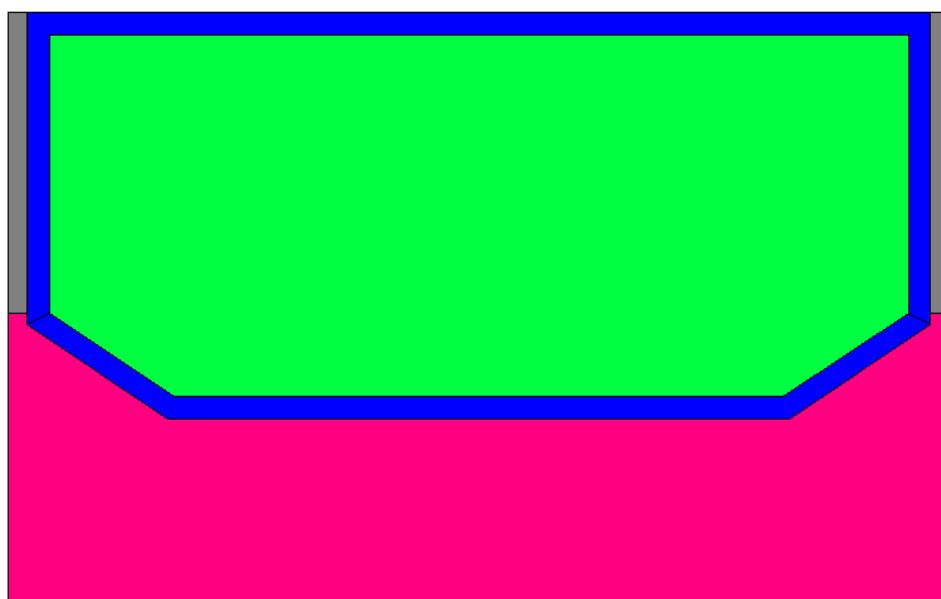


# RUDER OG VINDUERS ENERGIMÆSSIGE EGENSKABER

Kompendium 11:

## KANTKONSTRUKTIONER MED REDUCERET KULDEBRO





# Indholdsfortegnelse

<b>FORORD TIL KOMPENDIUM 11.....</b>	<b>4</b>
<b>1 KANTKONSTRUKTIONEN.....</b>	<b>5</b>
1.1 AFSTANDSPROFILET.....	5
1.2 PRODUCENTER AF AFSTANDSPROFILER.....	6
<b>2 VARMETEKNIISK KARAKTERISERING AF KANTKONSTRUKTIONER .7</b>	<b>7</b>
2.1 KANTKONSTRUKTIONENS ÆKVIVALENTE VARMELEDNINGSEVNE.....	7
2.2 LINEÆR TRANSMISSIONSKOEFFICIENT AF RUDE-RAMME SAMLINGEN.....	8
2.3 SAMLET VARMEOVERFØRINGSKOEFFICIENT FOR KANTKONSTRUKTIONER.....	8
<b>3 KONDENS INDVENDIGT PÅ RUDER.....</b>	<b>9</b>
3.1 KONVEKTION OG VARMESTRÅLING I RUDEN.....	9
3.2 KONDENSRIKISO.....	9
3.3 FUGTBELASTNINGEN I BYGNINGEN.....	10
3.4 VENTILATION AF BYGNINGEN.....	11
3.5 DE TYPISKE FUGTFORHOLD.....	11
<b>4 BEDRE KANTKONSTRUKTIONERS BETYDNING FOR VINDUET.....</b>	<b>12</b>
4.1 RAMME-KARM AF TRÆ.....	13
4.2 RAMME-KARM AF TRÆ OG ALUMINIUM.....	15
4.3 RAMME-KARM AF PLAST.....	16
4.4 RAMME-KARM AF ALUMINIUM.....	17
4.5 RAMME-KARM AF BLANDEDE MATERIALER.....	18
4.6 FORSKELLIGE DIMENSIONER AF KANTKONSTRUKTIONEN.....	19
4.7 GENEREL SAMMENLIGNING AF RAMME-KARMKONSTRUKTIONERNE OG KANTKONSTRUKTIONERNE.....	20
<b>5 KONVEKTION OG KONDENSBEREGNINGER.....</b>	<b>21</b>
<b>6 KONKLUSION.....</b>	<b>22</b>
<b>7 DET VIDERE ARBEJDE.....</b>	<b>23</b>
<b>LITTERATUR.....</b>	<b>24</b>
<b>ADRESSELISTE.....</b>	<b>25</b>
<b>APPENDIKS A. KRITISKE TEMPERATURER VED RAMME-KARMPROFILER. ...</b>	<b>27</b>

## Forord til kompendium 11

Ved udvikling/brug af kantkonstruktioner med reduceret kuldebrovirkning er der mulighed for at opnå positive gevinster både på vinduets energibalance og i form af en nedsat risiko for kondens på indersiden af ruden og dermed nedsat risiko for dannelse af råd og svamp ved vindueskonstruktioner af træ.

I dette kompendium foretages en sammenligning af forskellige kantkonstruktioner og deres indvirkning på vinduers U-værdier. Ydermere foretages der simple vurderinger af kondensrisikoen ved de enkelte vinduer. Kondensrisikoen vurderes ud fra den interne fugtbelastning, ventilation og temperaturen nederst på indersiden af ruden.

Kapitel 1,2 og 3 i kompendiet beskrives kantkonstruktionerne, den varmetekniske karakterisering af kantkonstruktioner og kondens indvendigt på ruder. Disse kapitler indeholder uddrag fra kompendierne 1 og 4, der gentages af hensyn til læsere, der ikke har kompendium 1 og 4 og af hensyn til overskueligheden af dette kompendium.

Målgruppen for kompendium 11 er rude- og vinduesproducenter.

Før udgivelsen har udkast til kompendiet været til høring hos følgende repræsentanter for brancherne på området og målgruppen i øvrigt:

Ole Damgaard, Erbslöh Rolltech A/S  
Robert Knudsen, Teknologisk Institut  
Carsten Andersen, Primo Danmark A/S  
Carl Axel Lorentzen, Pilkington Danmark A/S  
Erik Aggerholm, Rationel Vinduer A/S  
Carl Hammer, Velfac A/S  
Niels Peter Pretzmann, Storke Vinduer A/S  
Niels Jørgen Graversen, H.S. Hansen

Kompendiet er udført med bevilling fra energistyrelsen i henhold til lov om statstilskud til produktrettede energibesparelser i projekt: GENEREL UNDERSTØTTELSE AF VIRKSOMHEDERS PRODUKTUDVIKLING, fase 1. Jnr. 75661/00-0008.

Følgende har medvirket til udarbejdelsen af kompendiet:

Per Haugaard, Svend Svendsen, Jacob Birck Laustsen og Peter Noyé.

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

Professor Svend Svendsen  
Danmarks Tekniske Universitet  
Institut for Byggeri og Anlæg  
Bygning 118, Brovej  
DK-2800 Kgs. Lyngby  
Tlf: 45 25 18 54  
Fax: 45 93 44 30  
E-mail: ss@byg.dtu.dk

Denne version af kompendiet med nr. U-0010 erstatter den tidligere version med nr. U-054.

### Copyright

Copyright © DTU Byg, Danmarks Tekniske Universitet, januar 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 11: Kantkonstruktioner med reduceret kuldebro.*

*DTU Byg, Danmarks Tekniske Universitet, januar 2009*

# 1 Kantkonstruktionen

En traditionel kantkonstruktion består af et afstandprofil, et tørremiddel og en forseglingsmasse og er således sammensat af flere materialer med forskellig varmeledningsevne.

## 1.1 Afstandsprofilet

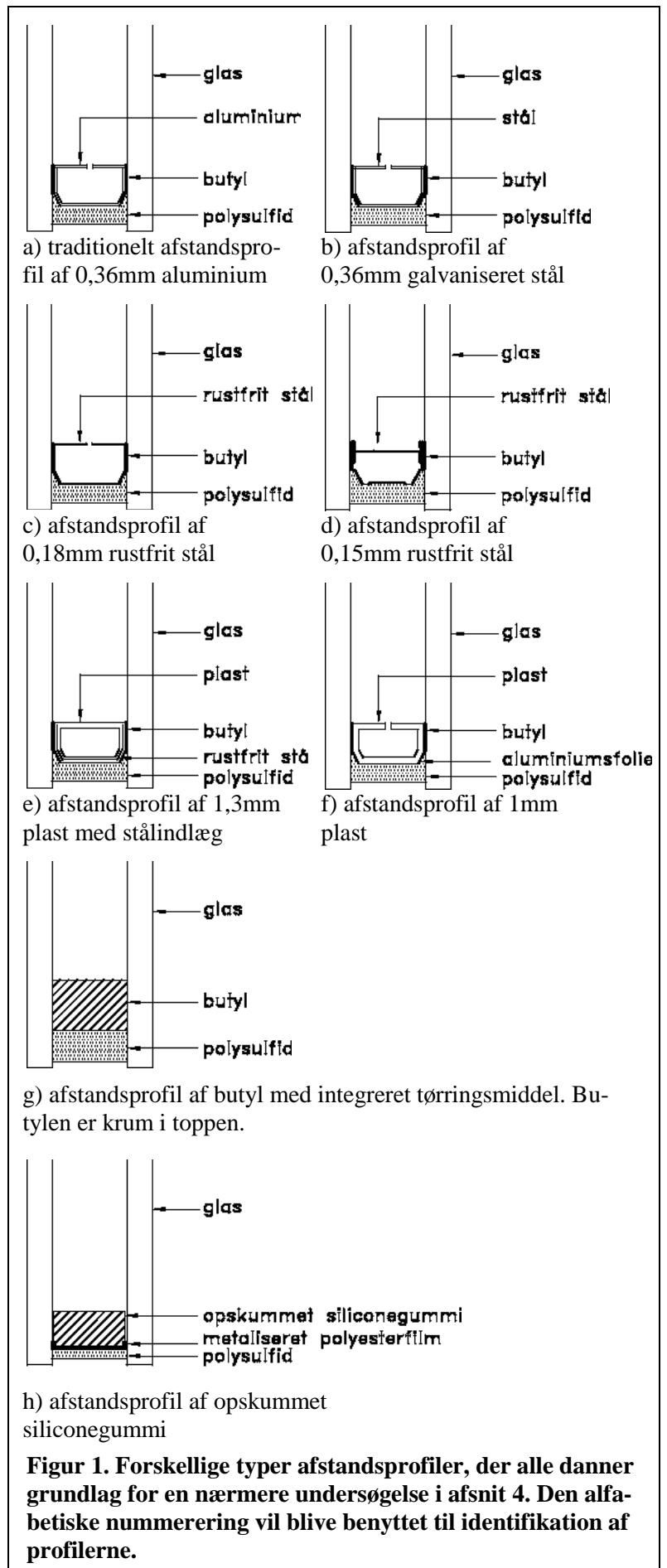
I forseglede ruder sikrer et afstandprofil, se Figur 1 langs rudens kanter, den ønskede afstand mellem glassene. Afstandsprofilet indeholder et tørringsmiddel, der sikrer at luften i ruden forbliver tør, så der ikke opstår kondens på hulrumssiden af det yderste glas.

Afstandsprofilet har en højere varmeledningsevne end resten af ruden. Det betyder, at afstandprofilet giver anledning til en kuldebro, der øger varmetabet gennem ruden og øger risikoen for kondens indvendigt langs rudens kant.

Traditionelle afstandprofiler fremstilles som hulprofiler af aluminium eller galvaniseret stål. Profilernes varmetekniske egenskaber kan forbedres ved at anvende andre materialer som f.eks. rustfrit stål eller plast. Kontakten mellem rudens glas og afstandprofilet samt tæthed overfor fugt og udsivning af gas sikres med en forseglingsmasse. Der benyttes traditionelt en dobbelt forsegling bestående af dels en plastisk butylstreng og dels af en elastisk ydre forsegling af polysulfid eller polyurethan. Alternativt kan der benyttes en enkelt forsegling i form af en speciel siliconefuge, der ligger mellem afstandprofilet og glasset.

De traditionelle afstandprofilers relative store varmeledningsevne har ført til, at en række nye typer afstandprofiler med reduceret kuldebroeffekt er kommet på markedet og stadig flere er under udvikling.

I Figur 1, findes en oversigt over typiske afstandprofiler der findes på det europæiske marked.



## 1.2 Producenter af afstandsprøfer

De afstandsprøfer der er benyttet i dette kompendium er produkter fra følgende leverandører: (leverandøren er markeret med fed, og navnet derunder er produktnavnet på afstandsprøferne)

Type a: afstandsprøfer af aluminium:

**RJUKAN METALL (forhandler)**  
**ERBSLÖH ROLLTECH A/S**

Type b: afstandsprøfer af stål:

**ERBSLÖH ROLLTECH A/S**

Type c,d: afstandsprøfer af rustfrit stål:

**ERBSLÖH ROLLTECH A/S**  
CHROMA:TECH V  
**INTERPANE GLAS INDUSTRIE AG**  
ITS

Type e,f: afstandsprøfer af plast:

**THERMIX GmbH**  
Thermix®  
**SAINT GOBIAN**  
Swisspacer®  
**INEX SPACERS**  
INEX™

Type g: afstandsprøfil af opskummet silicongummi:

**EDGETECH**  
Super Spacer®

Type h: afstandsprøfer af ren butyl:

**LENHARDT MASCHINENBAU**  
**GmbH**  
TPS

Afstandsprøfilet af opskummet silicongummi er ikke medtaget/beregnet på i kompendiet endnu. Men det er vigtigt at vide det eksisterer.

De beregnede ækvivalente varmeledningsevner for kantkonstruktionerne og andre værdier i dette kompendium må ikke benyttes som egentlig produktinformation.

Det skal nævnes, at ikke alle prøfer er tilgængelige i de bredder der undersøges i dette kompendium, men der er regnet på dem som om de fandtes og effekten kan

registreres. Dette kompendium skal virke som incitament til at foretage små ændringer mod bedre vinduer, som det i det efterfølgende vil blive vist er muligt.

Adresser mm. på leverandørerne findes i adresselisten.

## 2 Varmeteknisk karakterisering af kantkonstruktioner

### 2.1 Kantkonstruktionens ækvivalente varmeledningsevne

Til beskrivelse af kantkonstruktionens varmetekniske egenskaber indføres der en ækvivalent varmeledningsevne 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.

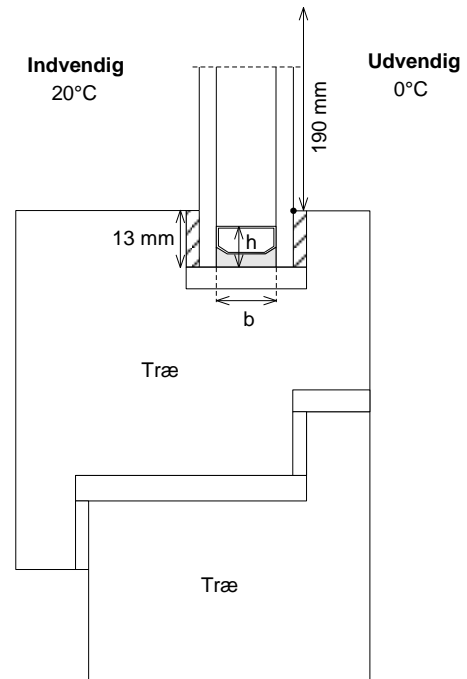
Varmestrømmen  $\Phi$  gennem kantkonstruktionen er kompliceret, da konstruktionen er sammensat af forskellige materialer.

Kantkonstruktionens ækvivalente varmeledningsevne bestemmes ved følgende metode:

Kantkonstruktionen implementeres i et standard ramme/karmprofil af træ som vist på figur 2. Dimensionerne samt angivelse af randbetingelser mm. er beskrevet i EN ISO 10077-2. Bemærk dog at falsdybden er ændret fra 15 mm til 13 mm.

Beregningsprocedure til bestemmelse af kantkonstruktionens ækvivalente varmeledningsevne:

- 1) Den samlede varmestrøm  $\Phi$  gennem ramme/karmprofilet beregnes med den detaljerede kantkonstruktion indsat.
- 2) Kantkonstruktionen erstattes af en homogen klods. Klodsens varmeledningsevne ændres indtil den samlede varmestrøm  $\Phi$  er den samme som for beregningen med den detaljerede kantkonstruktion indsat. Herved er kantkonstruktionens ækvivalente varmeledningsevne fundet.



Figur 2. Standard ramme/karmprofil af træ

## 2.2 Lineær transmissionskoefficient af rude-ramme samlingen

Den lineære transmissionskoefficient betegnes med symbolet  $\Psi_g$  og angiver det ekstra varmetab, der finder sted i samlingen mellem rude og ramme på grund af den kombinerede effekt af kuldebrovirkningen af rudens kantkonstruktion og rammekarmprofilens udformning.

Det skal bemærkes at den lineære transmissionskoefficient af rude-ramme samlingen afhænger af både rudens kantkonstruktion og af rammeprofilets udformning.

## 2.3 Samlet varmeoverføringskoefficient for kantkonstruktioner

Det kan være uoverskueligt at sammenligne kantkonstruktionerne indbyrdes ved udelukkende at se på den ækvivalente varmeledningsevne og dimensionen på kantkonstruktionerne, da der optræder både forskellige glasafstande og forskellige højder på afstandsprofilerne.

For at kunne sammenligne de forskellige kantkonstruktioner indbyrdes indføres en samlet varmeoverføringskoefficient  $L$  for kantkonstruktionerne.

Den samlede varmeoverføringskoefficient defineres ud fra:

$$L = \frac{\lambda_k}{b} \cdot h, \text{ hvor}$$

$L$  er den samlede varmeoverføringskoefficient

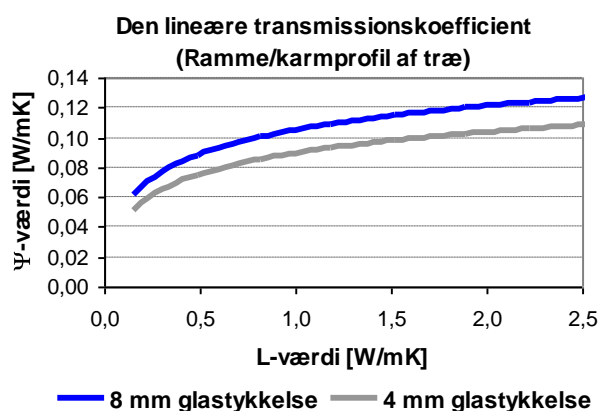
$\lambda_k$  er den ækvivalente varmeledningsevne for kantkonstruktionen.

$b$  er glasafstanden

$h$  er den samlede højde af kantkonstruktionen

Varmeføringskoefficienten afhænger af både den ækvivalente varmeledningsevne og dimensionen af kantkonstruktionen og gør det muligt at sammenligne forskellige udformninger af kantkonstruktioner.

På Figur 3 er  $\Psi_g$ -værdien for samlingen mellem rude og ramme/karm eller sprøse afbilledet som funktion af den samlede varmeoverføringskoefficient  $L$ . Værdierne gælder for ramme/karm profiler af træ, men kan benyttes for typiske vinduer af andre materialer.



**Figur 3: Den lineære transmissionskoefficient  $\Psi_g$  for et ramme/karmprofil af træ med energirude ( $U_g = 1,0 - 1,2 \text{ W/m}^2\text{K}$ )**



### 3 Kondens indvendigt på ruder

Kondens kan forekomme på indersiden af ruder lige over gummilisten, når den indvendige glasoverflades temperatur falder under dugpunktstemperaturen svarende til indeluftens relative luftfugtighed.

Risiko for kondens afhænger udelukkende af indeluftens dugpunktstemperatur og den indvendige glasoverfladetemperatur. Dugpunktstemperaturen er afhængig af fugttilførelsen, luftskiftet og indetemperaturen i bygningen.

Medvirkende faktorer til kondensdannelse på rudens indvendige overflade er dybe vindueslysninger, gardiner, urtepotter, blomsterkasser og persiener der hindrer konvektion nær ruden samt som følge af uhensigtsmæssig anbringelse af radiatorer mv.

Kondens bør undgås af hensyn til:

- risiko for dårlig luftkvalitet – som følge af råd og svamp.
- nedbrydelse af rammen – som følge af nedbrydelse af træet ved fugtindtrængen.
- misfarvning af ramme pga. skimmelvækst [4]

Temperaturen lige over gummilisten på indersiden af vinduet er et produkt af flere parametre:

- varmestråling og konvektion lokalt i rudens hulrum
- kuldebroeffekten forårsaget af afstandsprofilen
- konvektion omkring vinduet (både indvendig og udvendig)
- varmestråling mellem rude og ramme-karm på den udvendige og indvendige side af vinduet [4].

I dette kompendium regnes der simpelt på kondensdannelse. Dvs., at der i beregningerne ses bort fra varmestråling og konvektion i selve ruden ved den nederste kant. Denne er dog ikke uden betydning og sidst i kompendiet, vises der et eksempel hvor konvektion og stråling medtages i beregningerne. Der er

dog brug for nærmere undersøgelse og retningslinier for beregning af konvektion, samt validering af beregningerne ved forsøg.

#### 3.1 Konvektion og varmestråling i ruden.

Konvektionen i en rude, se Figur 4, foregår ved, at gassen der er i kontakt med den udvendige side af glasset køles ned. Den kolde gas vil derefter falde ned langs det yderste glas og vil derefter presse den varme gas, der er i kontakt med det inderste glas, opad. Derved fås en yderligere afkøling af det inderste glas i bunden af ruden.

Varmestråling nederst i ruden, se Figur 4, foregår mellem glassene og afstandsprofilen. Metoden, ifølge [5], der bruges til at regne på hulrum i ruder, negligerer konvektion og varmestråling. Derved regnes der ikke korrekt på varmestråling nederst i ruden hvilket har betydning for temperaturen nederst på indersiden af ruden.

#### 3.2 Kondensrisiko

Ved at beregne overfladetemperaturen på rudens inderside, lige over ramme-karmen, kan man få en værdi for hvor stor risiko der er for kondens. Dette gøres ved hjælp af følgende udtryk angivet i EN ISO 10211-2 [9]

$$f_{Rsi} = \frac{T_{oi} - T_u}{T_i - T_u}, \text{ hvor}$$

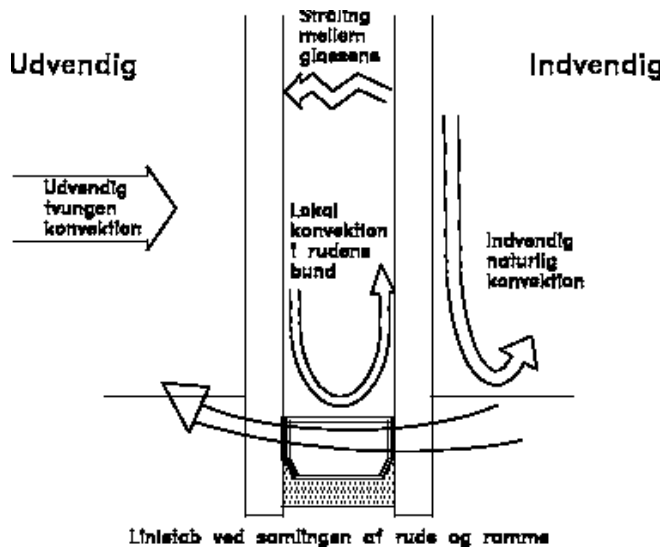
$f_{Rsi}$  er kondensmodstandsfaktoren  
 $T_{oi}$  er overfladetemperaturen ved glaslisten  
 $T_i$  er lufttemperaturen indvendig: 20°C  
 $T_u$  er lufttemperaturen udvendig: 0°C

En højere overfladetemperatur giver således en større kondensmodstandsfaktor og mindre risiko for kondensdannelse.

Det kan antages, at kondensmodstandsfaktoren er konstant for inde og udetemperaturen i intervallet -10°C til 20°C, hvorfor overfladetemperaturen kan beskrives som funktion af kondensmodstandsfaktoren og udetemperaturen:

$$T_{oi} = f_{Rsi} \cdot T_i + (1 - f_{Rsi}) \cdot T_u$$

Dette betyder, at det er muligt at beregne  $T_{oi}$  for hver time hele året rundt ved at benytte et referenceår for udetemperaturen.



Figur 4. Varmetransportmekaniserne omkring bunden af ruden.

Ved hjælp af tsbi3 kan man beregne den relative fugtighed og indetemperaturen på timebasis for en given bygning. På grundlag af disse to værdier er det muligt at beregne dugpunktstemperaturen,  $T_d$ , for hver time hele året rundt.

I de timer hvor  $T_d$  er større end  $T_{oi}$  vil der være risiko for kondens.

### 3.3 Fugtbelastningen i bygningen

En af hovedparametrene til kondensdannelse er indeluftens relative fugtighed, der er et resultat af udeluftens relative luftfugtighed, luftskiftet, og af den interne fugtbelastning i bygningen.

Fugtproduktionen i bygningen stammer fra personer og deres adfærd, samt fugtafgivelsen fra planter, akvarier, desorption fra inventar og der indregnes en fugtbelastning til simulering af tøjtørring samt fra vaske- og opvaskemaskine i drift [7]. Der ses bort fra fugtbelastninger fra indtrængen af regnvand og opstigende grundfugt.

Fugtproduktionen fra en familie på henholdsvis 3 og 4 personer ligger på henholdsvis 7,5 og 9,5 kg/døgn. Disse tal fremkommer ved en gennemsnitlig brugstid af bygningen på 18,6 timer pr. døgn [8].

(Den samlede fugtbelastning er bestemt ud fra [7] tabel 1, s.21.)

Med udgangspunkt i bygningen fra beregningseksemplet i DS418 tillæg 1 [6], beregnes den indvendige relative fugtighed samt inde-, ude- og dugpunktstemperaturen for bygningen, via tsbi3.

### 3.4 Ventilation af bygningen

En anden vigtig parameter for kondensdannelse er luftskiftet i selve bygningen.

Boligenheder skal ifølge Bygningsreglementet 1995 ventileres enten med mekanisk udsugning kombineret med udeluftsventiler eller med indblæsnings- og udsugningsanlæg. Førstnævnte er valgt. Udeluftstilførelsen skal mindst svare til den største af følgende to ydelser:

- Et luftskifte på 0,5 gange i timen
- Den luftmængde der er angivet i BR95 afs. 11.2.2, stk.3.: 20 l/s (køkken) + 15 l/s (bad) + 10 l/s (bryggers) = 45 l/s. Dette svarer i eksemplet til et luftskifte på 0,8 gange i timen, hvilket er større end 0,5 gange i timen.

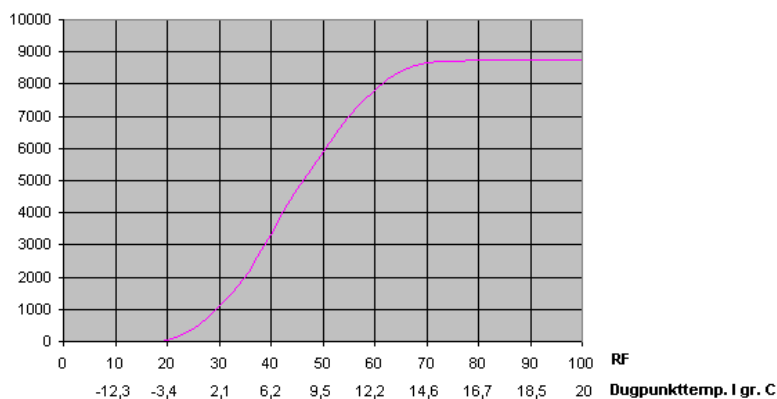
Derfor benyttes iht. BR95 de i alt 45 l/s. Den udsugede luftmængde deles ligeligt over hele bygningen.

Imidlertid er det ikke altid, at ventilationen er af denne høje værdi. Folk er glemsomme og åbner ikke altid vinduerne eller bruger udsugningen ved madlavning og brusebad. Det er imidlertid heller ikke altid, at udeluftsventilerne benyttes korrekt. De lukkes gerne i de kolde vintermåneder for at undgå trækgener og om sommeren glemmes de. Derfor ses der ligeledes på et tilfælde med en ventilation, der er halv så stor som de 45 l/s, se Figur 7.

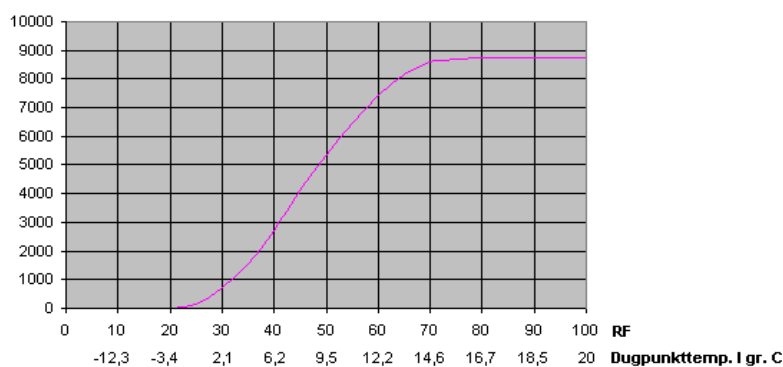
### 3.5 De typiske fugtforhold

Det er imidlertid ikke muligt at stille fugtbelastningen og ventilationen så firkantet op. Det er individuelt hvorledes disse forhold forholder sig i de enkelte husstande. På Figur 5 til Figur 7 ses de antal af timer med en bestemt relativ fugtighed og tilhørende dugpunktstemperatur gennem hele året under de forskellige brugssituationer.

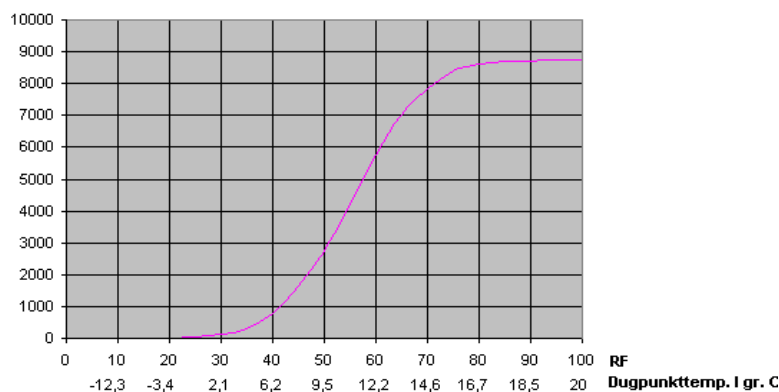
Det er herudfra muligt, med kendskab til eget forbrugsmønster, at vurdere hvilke indeklimaforhold der ligger nærmest ens eget. Disse vurderinger vil kunne bruges, i afsnit 4, til at fastlægge i hvilken ende af skalaen husstanden befinder sig mht. antallet af timer med kondensrisiko nederst på inder-siden af ruden.



**Figur 5.** Antal timer med relativ fugtighed og tilhørende dugpunktstemperatur ved en fugtproduktion på 7,5 kg/døgn med en samlet udsuget luftmængde på 45 l/s.



**Figur 6.** Antal timer med relativ fugtighed og tilhørende dugpunktstemperatur ved en fugtproduktion på 9,5 kg/døgn med en samlet udsuget luftmængde på 45 l/s.



**Figur 7.** Antal timer med relativ fugtighed og tilhørende dugpunktstemperatur ved en fugtproduktion på 9,5 kg/døgn med en samlet udsuget luftmængde på 22,5 l/s.

## 4 Bedre kantkonstruktioners betydning for vinduet.

En forbedring af et vinduets U-værdi kan ske ved, at skifte afstandsprofilet til et med lavere ækvivalent varmeledningsevne  $\lambda_k$ . Dette medfører, at den lineære transmissionskoefficient  $\Psi_g$  bliver mindre med en bedre U-værdi af vinduet til følge. Hvor meget U-værdien reduceres afhænger af bl.a. størrelsen og udformningen af vinduet samt størrelsen af kantkonstruktionen. Den totale solenergitransmittans (g) vil med en ændring af den ækvivalente varmeledningsevne ikke ændres.

En forbedring af afstandsprofilet nedsætter yderligere risikoen for kondensdannelse langs rudens kant (randzonen) grundet en højere overfladetemperatur der fremkommer på indersiden af ruden lige over ramme-karmen. Kondens er hovedsagelig skyld i misfarvning af ramme-karmkonstruktionen, men vedvarende kondens kan også være skyld i råd og svamp ved ramme-karmprofiler af træ.

Forbedrede kantkonstruktioner vil forbedre vinduets egenskaber, men ramme-karmprofilets udformning har også betydning. Derfor må der laves en detaljeret beregning af ramme-karm profilerne med de bedre konstruktioner isat.

I det følgende opstilles der en oversigt over de i kapitel 1 omtalte kantkonstruktioner med hensyn til ækvivalent varmeledningsevne, varmeoverføringskoefficient, linjetab og kondensrisiko for 5 forskellige vinduer.

Til bestemmelse af ækvivalent varmeledningsevne og linjetab er der brugt programmet Therm.

#### 4.1 Ramme-karm af træ

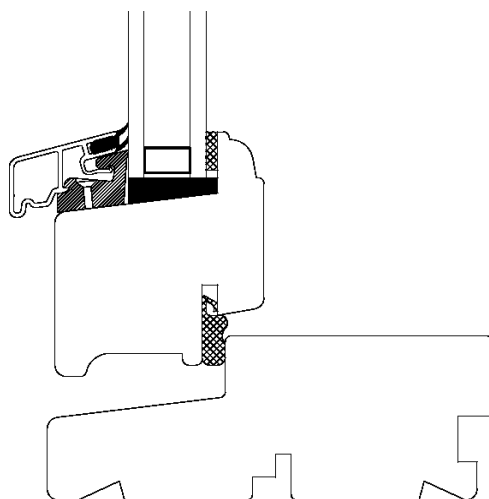
Et tværsnit i ramme-karmprofilen er vist på Figur 8. Rammeprofilen er af træ, mens glaslisten i bunden er af aluminium for at opnå bedre holdbarhed. De varmetekniske forhold omkring rudens kantkonstruktion bliver således påvirket af en isolerende trædel indvendig og en ikke isolerende glasliste udvendig.

Vinduet med **aluminiums** glasliste har følgende data:

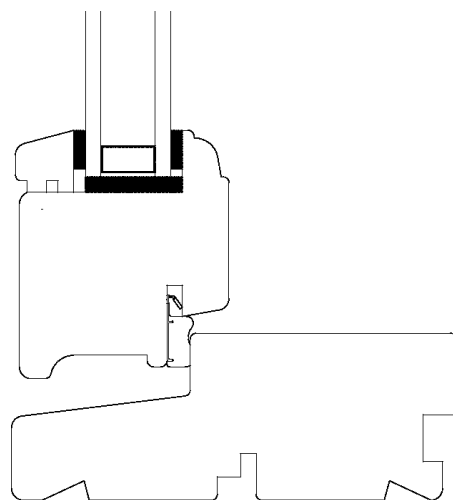
- Glassets center U-værdi:  $1,16 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Glasafstanden er: 14 mm
- U-værdi ramme-karm:  $1,67 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Målene på vinduet: 1230 x 1480 mm.
- Dannebrogsvindue med 4 ruder

Vinduet med **træ** glasliste har følgende data:

- Glassets center U-værdi:  $1,16 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Glasafstanden er: 14 mm
- U-værdi ramme-karm:  $1,53 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Målene på vinduet: 1230 x 1480 mm.
- Dannebrogsvindue med 4 ruder



**Figur 8. Bunden i ramme-karmprofil af træ med aluminiumsglasliste (venstre side er udvendig side).**



**Figur 9. Siden i ramme-karmprofil af træ med træglasliste (venstre side er udvendig side).**

**Tabel 1. Oversigt over de forskellige kantkonstruktioner mht. ækvivalent varmeledningsevne, dimensioner, linjetab, indvendig overfladetemperatur og kondensrisiko for vinduet.**

Kantkonstruktion		a	b	c	d	e	f	g
Dimensioner incl. afstandsskinne og fuge	(h x b) [mm]	9,5 x 14	9,5 x 14	9,5 x 14	10 x 14	11 x 14	9,5 x 14	13 x 14
Ækvivalent varmeledningsevne $\lambda_k$	[W/mK]	3,05	2,15	0,794	0,585	0,321	0,445	0,285
Varmeoverføringskoefficient $L$	[W/mK]	2,06	1,45	0,53	0,41	0,25	0,30	0,26
Linjetab $\Psi_g$ : glasliste af aluminium	[W/mK]	0,087	0,082	0,064	0,062	0,048	0,050	0,055
Linjetab $\Psi_g$ glasliste af træ.	[W/mK]	0,078	0,074	0,060	0,058	0,045	0,048	0,052
U-værdi dannebrogsvindue med 4 ruder	[W/m <sup>2</sup> K]	1,73	1,71	1,64	1,64	1,58	1,58	1,61
Kondensmodstandsfaktor $f_{Rsi}$ Ved glasliste af alu.	[-]	0,445	0,460	0,525	0,525	0,570	0,570	0,550
Antal timer årligt med risiko for kondens. v. en fugtpr. på 7,5 kg/d	[timer]	13	12	7	7	5	5	7
v. en fugtpr. på 9,5 kg/d	[timer]	57	45	17	17	11	11	14
v. en fugtpr. på 9,5 kg/d med halvt luftskifte	[timer]	5112	4677	2141	2141	757	757	1201

Grundet aluminiumets høje varmeledningsevne virker glaslisten som en kølefinne og leder den kolde udeluft ind til overfladen af det yderste glas, hvilket har betydning for den indvendige glastemperatur ved bunden. Linjetabet for glaslisten af træ er noget mindre og skyldes at glaslisten ikke på samme måde virker som kølefinne.

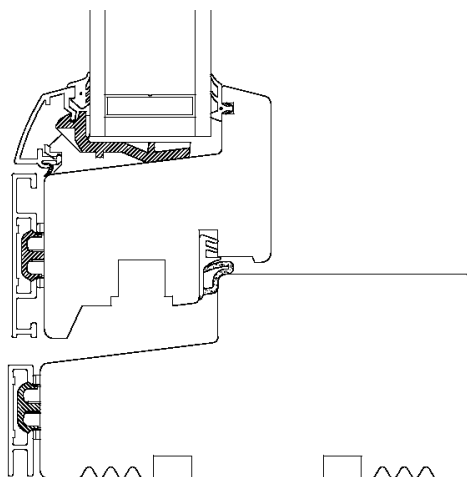
Den indvendige trædel af rammen ud for ruden virker isolerende og reducerer varmestrømmen fra rummet til ruden og dette har også betydning for glassets temperatur ved bunden. Dette medfører relativt mange timer med risiko for kondens.

## 4.2 Ramme-karm af træ og aluminium

Et tværsnit i ramme-karmprofilet er vist på Figur 10. For ramme-karmprofiler af træ beklædt med aluminium gælder samme forhold som for den nederste del af ramme-karmprofilet af træ med aluminiumsglasliste.

Vinduet har følgende data:

- Glassets center U-værdi: 1,18 W/m<sup>2</sup>K
- Glasafstanden er: 24 mm
- U-værdi ramme-karm: 1,39 W/m<sup>2</sup>K
- Målene på vinduet: 1230 x 1480 mm.
- Vinduet har 1 rude.

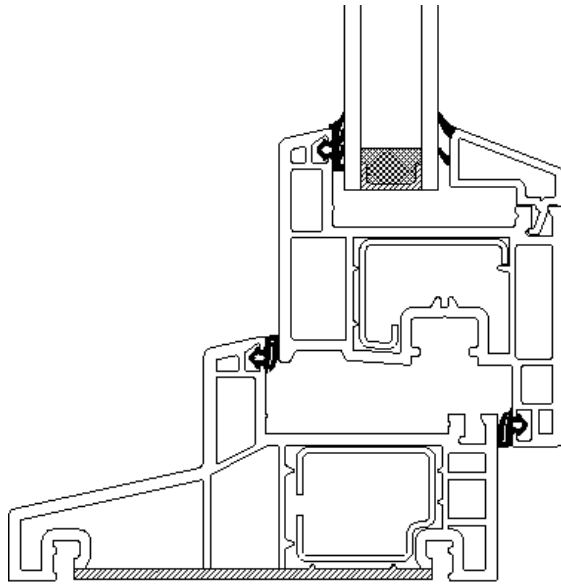


Figur 10. Bunden i ramme-karmprofil af træ beklædt med aluminium (venstre side er udvendig side).

**Tabel 2. Oversigt over de forskellige kantkonstruktioner mht. ækvivalent varmeledningsevne, dimensioner, linjetab, indvendig overflade temperatur og kondensrisiko for vinduet med ramme-karm af træ og aluminium.**

Kantkonstruktion		a	b	c	d	e	f	g
Dimensioner incl. afstandsskinne og fuge	(h x b) [mm]	9,5 x 24	9,5 x 24	9,5 x 24	10 x 24	11 x 24	9,5 x 24	13 x 24
Ækvivalent varmeledningsevne $\lambda_k$	[W/mK]	4,29	2,68	0,82	0,606	0,333	0,534	0,291
Varmeoverføringskoefficient $L$	[W/mK]	1,69	1,06	0,32	0,25	0,15	0,21	0,16
Linjetab $\Psi_g$	[W/mK]	0,085	0,075	0,058	0,057	0,040	0,052	0,052
U-værdi vindue	[W/m <sup>2</sup> K]	1,46	1,44	1,39	1,39	1,34	1,37	1,37
Kondensmodstandsfaktor $f_{Rsi}$	[-]	0,515	0,530	0,595	0,600	0,650	0,615	0,610
Antal timer årligt med risiko for kondens. v. en fugtpr. på 7,5 kg/d	[timer]	7	6	2	2	2	2	2
v. en fugtpr. på 9,5 kg/d	[timer]	22	17	11	9	6	9	9
v. en fugtpr. på 9,5 kg/d med halvt luftskifte	[timer]	2614	1908	443	404	182	307	333

Forholdene er som for ramme-karmprofilet af træ. Det ses, at den større varmeoverføringskoefficient  $L$  ved afstandsprofil f end g giver anledning til samme linjetab. Problemet belyses i afsnit 4.6.



**Figur 11. Ramme-karmprofil af plast (pvc) (venstre side er udvendig side. Vinduet åbner indad).**

### 4.3 Ramme-karm af plast

Et tværsnit af ramme-karmprofilet af plast er vist på Figur 11. På begge sider af ruden er der hule PVC-profiler.

Vinduet har følgende data:

- Glassets center U-værdi: 1,13 W/m<sup>2</sup>K
- Glasafstanden er: 15 mm
- U-værdi ramme-karm: 1,71 W/m<sup>2</sup>K
- Målene på vinduet: 1230 x 1480 mm.
- Vinduet har 1 rude.

**Tabel 3. Oversigt over de forskellige kantkonstruktioner mht. ækvivalent varmeledningsevne, dimensioner, linjetab, indvendig overflade temperatur og kondensrisiko for vinduet med.**

Kantkonstruktion		a	b	c	d	e	f	g
Dimensioner incl. afstandsskinne og fuge	(h x b) [mm]	9,5 x 15	9,5 x 15	9,5 x 15	10 x 15	11 x 15	9,5 x 15	13 x 15
Ækvivalent varmeledningsevne $\lambda_k$	[W/mK]	3,20	2,23	0,799	0,588	0,324	0,459	0,286
Varmeoverføringskoefficient $L$	[W/mK]	2,01	1,40	0,50	0,39	0,24	0,29	0,25
Linjetab $\Psi_g$	[W/mK]	0,053	0,051	0,042	0,040	0,034	0,038	0,038
U-værdi vindue	[W/m <sup>2</sup> K]	1,45	1,44	1,42	1,41	1,40	1,41	1,41
Kondensmodstandsfaktor $f_{Rsi}$	[-]	0,570	0,575	0,610	0,610	0,635	0,625	0,620
Antal timer årligt med risiko for kondens. v. en fugtpr. på 7,5 kg/d	[timer]	4	3	2	2	2	2	2
v. en fugtpr. på 9,5 kg/d	[timer]	11	11	9	9	8	9	9
v. en fugtpr. på 9,5 kg/d med halvt luftskifte	[timer]	757	674	333	333	217	253	276

Pga. PVC's lave varmeledningsevne virker den udvendige del af rammen ikke som kølefinne og den har derfor ringe indflydelse på glasoverfladetemperaturen. Derved opnås en høj indvendig overfladetemperatur og kondensmodstandsfaktor.

Det ses, at den større varmeoverføringskoefficient  $L$  ved afstandsprøfil f end g giver anledning til samme linjetab. Problemet belyses i afsnit 4.6.



#### 4.4 Ramme-karm af aluminium

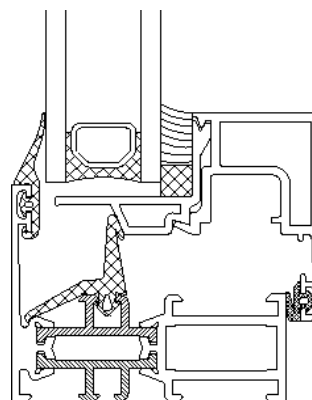
Et tværsnit af ramme-karmprofilet af aluminium er vist på Figur 12.

Rudens kantkonstruktion er omgivet af et lille gummiprofil på udersiden og et aluminiumsprofil på indersiden.

Vinduet har følgende data:

- Glassets center U-værdi:  $1,13 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Glasafstanden er: 15 mm
- U-værdi ramme-karm:  $3,46 \text{ W/m}^2\text{K}^1$
- Målene på vinduet: 1230 x 1480 mm.
- Vinduet har 1 rude.

<sup>1</sup> Bemærk den ændrede U-værdi for rammen i forhold til de tidligere kompendier.



**Figur 12. Ramme-karmprofil af aluminium med siliconelimet rude. Bemærk kuldebroafbrydelsen mellem den udvendige og indvendige del af karmen (venstre side er udvendig side. Vinduet åbner indad).**

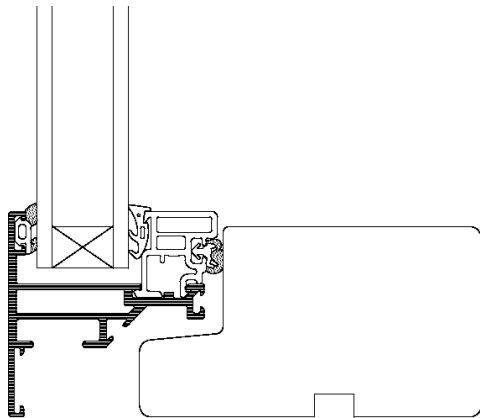
**Tabel 4. Oversigt over de forskellige kantkonstruktioner mht. ækvivalent varmeledningsevne, dimensioner, linjetab, indvendig overflade temperatur og kondensrisiko for vinduet med ramme-karm af aluminium.**

Kantkonstruktion		a	b	c	d	e	f	g
Dimensioner incl. afstandsskinne og fuge	(h x b) [mm]	9,5 x 15	9,5 x 15	9,5 x 15	10 x 15	11 x 15	9,5 x 15	13 x 15
Ækvivalent varmeledningsevne $\lambda_k$	[W/mK]	3,20	2,23	0,799	0,588	0,324	0,459	0,286
Varmeoverføringskoefficient $L$	[W/mK]	2,01	1,40	0,50	0,39	0,24	0,29	0,25
Linjetab $\Psi_g$	[W/mK]	0,088	0,083	0,066	0,066	0,053	0,060	0,055
U-værdi vindue	[W/m <sup>2</sup> K]	1,70	1,69	1,64	1,64	1,60	1,62	1,61
Kondensmodstandsfaktor $f_{Rsi}$	[-]	0,600	0,610	0,645	0,645	0,665	0,655	0,655
Antal timer årligt med risiko for kondens. v. en fugtpr. på 7,5 kg/d	[timer]	2	2	2	2	2	2	2
v. en fugtpr. på 9,5 kg/d	[timer]	9	9	7	7	6	6	6
v. en fugtpr. på 9,5 kg/d med halvt luftskifte	[timer]	404	333	188	188	154	170	170

Aluminiums høje varmeledningsevne betyder, at aluminiumsprofilet indvendigt opnår samme temperatur og på grund af profilets store kontaktflade til indeluften, fører det til at det indvendige glas opnår en højere overfladetemperatur. Tilsvarende er der udvendigt ikke stor varmeafledning da ruden kun rører gummiprofilet. Dette resulterer i relativt få timer med risiko for kondens.

Det er vigtigt at bemærke, at kondensproblemet, ved denne type ramme-karmprofiler, ikke løses udelukkende ved at skifte til et bedre afstandsprofil.

Som det fremgår af Appendiks A vil den laveste temperatur ikke opstå nederst på indersiden af ruden, men derimod ved samlingen mellem ramme og karm ved brug af bedre kantkonstruktioner.



**Figur 13. Ramme-karm af blandede materialer med rammekonstruktion af aluminium og plast og karmkonstruktion af træ (venstre side er udvendig side).**

#### 4.5 Ramme-karm af blandede materialer

Et tværsnit af ramme-karmprofilet af blandede materialer er vist på Figur 13.

Rudens kantkonstruktion er udvendigt omgivet af et aluminiumsprofil og indvendig af et plastprofil,

Vinduet har følgende data:

- Glassets center U-værdi: 1,14 W/m<sup>2</sup>K
- Glasafstanden er: 16 mm
- U-værdi ramme-karm: 2,78 W/m<sup>2</sup>K
- Målene på vinduet: 1230 x 1480 mm.
- Vinduet har 1 rude

**Tabel 5. Oversigt over de forskellige kantkonstruktioner mht. ækvivalent varmeledningsevne, dimensioner, linjetab, indvendig overflade temperatur og kondensrisiko for vinduet med Ramme-karm af blandede materialer.**

Kantkonstruktion		a	b	c	d	e	f	g
Dimensioner incl. afstandsskinne og fuge	(h x b) [mm]	9,5 x 16	9,5 x 16	9,5 x 16	10 x 16	11 x 16	9,5 x 16	13 x 16
Ækvivalent varmeledningsevne $\lambda_k$	[W/mK]	3,33	2,28	0,794	0,610	0,325	0,468	0,287
Varmeoverføringskoefficient $L$	[W/mK]	1,97	1,35	0,47	0,38	0,22	0,28	0,23
Linjetab $\Psi_g$	[W/mK]	0,051	0,050	0,044	0,044	0,040	0,042	0,043
U-værdi vindue	[W/m <sup>2</sup> K]	1,54	1,54	1,52	1,52	1,51	1,51	1,52
Kondensmodstandsfaktor $f_{Rsi}$	[-]	0,430	0,440	0,465	0,470	0,485	0,480	0,475
Antal timer årligt med risiko for kondens. v. en fugtpr. på 7,5 kg/d	[timer]	15	12	12	11	10	10	10
v. en fugtpr. på 9,5 kg/d	[timer]	71	64	42	37	28	30	35
v. en fugtpr. på 9,5 kg/d med halvt luftsifte	[timer]	5453	5226	4525	4385	3872	4054	4223

Pga. aluminiums høje varmeledningsevne virker denne som kølefinne og leder kulde helt ind til ruden. Indersiden af ramme-karmkonstruktionen kan ikke modsvares med samme mængde varme på grund af plast og træets lave varmeledningsevne. Dette resulterer i en lavere overfladetemperatur på indersiden af ruden lige over ramme-karmprofilet og relativt flere timer med risiko for kondens.

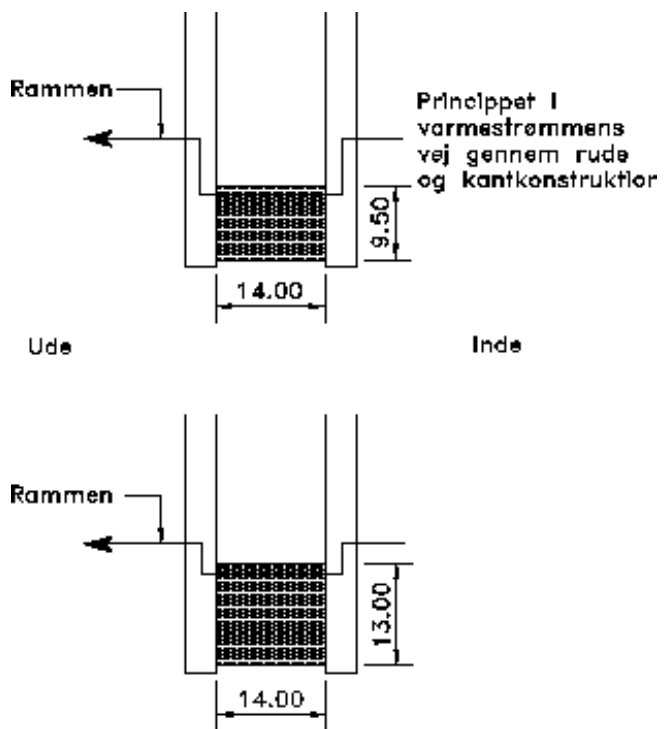
#### 4.6 Forskellige dimensioner af kantkonstruktionen

I resultaterne af linjetabet mellem rude-ramme samlingen i afsnit 4.1 til 4.5 fremgår der ikke ligefrem en sammenhæng mellem varmeoverføringskoefficienten og linjetabet for de enkelte kantkonstruktioner, især ikke mellem kantkonstruktionerne f og g. De indbyrdes varmeoverføringskoefficienter er forskellige, men det resulterer i forskellige eller samme linjetab og det er ikke altid at kantkonstruktionen med den laveste varmeoverføringskoefficient der giver det laveste linjetab!

Svaret skal findes i kantkonstruktionernes forskellige dimensioner. En lille højde af kantkonstruktionen bevirker, at varmestrømmens vej gennem ruden og kantkonstruktionen bliver længere i forhold til en kantkonstruktion med relativ stor højde. Varmestrømmens vej går ned gennem det indvendige glas, gennem kantkonstruktionen og op gennem det kolde udvendige glas, se Figur 14.

Til at illustrere dette er der regnet på to forskellige fiktive kantkonstruktioner med samme varmeoverføringskoefficient  $L$ , men med forskellige dimensioner, se Figur 14. Beregningerne er foretaget svarende til vinduet i afsnit 4.1.

Det ses ud fra Tabel 6, at linjetabet afhænger af højden af kantkonstruktionen. Tilsvarende falder temperaturen nederst på indersiden af ruden ved brug af en højere kantkonstruktion, hvilket resulterer i en lavere kondensmodstandsfaktor og større risiko for kondens.



Figur 14. Varmestrømmen gennem rude og kantkonstruktion med forskellig højde.

Tabel 6. Linjetab ved samlingen mellem rude og ramme ved to afstandsprofiler med samme varmeoverføringskoefficient, men med forskellige dimensioner.

Afstandsprofil dimension (h x b) [mm]	Varmeoverføringskoefficient $L$ [W/mK]	Linitab $\Psi_g$ [W/mK]	kondensmodstandsfaktoren $f_{Rsi}$ [-]
13 x 14	0,25	0,051	0,560
9,5 x 14	0,25	0,048	0,575

#### 4.7 Generel sammenligning af ramme-karmkonstruktionerne og kantkonstruktionerne

Når linjetabene for kantkonstruktioner med høj henholdsvis lav varmlledningsevne sammenlignes ses det, at ramme-karmprofiler af træ og af aluminium har et forholdsvis højt linjetab, mens ramme-karmprofiler af blandede materialer og plast har forholdsvis lille linjetab.

De relative lave linjetab for netop disse ramme-karmprofiler skyldes den isolerende effekt af de omkringliggende hule PVC-profiler.

De høje linjetab forekommer ved brug af aluminium både som glasliste og til selve ramme-karmprofilet. Aluminiumet har en høj varmeledningsevne og kan virke som både kølefinne og varrefinne.

Det viser, at der i høj grad er en veldefineret sammenhæng mellem kantkonstruktioner, udformningen af ramme-karmkonstruktionerne og linjetabet.

Det er vigtigt, at bemærke, at kondensproblemet ikke løses alene ved brug af bedre kantkonstruktioner, da der kan forekomme steder på selve ramme-karmprofilet, hvor der kan opstå en koldere overfladetemperatur, når der benyttes en bedre kantkonstruktion, jf. Appendiks A..

Den indvendige overfladetemperatur af ruden, der afspejler risikoen for kondens, afhænger af hvor godt kantkonstruktionen isolerer og hvor godt den indvendige del af rammen leder varme op til glasset. Derfor forekommer der mange timer med kondensrisiko for ramme-karmprofilerne af træ set i forhold til profilet af aluminium. Også den udvendige del af rammen kan resultere i mange timer med risiko for kondens, som det ses ved ramme-karmprofilet med blandede materialer hvor den udvendige del er af aluminium.

Højden af kantkonstruktionen har også betydning for linjetabet og dermed for risikoen for kondens. En kantkonstruktion med relativt lille højde er varmeteknisk bedre end en kantkonstruktion med relativt større højde, når varmeoverføringskoefficienterne er "næsten" ens og samtidigt nedsættes risikoen for kondens.

Det er tydeligt, for alle vinduestyper, at den samlede U-værdi bliver bedre ved brug af bedre afstandsprofiler (selv for store vinduesdimensioner) og at risikoen for kondens mindskes. Tydeligst ses det ved dannebrogsvinduet, hvor ramme-karmen udgør en stor procentdel.

## 5 Konvektion og kondensberegninger.

Der er foretaget beregninger på konvektion svarende til vinduet i afsnit 4.1 med et afstandsprofil af aluminium svarende til Figur 1.a).

Til beregninger er der brugt det detaljerede beregningsprogram Therm, der har indbygget et modul til simulering af konvektion i rudens hulrum. Selve rude-systemet er importeret fra Window 4.

Der defineres indvendige temperaturer langs den indvendige side af glassene, samt en adiabatisk konvektionsgrænseflade mod afstandsprofilet og toppen af ruden, der definerer grænsen for konvektionen, se Figur 15.

Temperaturerne langs indersiden af glasset kan direkte aflæses fra Window 4.

Rudens højde sættes til hele højden af det nederste dannebrogsrude for at opnå realistiske resultater. Resultaterne ses i Tabel 7.

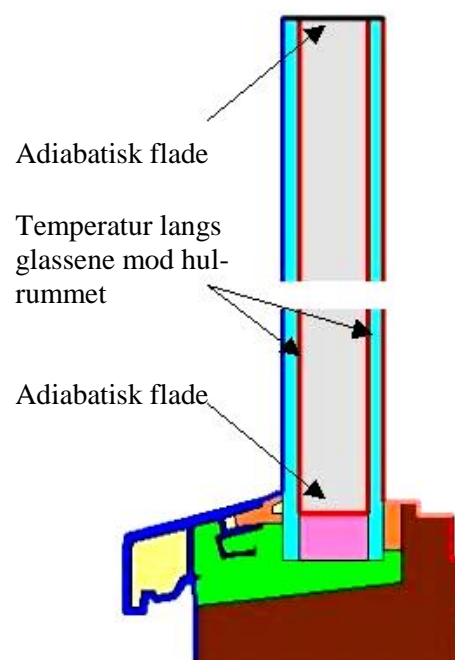
Den indvendige overfladetemperatur af ruden, lige over ramme-karmen, falder med  $0,7^{\circ}\text{C}$  i forhold til når der ikke tages hensyn til konvektion og antallet af timer med risiko for kondens stiger.

Disse tal stemmer overens med internationale undersøgelser [4], hvilke kommer frem til, at konvektion resulterer i  $0,2-1^{\circ}\text{C}$  lavere temperaturer ved den indvendige del af ruden lige over ramme-karmen.

**Tabel 7. Beregning af temperaturer og timer med kondens.**

	Uden Konvektion	Med konvektion
Temp. nederst på indersiden af ruden	8,9	8,2
Kondensmodstandsfaktoren $f_{Rsi}$	0,445	0,410
Antal timer årligt med risiko for kondens v. en fugtpr. på 9,5 kg/d	57	103
v. en fugtpr. på 9,5 kg/d og med halvt så stor luftskifte	5112	5828

Beregningerne er foretaget ud fra samme betingelser som foretaget i afsnit 4, dog med en mere detaljeret beregning af konvektionsforhold i rudens hulrum til mere detaljeret bestemmelse af de lokale forhold nederst i ruden.



**Figur 15. Grænseflader for konvektion i en rude.**

## 6 Konklusion

Kondens hænger meget sammen med fugtproduktionen og luftsiftet i bygningen og det ses tydeligt hvilken indvirkning de to parametre har på risikoen for kondens. Der er dog behov for en fastlæggelse af typiske forhold for en vurdering af kondensproblemet.

Det fremgår, at hvis der benyttes en bedre kantkonstruktion bliver vinduets U-værdi bedre og risikoen for kondens nedsættes.

Der er dog stadig brug for videre undersøgelser og fastlæggelse af retningslinier for hvordan beregninger med konvektion og varmestråling i rudens hulrum skal udføres.

Af de beregnede afstandsprofiler i kompendiet findes ikke alle på markedet i de størrelser der er anvendt. Beregningerne viser, at U-værdien for vinduet forbedres og at risikoen for kondens nedsættes. Dette er imidlertid et incitament til at ændre en smule på ramme-karmprofilet så disse kan tilpasses ruder med de langt bedre kantkonstruktioner. Generelt drejer det sig om få millimeter.

Kondens er ikke alene uheldigt for ramme-karmkonstruktioner af træ, hvor følgerne er misfarvning, råd og svamp, men også til gene for brugerne hvor følgerne kan være dårlig luftkvalitet og nedsat udsyn gennem vinduerne. Derfor ville det være nærliggende, at oplyse brugeren om den nedsatte risiko for kondens på ruder ved brug af bedre kantkonstruktioner. En indførelse af kondensmodstandsfaktoren i energimærkningsordningen af ruder og vinduer ville være en mulig måde at oplyse brugeren om risikoen for kondens ved valget af ruder og vinduer.

## 7 Det videre arbejde

Det er vist i kompendiet, at der er en forskel ved at benytte bedre isolerende kantkonstruktioner mht. vinduets samlede U-værdi og risikoen for kondens.

Dermed ikke sagt, at der ikke er problemer forbundet med brugen og indførelsen af disse kantkonstruktioner. Af problemer kunne nævnes holdbarhed, statik, økonomi og produktion

I det videre arbejde er der brug for en analyse af netop disse problemer.

I dette kompendium er det forudsat, at afstandsprofilets overkant ”flugter” med ramme-karmkonstruktionens overflade. Der er brug for analyser af forholdene der er gældende når ruden ”dykkes” ned i rammen med en forbedring af linjetabet og kondensrisikoen til følge. Her vil der være brug for højere ramme-karmprofiler, hvilket har negativ effekt på solenergitransmittansen eller kan det tilpasses de nuværende profiler og er der andre positive/negative effekter ved dette?

Der er ligeledes brug for en udvikling af metoder til måling af kantkonstruktioners isoleringsevne, bl.a. baseret på termovisionsudstyr, til bestemmelse af temperaturforhold i rudens randzone, som kan benyttes til prøvning af nogle af de typiske kantkonstruktioner.

Til sidst er der brug for detaljerede metoder og retningslinier til beregning af temperaturforhold ved samling mellem rude og ramme med henblik på bestemmelse af risiko for kondens. Herunder hensyntagen til lokale konvektions- og strålingsforhold ved konstruktionens udvendige og indvendige dele.

## 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] *RUDER OG VINDUERS ENERGIMÆSSIGE EGERNSKABER. Kompendium 3, DETALJE- REDE METODER TIL BESTEMMELSE AF ENERGIMÆRKNINGSDATA. Institut for Bygnin- ger og Energi, Danmarks Tekniske Universitet, U-046 Version 2 1999*
- [4] *Predicting Window Condensation Potential, Alex McGowan, ASHRAE Journal July 1995.*
- [5] *CEN, TC 89, Thermal performance of windows, doors and shutters. Calculation of thermal transmittance – Part 2: Numerical method for frames.*
- [6] *Tillæg 1 til DS 418 Beregning af bygningers varmetab. Tillæg om kuldebroer, fundamenter, terrændæk, kældergulve og –vægge samt samlinger omkring vindu- er og døre.*
- [7] *SBI-arbejdsrapport, Vurdering af ventilationsbehov. Niels C. Bergsøe. Statens Byggeforskningsinstitut 1999.*
- [8] *SBI-rapport 236, Ventilationsforhold i nyere, naturligt ventilerede enfamiliehuse. Statens Byggeforskningsinstitut 1994.*
- [9] *EN ISO 10211-2. Thermal bridges in building construction – Heat flows and surface temperatures – Part 2: Numerical methods.*



## Adresseliste

---

**Adresse:****BYG•DTU**

Danmarks Tekniske Universitet  
Bygning 118, Brovej  
2800 Kgs. Lyngby  
Tlf. 45 25 18 55  
<http://www.byg.dtu.dk/>

---

**Kontaktpersoner:**

Svend Svendsen (45 25 18 54)  
Toke Rammer Nielsen (45 25 18 60)

---

**RJUKAN METALL**

Maskin og Profil A/S Svadde  
Industriområde N-3660  
Norge  
Tel: (+47) 35 08 01 50  
Fax: (+47) 35 08 01 62  
[www.rjukan.com](http://www.rjukan.com)

---

**ERBSLÖH ROLLTECH A/S**

W. BRÜELS VEJ 20  
9800 Hjørring  
Danmark  
Tlf: (+45) 96 23 33 43  
Fax: (+45) 96 23 33 11  
[www.erbsloeh.de](http://www.erbsloeh.de)

---

**Thermix GmbH**

Isolationssysteme für verglasungen  
Goetheplatz 4  
D-88214 Ravensburg  
Tyskland  
Tel: (0751) 3 63 01 40  
fax: (0751) 3 63 01 41  
[www.thermix.de](http://www.thermix.de)

---

**Saint Gobian**

Vitrage Suisse  
3000 Bern 22  
Sveits  
Tel:  
Fax:  
Inet: [www.saint-gobian-glas.com](http://www.saint-gobian-glas.com)

---

**INEX SPACERS**

800 McCaffrey  
st-Laurent (Québec) H4 1N1  
Canada  
Tel: (514) 343-9132  
Fax: (514) 343-5379  
[www.inex.com](http://www.inex.com)

---

**INTERPANE GLAS INDUSTRIE AG**

37698 Lauenförde  
Postfach 1120  
Tyskland  
Tel: (0 52 73) 809-0  
Fax: (0 52 73) 85 47  
[www.interpane.de](http://www.interpane.de)

---

**Lenhardt Maschinenbau GmbH**

Industriestr. 2 - 4  
D-75242 Neuhausen-Hamberg  
Germany  
Tel: ++49 7234 601-0  
Fax: ++49 7234 1719  
[www.lenhardt.com](http://www.lenhardt.com)

---

**Edgetech**  
Chemic Ueticon  
Ueticon, Switzerland  
CH-8707  
Tel: 41-1-922-9111  
Fax: 41-1-920-2093  
[www.edgetechig.com](http://www.edgetechig.com)

---

## Appendiks A. Kritiske temperaturer ved ramme-karmprofiler.

Ved brug af bedre kantkonstruktioner (d, e, f og g) opnås en højere temperatur nederst på indersiden af ruden. I visse tilfælde bliver temperaturen så høj, at der er steder på ramme-karmprofilet hvor temperaturen er omtrent den samme og sågar lavere.

Det er derfor ikke altid nok at udskifte kantkonstruktionen til fordel for en der isolerer bedre for at undgå kondensproblemer.

I det følgende vises der kritiske temperaturer på ramme-karmprofilerne. Dvs. temperaturer de steder, hvor der kan være risiko for kondensdannelse.

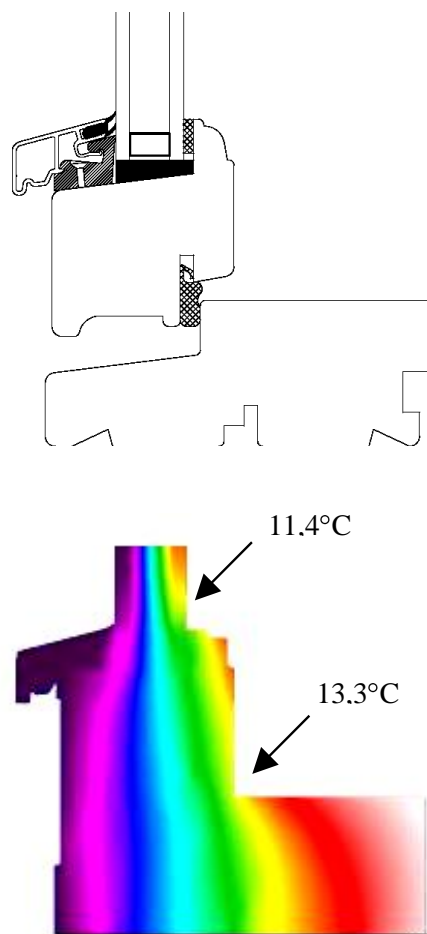
Samtlige ramme-karmprofiler er regnet igennem med afstandsprofilen svarende til afstandsprofil e i afsnit 1.

### Ramme-karm af træ

Et tværsnit i ramme-karmprofilet med tilhørende temperaturprofil er vist på Figur 16.

Den kritiske temperatur, foruden ved ruden, forekommer ved samlingen mellem ramme og karm.

Skulle det ske, at der dannes kondens i samlingen mellem ramme og karm bliver vandet liggende i samlingen og kan forårsage stor skade på selve træprofilet.



**Figur 16. Bunden i ramme-karmprofil af træ med aluminiumsglasliste (venstre side er udvendig side). Nederst ses temperaturprofilet.**

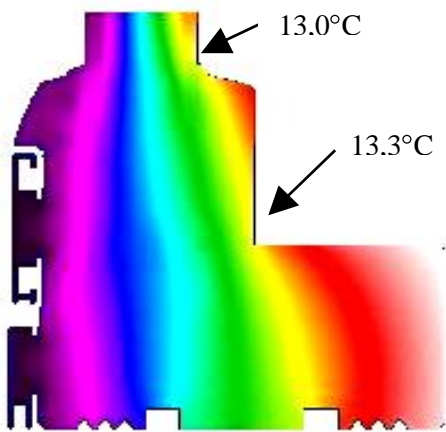
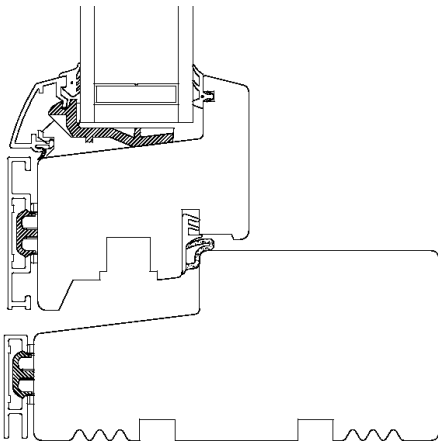
### Ramme-karm af træ og aluminium

Et tværsnit i ramme-karmprofil med tilhørende temperaturprofil er vist på Figur 17.

Samme forhold er gældende for dette profil som ved det foregående.

Det ses dog, at temperaturerne ved ruden og ved samlingen mellem ramme og karm ligger meget tæt på hinanden.

Med et afstandsprofil, der er bedre end det brugte kan resultere i, at temperaturen ved samlingen mellem ramme og karm bliver lavere end ved ruden og det er derfor ikke sikkert, at kondensproblemet bliver afhjulpet ved at skifte til et bedre afstandsprofil.



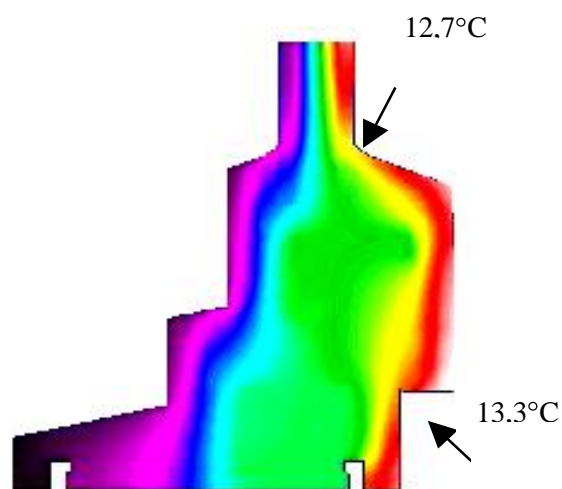
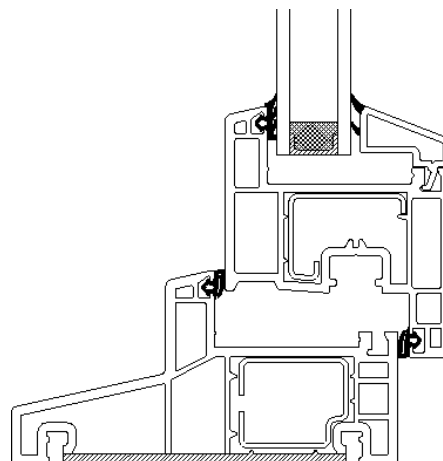
**Figur 17. Bunden i ramme-karmprofil af træ og aluminium (venstre side er udvendig side). Nederst ses temperaturprofil.**

### Ramme-karm af plast

Et tværsnit i ramme-karmprofilen med tilhørende temperaturprofil er vist på Figur 18.

Den kritiske temperatur, udover ved ruden, forekommer ved samlingen mellem ramme og karm.

Skulle det ske, at der dannes kondens i samlingen mellem ramme og karm falder vandet ned på lysningspanelet, der evt. kunne være af træ.



**Figur 18. Bunden i ramme-karmprofil af plast (venstre side er udvendig side). Nederst ses temperaturprofilen.**

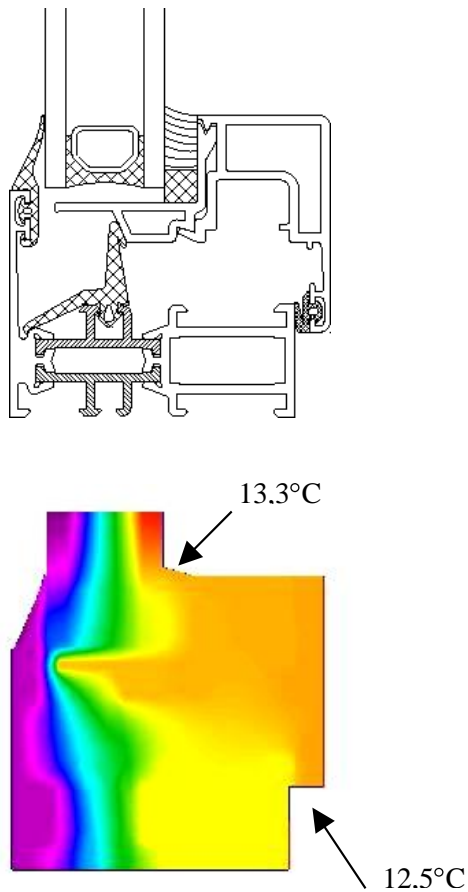
### Ramme-karm af aluminium

Et tværsnit i ramme-karmprofilen med tilhørende temperaturprofil er vist på Figur 19.

Ved dette aluminiumsprofil, fremkommer den koldeste overfladetemperatur ved samlingen mellem ramme og karm. Dette resulterer i, at der dannes kondens her før der dannes kondens på den indvendige del af ruden.

Dette er et godt eksempel på, at kondensproblemet ikke løses ved at skifte til et bedre afstandsprofil. Det meste af den indvendige del af ramme-karmen har en temperatur svarende til temperaturen nederst på indersiden af ruden. Dvs. ca.  $13,3^{\circ}\text{C}$

Når der dannes kondens i samlingen mellem ramme og karm falder vandet ned på lysningspanelet, der evt. kunne være lavet af træ.



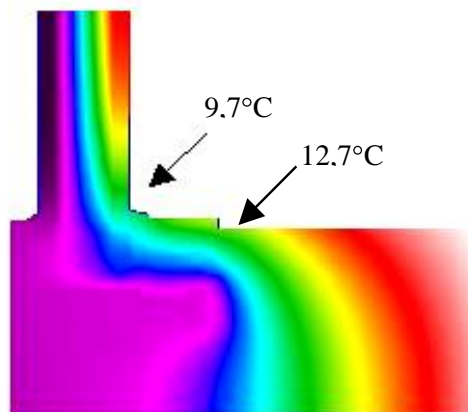
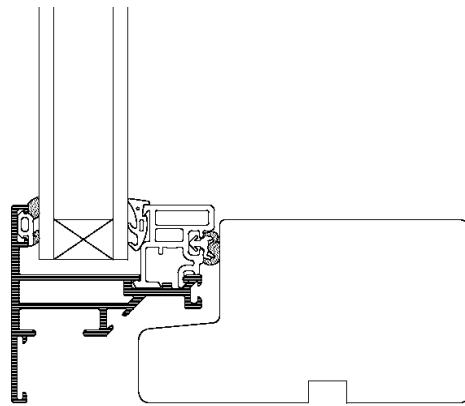
**Figur 19.** Bunden i ramme-karmprofil af aluminium (venstre side er udvendig side). Nederst ses temperaturprofilen.

### Ramme-karm af blandede materialer

Et tværsnit i ramme-karmprofilet med tilhørende temperaturprofil er vist på Figur 20.

Den kritiske temperatur, foruden ved ruden, forekommer ved samlingen mellem ramme og karm.

Det ses, at temperaturen nederst på indersiden af ruden er meget lav.



**Figur 20. Bunden i ramme-karmprofil af blandede materialer (venstre side er udvendig side). Nederst ses temperaturprofil.**

