvisning 184 svarer til  $10^\circ$  horisontafskæring og lille tagudhæng. Tilsvarende kan man i programmet angive en skyggefaktor  $F_{s,dir}$  for den direkte solstråling i stedet, for at indtaste oplysninger om konkrete skyggeforhold. Se også kompendium 1, [17].

## 8 EnWin1 Brugermanual

### 8.1 Introduktion

EnWin er et beregningsprogram, som anvendes til bestemmelse af ruder og vinduers energimæssige egenskaber. Programmet beregner totale værdier for varmetransmissionskoefficienten,  $U$ , og den totale solenergitransmittans,  $g$ , for vinduer i specifikke dimensioner baseret på data for de enkelte dele, som vinduet består af. Udfra de beregnede  $U$ - og  $g$ -værdier kan programmet beregne energitilskuddet for de valgte vinduer under hensyntagen til orientering, vinduesfordeling og skygger m.m. I modsætning til Referenceenergitilskuddet, som anvendes til klassifikation af ruder, og som er baseret på gennemsnitsværdier og vinduesfordeling i et typisk parcelhus (DS 418), beregner EnWin energitilskuddet detaljeret for de aktuelle forhold. Herved fås et mere præcist billede af energibalancen for vinduerne i en specifik bygning.

Når først detaljerne om vinduernes placering og orientering samt skyggeforholdene er indtastet, kan der hurtigt foretages beregninger af energitilskuddet for forskellige vinduer. På den måde er det på en forholdsvis simpel måde muligt at finde de energimæssigt bedste ruder/vinduer i den konkrete situation.

Programmet er forbundet til en database med data for forskellige vinduesprodukter (ruder, kantkonstruktioner, ramme-karmprofiler og forsatsvinduer). Ved at indtaste data direkte eller vælge dem fra databasen beregner programmet de samlede  $U$ - og  $g$ -værdier for aktuelle vinduer i de specifikke størrelser.

Programmet skal hjælpe rådgivere og projekterende såvel som alm. forbrugere med at vælge de energimæssigt bedste ruder/vinduer i konkrete situationer i forbindelse med både renovering og nybyggeri.

EnWin blev udviklet på BYG.DTU, men opdateres ikke fremover. I stedet henvises til programmet WinDesign, der kan downloades fra [www.byg.dtu.dk](http://www.byg.dtu.dk).

#### 8.1.1 Database

Til programmet medfølger en database over forskellige energimærkede vinduesprodukter. Database indeholder informationer om producent, produktkode, materialer, dimensioner og energimærkningsdata m.m.

I database er der fire tabeller:

- Oversigt over ruder
- Oversigt over kantkonstruktioner
- Oversigt over ramme-karmprofiler
- Forsatsvinduer

Ved hjælp af databasen vil man få et større overblik over produkterne på markedet og det vil blive nemmere at sammenligne de enkelte produkters energimæssige egenskaber i en konkret bygning.

Specifikke vinduer kan, med udgangspunkt i fem standardudformninger, sammensættes fra databasen hvorefter programmet beregner vinduernes  $U$ - og  $g$ -værdi. Data kan også indtastes direkte hvis de fx er oplyst fra producenten. Efterfølgende beregnes det samlede energitilskud til bygningen for de aktuelle orienteringer og skyggeforhold.

## 8.2 Installation af EnWin

Programmet installeres ved at køre Setup.exe fra installations Cd'en eller fra den "udpakkede" Zip-fil EnWin1.zip, og følge instrukserne på skærmen. Programmet installeres på harddisken i et bibliotek man selv vælger.

For at programmet fungerer skal følgende filer være placeret i samme bibliotek som selve programmet:

Database\_Windows.mdb

Vejrdata\_aar.tim.

## 8.3 Programafvikling

I det følgende gennemgås hvordan programmet anvendes. De enkelte punkter er illustreret med "skærdumps" med eksempler.

### 8.3.1 Start af EnWin1

Programmet startes ved trykke på "Start" og vælge *Programmer* ⇒ EnWin1.1Beta.


Programmet styres fra hovedmenuen som er vist på Figur 15. Man kan starte indtastning af data for vinduer fra menuen eller direkte ved at klikke på en af knapperne *Nye vinduer*, *Gamle vinduer* og *Forsatsvinduer* eller *Kendt U-værdi og g-værdi*.

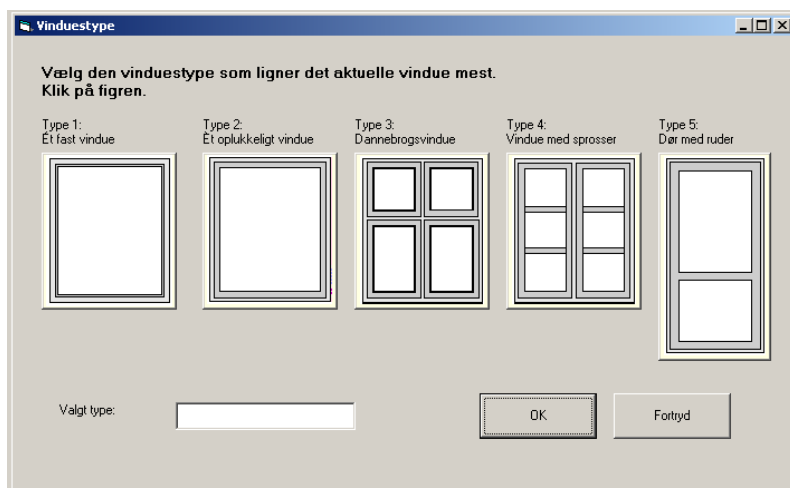


Figur 15 Hovedmenu.

## 8.4 Nye vinduer

### 8.4.1 Beregning af varmetransmissionskoefficienten og den totale solenergitransmittans

Beregningen af den totale U- og g-værdi for et vinduet baseres på data for de enkelte delelementer vinduet består af (rude, afstandsprofil, ramme-karm). Metoden er forenklet så der i beregningen tages udgangspunkt fem typiske vinduestyper. De beregnede værdier bliver således tilnærmede for en vinduestype som minder meget om det aktuelle. Vinduestypen vælges ved at klikke på *Vinduer* ⇒ *Vælg Vinduestype* eller  og derefter klikke på det vindue som ligner det aktuelle vindue mest. Se Figur 16.

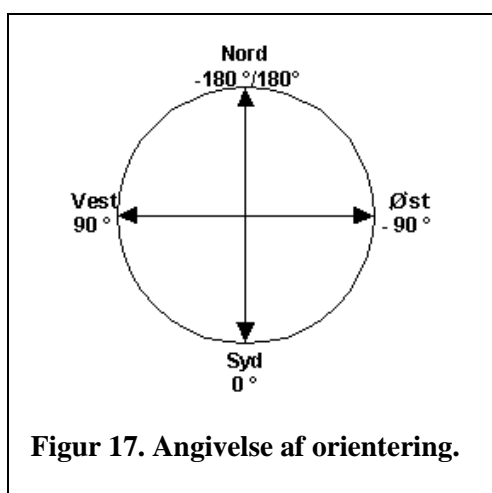


**Figur 16.** Ved beregningerne tages udgangspunkt i fem typiske vinduesudformninger.

Herefter skal data for vinduet specificeres. (se næste afsnit)

#### 8.4.1.1 Angivelse af dimensioner for vindue

Når der trykkes *OK* på skærbilledet *Vinduestype* åbnes skærbilledet *Vinduesdata* vist på Figur 18. Her indtastes alle forskellige data for det valgte vindue. Antallet af inddatamuligheder afhænger af den valgte vinduestype. Alle højder, bredder og dybder angives i m. Det antages at der anvendes det samme ramme-karmprofil hele vejen rundt om vinduet. Nære skygger angives ved at indtaste murhulsdybde: Her angives den vinkelrette afstand fra murens udvendige overflade til den udvendige side af ruden. Skygger fra udhæng og /eller fremspring angives i et særskilt inputvindue (se afsnit 8.9). Vinduets orientering angives i grader fra  $-180^\circ$  til  $180^\circ$  (syd =  $0^\circ$ , nord =  $180^\circ$ , øst =  $-90^\circ$  og vest =  $90^\circ$ , se Figur 17). Antal ens vinduer med samme orientering og placering angives og bruges til beregning af energitilskuddet gennem flere vinduer svarende til en bygning.



Vinduesdata. Vindue Nr 1

Angiv egenskaber for hvert vindue i bygningen. Hvis der er flere ens vinduer med samme orientering angives dette i feltet "Antal ens"  
Indtast værdier eller vælg fra database

Vindue  
 Bredde [m] 1,00  
 Højde [m] 1,2  
 Murhuls dybde [m] 0,10  
 Orientering [grader] 0,00  
 Antal ens 1,00  
 Type: Dannebrogsvindue

Rude  
 U [W/m<sup>2</sup>K] g  
 1,13 0,59  
 Fra database

Kantkonstruktion  
 L-værdi 1,75  
 Fra database

Ramme-Karm  
 U Psi Bredde  
 1,35 0,0911 0,107  
 Fra database

Beregning  
 Samlet vindue  
 U-tot g-tot  
 1,59 0,28  
 Beregn U og g\_Tot

Post  
 U Psi Bredde  
 1,40 0,0848 0,124  
 Fra database

Vinduestype  
 Skift vinduestype  
 Dannebrogsvindue

Energitilskud  
 Beregn Energitilskuddet for det aktuelle vindue i fyringssæsonen kWh  
 Beregn Detaljeret

Fjerne skygger Gem værdier  
 Udhæng Tilføj nyt vindue  
 Vis valgte Luk

**Figur 18. Skærbilledet *Vinduesdata*. Her indtastes data for det aktuelle vindue og U- og g-værdi beregnes. Data for de enkelte vindueskomponenter kan hentes fra databasen.**

Herefter indtastes energimærkningsdata for de enkelte bestanddele af vinduet (rude, kantkonstruktion, ramme-karmprofil, post og sprosser). Data kan enten indtastes direkte eller de kan vælges fra databaserne ved at klikke på knapperne *fra database*. Disse aktiverer de tilhørende databaser over hhv. rude, afstandsprofil og ramme-karmprofiler. Se Figur 19.

Database. Kantkonstruktioner

Klik på den ønskede kantkonstruktion for at vælge L-værdi

Sorter Sortér efter

Id	Producent	Produktkode	Materialer	Dimensioner, skinn (mm)	Dimensioner, kantkonstruktion (mm)
11	Swisspacer	7,5mm	Aluminium	7,5x6,6	8,1x9,6
12	Swisspacer	9,5mm	Aluminium	9,5x6,6	10,1x9,6
13	Swisspacer	11,5mm	Aluminium	11,5x6,6	12,1x9,6
14	Swisspacer	13,5mm	Aluminium	13,5x6,6	14,1x9,6
15	Swisspacer	14,5mm	Aluminium	14,5x6,6	15,1x9,6
16	Swisspacer	15,5mm	Aluminium	15,5x6,6	16,1x9,6
17	Swisspacer	17,5mm	Aluminium	17,5x6,6	18,1x9,6
18	Swisspacer	19,5mm	Aluminium	19,5x6,6	20,1x9,6
19	Swisspacer	27,5mm	Aluminium	26,5x6,6	27,1x9,6
20	Rolltech	Bendtech 06	Aluminium	5,5x6,5	6,1x9,5
21	Rolltech	Bendtech 08	Aluminium	7,5x6,5	8,1x9,5
22	Rolltech	Bendtech 09	Aluminium	8,5x6,5	9,1x9,5
23	Rolltech	Bendtech 10	Aluminium	9,5x6,5	10,1x9,5
24	Rolltech	Bendtech 12	Aluminium	11,5x6,5	12,1x9,5
25	Rolltech	Bendtech 14	Aluminium	13,5x6,5	14,1x9,5
26	Rolltech	Bendtech 15	Aluminium	14,5x6,5	15,1x9,5
27	Rolltech	Bendtech 16	Aluminium	15,5x6,5	16,1x9,5
28	Rolltech	Bendtech 18	Aluminium	17,5x6,5	18,1x9,5
29	Rolltech	Bendtech 20	Aluminium	19,5x6,5	20,1x9,5
30	Rolltech	Bendtech 22	Aluminium	21,5x6,5	22,1x9,5
31	Rolltech	Bendtech 24	Aluminium	23,5x6,5	24,1x9,5
32	Rolltech	Bendtech 26	Aluminium	25,5x6,5	26,1x9,5

Valgt værdi  
 L  
 0,26 W/mK  
 OK Luk

**Figur 19. Database med Kantkonstruktioner.**

I databasevinduer vælges de for beregningen nødvendige data ved at klikke på det ønskede produkt i selve tabellen. Der kan ikke skrives i felterne nederst. Ved klik på *OK* overføres værdien til skærbilledet *Vinduesdata* Figur 18, hvorefter arealer og længder m.m. af de indgående dele beregnes automatisk ud fra de ydre dimensioner og den valgte vinduestype.

Bemærk at  $\Psi$ -værdien for ramme-karm, poster eller sprosser afhænger af L-værdien for kantkonstruktionen. Dvs. at en ændring af L-værdien, vil automatisk ændre  $\Psi$ -værdierne, men **kun** hvis disse er valgt fra databasen.

Da der regnes med samme ramme-karmprofil hele vejen rundt om vinduet er det ikke muligt at vælge vilkårlige rammekarmprofiler frit fra databasen (fx kan bundkarm ikke anvendes i top og



sider). I stedet kan der vælges middelværdier som gælder for alle vinduets fire sider. Disse værdier bestemte så de svarer til et vindue hvor bund, sider og top er lige lange.

Når alle værdier er indlæst kan vinduets samlede varmetransmissionskoefficient,  $U$ , og den totale solenergitransmittans,  $g$ , beregnes ved at klikke på *Beregn U- og g-total*. Hvis vinduet ønskes gemt til beregning af energitilskud trykkes på gem værdier, hvorefter der kan indlæses et nyt vindue ved at klikke på *Nyt vindue*.

For særlige vinduesudformninger eller glasfacader m.m. anvendes et særskilt skærbillede, som aktiveres fra menuen *Særlige vinduer*, se afsnit 8.8.

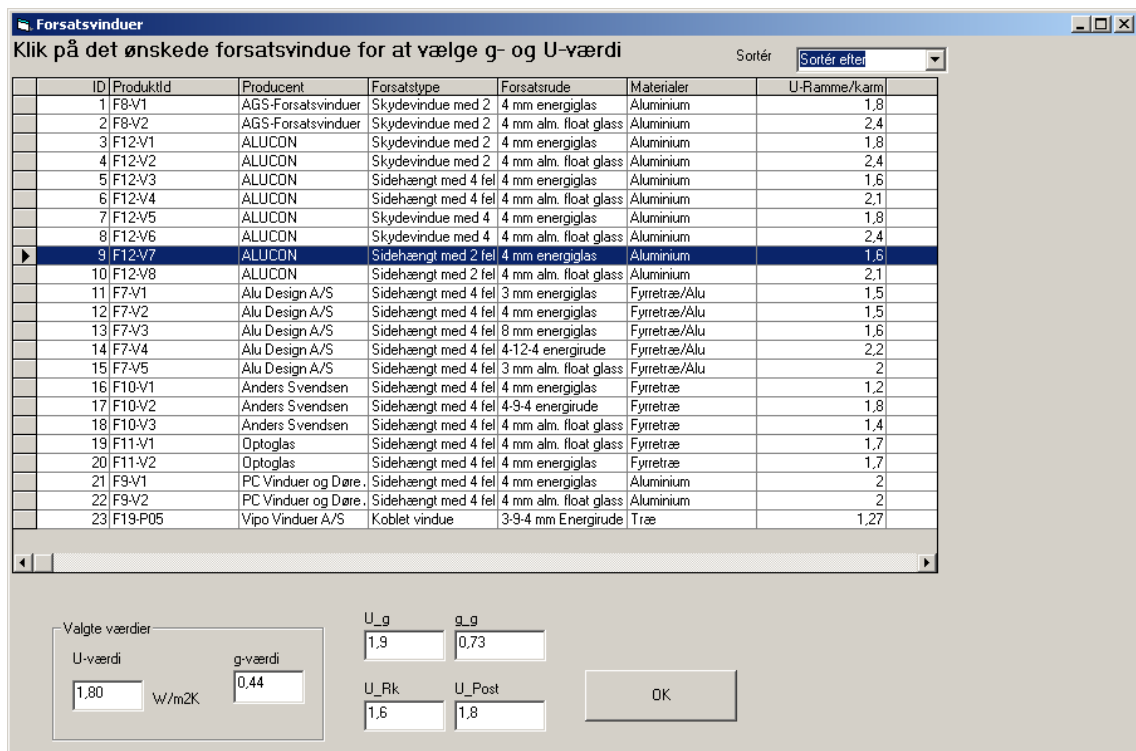
## 8.5 Renovering af gamle vinduer

EnWin giver mulighed for at regne på gamle vinduer og gamle vinduer med forsatsvinduer påsat. Ved at vælge menuen *Gamle vinduer* fra menuen *Gamle vinduer* åbnes inputvinduet for gamle vinduer og forsatsvinduer. Se Figur 20. Først vælges ved klik på *Vælg eksisterende vinduer* typen af det aktuelle gamle vindue blandt fem typiske eksempler. Se Figur 16. Herefter kan total  $U$ - og  $g$ -værdi beregnes direkte, ved at klikke på *Beregn*. Værdierne beregnes ud fra geometrien af det valgte vindue, samt tilhørende data hentet fra databasen. Detaljer for disse kan ses ved at klikke på *Vis detaljer*. Det er kun bredderne af ramme-karm, poster og sprosser som kan angives. Energimærkningsdata kan ikke ændres. Hvis energimærkningsdata eller dimensioner og arealer af de indgående dele ønskes ændret klikkes på *Indtast specifikke værdier*. Herved fremkommer tre nye felter til angivelse af specifikke arealer. Det skal bemærkes, at der ikke udføres nogen form for kontrol af, om de angivne bredder og arealer ”passer sammen”. For at anvende denne funktion er det derfor nødvendigt, at kende arealerne for det aktuelle vindue først. Denne funktion giver mulighed for at regne på vinduer hvis udformning varierer væsentligt fra de typiske eksempler vist i Figur 16. Der skal i alle tilfælde indtastes generelle data for hver vinduestype med samme orientering og samme montering i muren (i venstre side af skærmen).

Figur 20. Skærbilledet til gamle vinduer og forsatsvinduer.

### 8.5.1 Forsatsvinduer

Når der er indtastet data for eksisterende evt. gamle vinduer, er der mulighed for at vurdere effekten af at montere forsatsvinduer på de eksisterende. Ved at klikke på *Tilføj forsatsvindue* åbnes et databasevindue med data for forsatsvinduer, se Figur 21.



**Figur 21. Database med forsatsvinduer.**

Her vælges det ønskede forsatsvindue ved at klikke direkte i tabellen og herefter klikke *OK*. Der kan ikke indtastes værdier direkte i felterne forinden. U- og g-værdier for det valgte forsatsvindue overføres til de på forhånd indtastede eksisterende vinduer og værdier for de samlede vinduer beregnes.

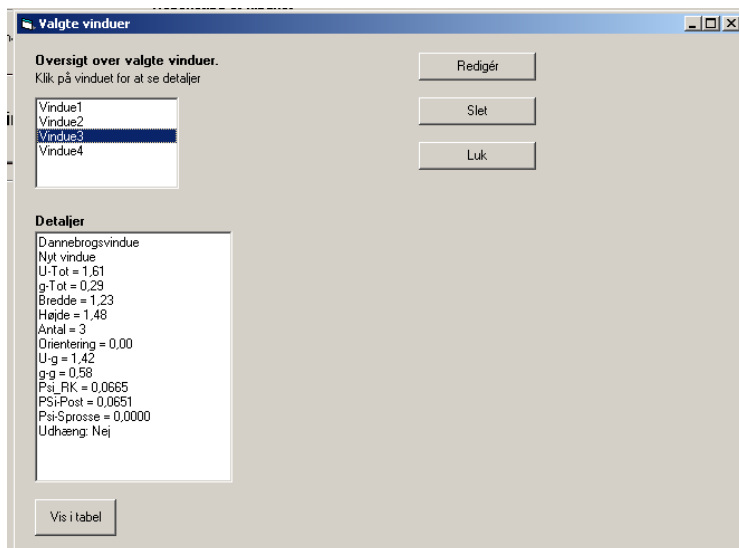
Der regnes ikke med linjetabsværdier. Beregningen af værdierne for det samlede vindue baseres på arealfordelingerne mellem rude, ramme-karm og poster i det oprindelige vindue.

### 8.5.2 Udskift til nye vinduer

Efter der er indtastet og beregnet data for gamle eksisterende vinduer og evt. forsatsvinduer, kan man ved at klikke på *Udskift alle gamle vinduer med nye* få beregnet energimærkningsdata og energitilskud for nye vinduer indsat hvor de gamle sad mht. orientering, murhulsdybde og med samme dimensioner. Programmet er lavet således, at alle de gamle vinduer kopieres og indsættes sidst i tabellen som nye vinduer. Det er under denne funktion ikke muligt, at ændre på vinduets ydre dimensioner, orientering og murhulsdybde.

### 8.6 Vise, redigere eller slette valgte vinduer

Ved at vælge *Vis valgte vinduer* fra menuen *Vinduer* kan man få vist de vinduer man indtil videre har indtastet. Klik på vinduet i tekstboksen *Valgte Vinduer* for at få vist detaljer. Se Figur 22.

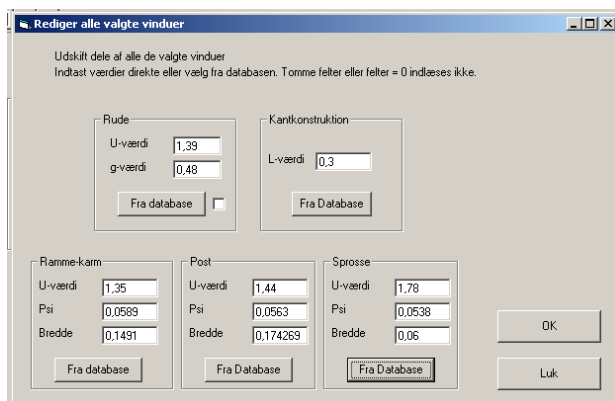


**Figur 22. Oversigt over valgte vinduer og mulighed for at redigere eller slette vinduer.**

Ved at klikke på *Rediger* aktiveres skærbilledet *vinduesdata* for det aktuelle vindue (Figur 18) og data kan ændres. Ved klik på *Slet* slettes det valgte vindue fra programmets midlertidige hukommelse. Alle vinduerne kan også vises i tabelform.

### 8.7 Rediger alle valgte vinduer

Ved at klikke på *Rediger alle* i menuen *Nye vinduer*, åbnes skærmvinduet vist i Figur 23. De indtastede værdier overføres til alle tidligere indlæste vinduer. På den måde kan man udskifte alle vinduerne på en gang uden at skulle indtaste dimensioner og orienteringer igen. Det er også muligt, at redigere enkelte dele fx ruden i alle de tidligere indlæste vinduer på en gang. Kun felter med værdier indlæses.



**Figur 23. Redigér alle valgte vinduer**

### 8.8 Særlige vinduer

Vinduer hvis udformning afviger væsentligt fra de fem ”standardvinduer” angives i skærbilledet som aktiveres fra menupunktet *Specielle vinduer* under *Nye vinduer*. Dette kan være vinduer opdelt i flere felter eller glasfacader. I denne inputboks skal alle arealer og bredder og længder angives specifikt og direkte for hvert delelement. Det er derfor vigtigt at alle arealer, længder og bredder på de enkelte delelementer kendes på forhånd. Også her kan de energimæssige data vælges fra databaserne.

**Specielle vinduer, Vindue Nr 2**

Indtast samlede værdier

Bredde: 10,00  
Højde: 5,00  
Muhuls dybde, w: 0,10  
Orientering: 0,00  
Antal: 1,00

**Samlede værdier**

U-tot: 1,42 W/m<sup>2</sup>K  
g-Tot: 0,44

Beregn

Indlæs værdier  
Luk  
Ny  
Udhæng

**Rude**  
U-værdi: 1,13    g-værdi: 0,59    Areal: 37,00    Fra database

**Kantkonstruktion**  
Lambda: 0,73    L-værdi: 0,48    Fra database

**Ramme-karm**  
U [W/m<sup>2</sup>K]: 1,67    Psi [W/mK]: 0,0700    Bredde [m]: 0,10    Areal [m<sup>2</sup>]: 3,00    Længde [m]: 27,00    Fra database

**Post**  
U: 1,67    Psi: 0,0500    Bredde: 0,1    Areal: 4,00    Længde: 35,00    Fra database

**Sprosse**  
U: 1,67    Psi: 0,0700    Bredde: 0,04    Areal: 3,00    Længde: 40,00    Fra database

**Profiltype 4**  
U: 1,67    Psi: 0,0500    Bredde: 0,05    Areal: 3    Længde: 20,00    Fra database

**Profiltype 5**  
U: 0    Psi: 0    Bredde: 0    Areal: 0    Længde: 0    Fra database

**Energitilskud**  
Beregn Energitilskuddet for det aktuelle vindue i fyringssæsonen: [ ] kWh  
Beregn    Detaljeret

Figur 24. Specielle vinduer.

## 8.9 Skygger

Under menupunktet *Skygger* er der forskellige muligheder for at indtaste forskellige skyggeforhold.

### 8.9.1 Udhæng

Skærbilledet *Udhæng* vist på Figur 25 aktiveres fra menupunktet *Skygger* eller fra *Vinduesdata* skærbilledet (Figur 18) ved at klikke på knappen *Udhæng*. På Skærbilledet *Udhæng* skal der angives størrelse og position af udhæng. Der kan indtastes udhæng/fremspring oven over vinduet og til højre for og til venstre for vinduet. *Bredden* af udhænget angives som den vinkelrette afstand fra muren til den yderste kant af udhænget. *Afstand* fra vinduet angives som afstanden fra murhul til den nærmeste kant af udhænget projiceret vinkelret på muren.

**Udhæng**

Venste side  
Bredde, l. af udhæng (m): 0,00  
Afstand d fra vindue (m): 0,00

Øverst  
Bredde, l. af udhæng (m): 0,35  
Afstand d fra vindue (m): 0,22

Højre side  
Bredde, l. af udhæng (m): 0,00  
Afstand d fra vindue (m): 0,00

OK    Fortyrd

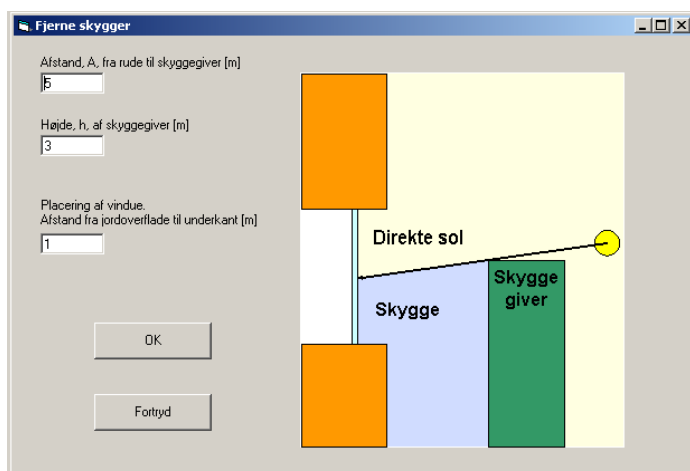
Diagram: Wall, Glazing, Overhang, l, d, w

Figur 25. Udhæng

### 8.9.2 Fjerne skygger

Energitilskudsberegningen kan også korrigeres for effekten af skygger fra fx træer og andre bygninger. Disse skyggedata indtastes i boksen *fjerne Skygger*, se Figur 26. Denne inputboks giver kun mulighed for at tage højde for skyggeeffekten for hvert vindue for sig. For korrektion af fjerne skygger anvendes en simpel metode, hvor der kun regnes på skyggens bevægelse ver-

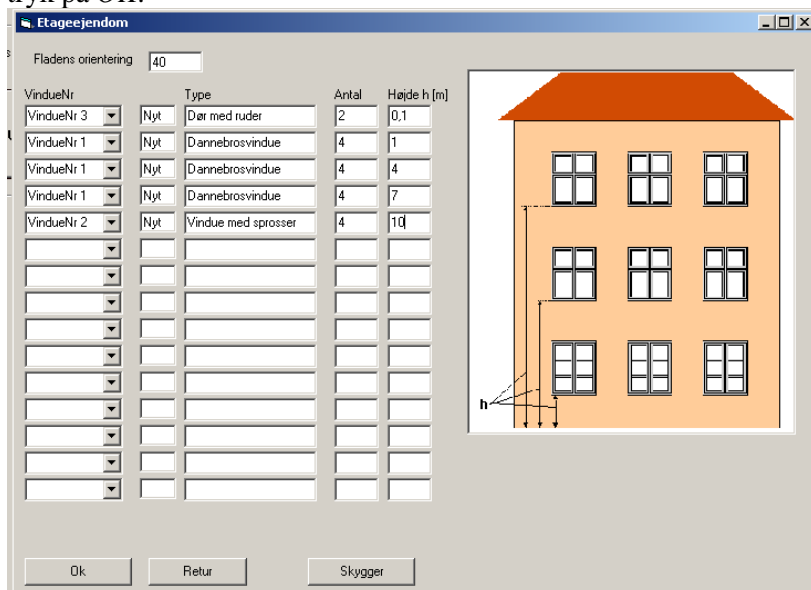
tikalt (skygge giveren er uendelig lang). Skygge giverens bredde kan således ikke indtastes, hvorfor kun en tilnærmet korrektion er mulig.



Figur 26. Fjerne skygger

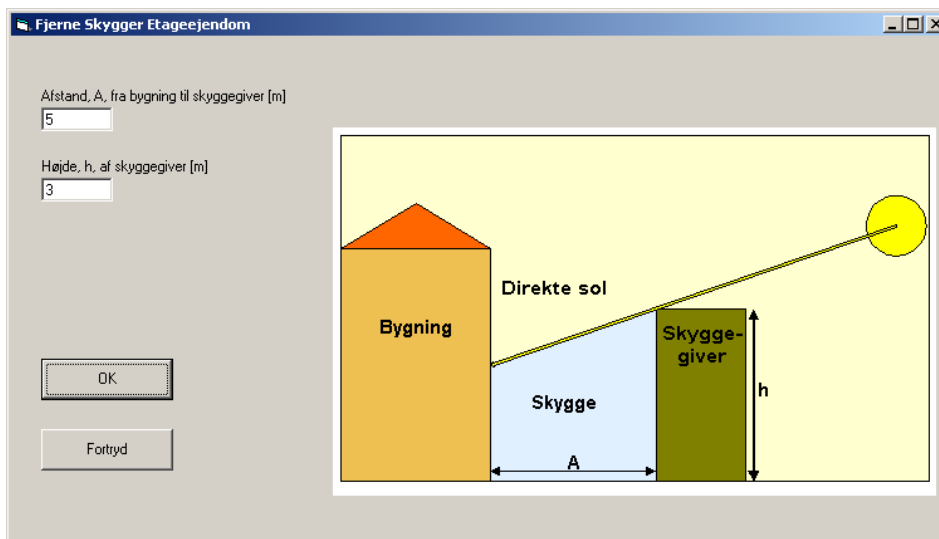
### 8.9.2.1 Etageejendom

Hvis der ønskes foretaget beregning af energitilskuddet gennem vinduer placeret i en etageejendom, hvor der korrigeres for skygger på hver enkelt vindue, kan dette gøres under menu punktet *Etageejendom*. I input boksen skal angives bygningens orientering samt type og antal og placering (højde) af vinduerne som anvendes i huset. Der indlæses vinduer i én facade ad gangen ved tryk på *OK*.



Figur 27. Etageejendom

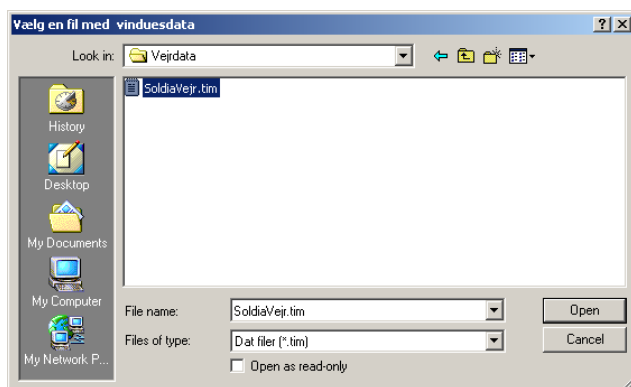
Ved at trykke på knappen *Skygger* åbnes skærbilledet *Fjerne skygger på etageejendom* se Figur 28, hvor skygge giveren kan angives i forhold til etageejendom. På den måde regnes der på skyggeforhold for hvert vindue.



**Figur 28. Fjerne skygger på etageejendom.**

### 8.9.2.2 Skyggefil fra Soldia

Der er mulighed for at indlæse en særlig skyggefil genereret i programmet Soldia. Dette gøres ved at vælge *Skygger fra Soldia*.



**Figur 29. Skyggefil fra programmet Soldia.**

## 8.10 Energitilskudsberegning

Bestemmelse af energitilskuddet kan foretages ved en simpel eller detaljeret beregning. Da beregningerne af solindfaldet gennem vinduerne foretages for specifikke orienteringer, skal hvert vindue indtastes for sig med angivelse af orientering og placering i muren. Hvis der er flere ens vinduer med samme orientering og indbygning i muren (fx flere sydvendte vinduer) kan disse indlæses under et. Se afsnit 8.4.1.1.

### 8.10.1 Simpel beregning

Hvis U- og g-værdi for en rude eller et vindue kendes på forhånd kan der foretages en hurtig beregning af energitilskuddet.

#### 8.10.1.1 Energitilskud ved referencehusmetoden

Hvis man ønsker at foretage en simpel beregning af energitilskuddet for en kendt rude baseret på den såkaldte *Referencehusmetode*, som beskrevet i afsnit 3, vælges menuen *Vinduer* ⇒ *Simple Beregning* ⇒ *Referencehusmetode*, se Figur 30. Denne funktion i programmet anvendes helt uafhængigt af resten af programmet. Beregningen baseres på formlen  $E_{ref} = 196,4 * g - 90,36 * U$  som anvendes i den danske energimærkningsordning til klassifikation af ruder. Der regnes for

fyringssæsonen (24/9 – 13/5) og med skyggekorrrektionsfaktor på 0,7. Først indtastes det aktuelle vindues/rudes U- og g-værdi hvorefter referenceenergitilskuddet beregnes. Hvis der regnes på en rude angives energiklasse.

**Figur 30. Referencehusberegning baseret på referencehusmetoden. Energiklasse gælder kun for ruder.**

### 8.10.1.2 Energitilskud for vindue med kendte data

Hvis der ønskes foretaget en beregning af energitilskuddet for et vindue med kendte energimærkningsdata, men hvor der tages hensyn til orientering og effekten af nære skygger gøres via skærbilledet *Vinduer med kendte energimærkningsdata*. Her indtastes U- og g-værdi samt ydre dimensioner, ramme-karmbredde, murhulsdybde og orientering. Efter klik på *Indlæs værdier* og *Beregn energitilskud* åbnes skærbilledet *Beregning* hvorfra energitilskuddet beregnes, se afsnit 8.10.2.

**Figur 31. Vinduer med kendte energimærkningsdata.**

### 8.10.2 Detaljeret beregning

Menupunktet *Beregning* aktiverer skærbilledet *Beregning*, se Figur 32 til detaljeret beregning af energitilskud gennem de valgte vinduer under hensyntagen til effekten af skygger indtastet tidligere. I feltet beregningsperiode vælges enten Fyringssæson (24/9 – 13/5), et helt år eller specifik periode hvor start og slut dag skal angives.

**Figur 32. Beregning**

Beregningstiden er få sekunder afhængig af antallet af vinduer og den anvendte computer.

### 8.10.2.1 Resultater

På Figur 33 er skærmbilledet *Resultater* vist. Dette aktiveres ved at klikke på *detaljerede resultater* på skærmbilledet *Beregn*. Resultaterne vises for hver vinduestype, og der angives det samlede energitilskud gennem alle vinduerne svarende til hvis de er placeret i en bygning.

Nr	Vindue	Vinduestype	Antal	Orientering	U-tot	g-tot	Energitilskud pr m2	Energitilskud	Energitilskud I alt
1	Nyt vindue	Et oplukkeligt vindue	2	0,00	1,61	0,36	10,67	19,42	38,84
2	Nyt vindue	Dannebrogsvindue	2	180,00	1,68	0,32	-120,59	-219,52	-439,04
3	Nyt vindue	Dannebrogsvindue	1	-90,00	1,68	0,35	-71,36	-85,63	-85,63
4	Nyt vindue	Vindue med sprosser	1	90,00	1,86	0,27	-110,01	-132,01	-132,01

Energitilskud I alt  kWh

Rediger Luk

Figur 33. Resultater. Angives for hvert enkelt vindue og som samlet energitilskud.

På Figur 34 er resultaterne for en beregning med gamle vinduer og de gamle vinduer monteret med forsatsvinduer og endelig udskiftning til nye vinduer. Det samlede energitilskud er angivet nederst for de tre varianter.

Nr	Vindue	Vinduestype	Antal	Orientering	U-tot	g-tot	Energitilskud pr m2	Energitilskud	Energitilskud I alt
1	Gammelt vindue	Et oplukkeligt vindue	1	0,00	5,01	0,68	-160,86	-292,84	-292,84
2	Gammelt vindue	Et oplukkeligt vindue	1	0,00	4,47	0,54	-171,23	-311,71	-311,71
3	Gammelt vindue	Et oplukkeligt vindue	1	90,00	4,47	0,54	-283,49	-516,06	-516,06
4	Gammelt vindue	Et oplukkeligt vindue	1	180,00	4,70	0,56	-368,08	-670,06	-670,06
5	Forsatsvindue	Et oplukkeligt vindue	1	0,00	1,88	0,56	71,84	130,78	130,78
6	Forsatsvindue	Dannebrogsvindue	1	0,00	1,83	0,45	27,31	49,72	49,72
7	Forsatsvindue	Dannebrogsvindue	1	90,00	1,83	0,45	-65,58	-119,39	-119,39
8	Forsatsvindue	Vindue med sprosser	1	180,00	1,78	0,46	-113,93	-207,40	-207,40
9	Nyt vindue	Et oplukkeligt vindue	1	0,00	1,35	0,42	62,03	112,93	112,93
10	Nyt vindue	Dannebrogsvindue	1	0,00	1,35	0,42	62,03	112,93	112,93
11	Nyt vindue	Dannebrogsvindue	1	90,00	1,35	0,42	-26,49	-48,22	-48,22
12	Nyt vindue	Vindue med sprosset	1	180,00	1,35	0,42	-79,05	-143,90	-143,90

**Energitilskud fordelt**

Gamle vinduer  kWh

Forsatsvinduer  kWh

Nye vinduer  kWh

Rediger Luk

Figur 34. Resultater. Angives for hvert enkelt vindue og som samlet energitilskud.



## 9 Ordliste

### 10 Litteratur

- [1] Energi 21, Regeringens energihandlingsplan 1996, Miljø- og Energiministeriet 1996.
- [2] KLIMA 2012, Status og perspektiver for dansk klimapolitik, Miljø- og Energi- ministeriet, marts 2000.
- [3] *Tillæg 1 til DS 418, Beregning af bygningers varmetab, Tillæg omhandlende vinduer og yderdøre, August 1997*
- [4] *PrEn ISO 10077-1 Thermal performance of windows, doors and shutters – Calculation of thermal transmittance – Part 2: xx Simplified method for frames.*
- [5] *PrEn ISO 10077-2 Thermal performance of windows, doors and shutters – Calculation of thermal transmittance – Part 2: Numerical method for frames.*
- [6] *Tillæg 4 til DS 418, Beregning af bygningers varmetab, Tillæg om kuldebroer, fundamenter, terrændæk, kældergulve og –vægge samt samlinger omkring vinduer og døre, juni 2000*
- [7] *Solstråling. Undervisningsnotat, Jerry Møller Jensen Institut for Bygninger og Energi, 1996*
- [8] *Design Reference Year, DRY - et nyt dansk referenceår* Jerry Møller Jensen og Hans Lund. Institut for Bygninger og Energi, Danmarks Tekniske Universitet, 1995
- [9] *Forudsætninger for beregning af U-værdi for ramme-karmprofiler i aluminium. SR-0023, IBE, DTU, 2000.*
- [10] *EN 410. Glass in building - determination of luminous and solar characteristics of glazing.*
- [11] *MATLAB 5.3 The Mathworks, INC. 2000.* Edb-program til numeriske beregninger
- [12] Eriksen, S., Kragh, J. Svendsen, S. Thermal characterisation of edge constructions in glazings. 2001.
- [13] Beregningsprocedure for de energimæssige forhold for forsatsvinduer
- [14] Datablad for referencevindue til angivelse af energimærkningsdata for forsatsvinduer. R1-V1.
- [15] *THERM 2.1 fine element simulator.* University of California. 2000.
- [16] Glas 98. Pilkington A/S. Beregningsprogram til bestemmelse af termiske og optiske egenkaber for ruder
- [17] Kompendium 1. Grundlæggende energimæssige begreber, 1999, IBE, DTU.
- [18] Kompendium 13. Vinduer med smalle ramme-karmprofiler, 2000, IBE, DTU.

- [19] Modelling daylight availability and irradiance components from direct and global irradiance, Perez, R. Solar Energy, 1990.
- [20] Vedtægt for mærkningsordningen. Energimærkning af vinduer og ruder.  
*April 2000*
- [21] Energimærkning. Tekniske bestemmelser for ruder. April 2000
- [22] Energimærkning. Tekniske bestemmelser for vinduer. April 2000
- [23] EN 673. Glass in building - determination of thermal transmittance (U value) - calculation method.
- [24] SolDia for windows 95, Rafn Yngvi Rafnsson, Institut for Bygninger og Energi, Danmarks Tekniske Universitet, 1998
- [25] Bygningers energibehov. SBI-anvisning 184. Statens byggeforskningsinstitut, 1995

## 11 Adresseliste

<b>Adresse:</b>	<b>Kontaktpersoner:</b>
<b>DTU Byg</b> Danmarks Tekniske Universitet Bygning 118, Brovej 2800 Kgs. Lyngby Tlf. 45 25 18 55 <a href="http://www.byg.dtu.dk/">http://www.byg.dtu.dk/</a>	Svend Svendsen (45 25 18 54) Toke Rammer Nielsen (45 25 18 60)
<b>Energimærkningsordningens sekretariat</b> TI Byggeri Teknologiparken 8000 Århus C Tlf. 72 20 11 22	Hans Nielsen Peter Vestergaard
<b>Vinduesproducenternes Samarbejdsorganisation</b> TI Byggeri Teknologiparken 8000 Århus C Tlf. 72 20 11 19	
<b>Glasbranche Foreningen</b> Gothersgade 160 1123 København K Tlf. 33 32 23 11 <a href="http://www.glasnet.dk/">http://www.glasnet.dk/</a>	

**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	Gregersensvej	Århus: Robert Knudsen,
Kongsvangs Alle 29	Postboks 141	komponentcentret
8000 Århus C	2630 Taastrup	
Tlf. 72 20 10 00	Tlf. 72 20 20 00	Taastrup: Lars Olsen
<a href="http://www.teknologisk.dk/">http://www.teknologisk.dk/</a>		Tommy Nielsen

---

**Institut for Bygningsteknik**

Aalborg Universitet	Henrik Brohus
Sohngårdsholmsvej 57	
9000 Aalborg	
Tlf. 96 35 85 39	
<a href="http://www.civil.auc.dk/i6/">http://www.civil.auc.dk/i6/</a>	

---

**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 5

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 6.

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

Tabel 5. Energimærkningsdata for ruder

Symbol	Beskrivelse
$U_g$	Varmetransmissionskoefficient midt på ruden
$\tau_t$	Sollystransmittans for vinkelret indfald af sollys gældende for rudens midte
$g$	Total solenergitransmittans for vinkelret indfald af solstråling gældende for rudens midte
$\lambda_k$	Kantkonstruktionens ækvivalente varmeledningsevne

Tabel 6. Energiklasser for ruder

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

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 7.

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 7 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 7. Energimærkningsdata for vinduer

	Symbol	Beskrivelse
Vindue	U	Varmetransmissionskoefficient for den samlede konstruktion
	$\tau_t$	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
	$\tau_t$	Sollystransmittans for vinkelret indfald af sollys gældende for rudens midte
	g	Total solenergitransmittans for vinkelret indfald af solstråling gældende for rudens midte