

Vinduers varmetab

Energi-, kondens- og lydforhold for nye og gamle vinduer i ældre bygninger før 1950

UDGIVET AF RAADVAD-CENTERET MAJ 2002

VED CIVILINGENIØR, ARKITEKT M.A.A. THOMAS KAMPMANN





Vinduers varmetab

Energi-, kondens- og lydforhold for nye og gamle vinduer i ældre bygninger før 1950

AF THOMAS KAMPMANN, CIVILINGENIØR, ARKITEKT M.A.A., RAADVAD-CENTERET
MED FORORD V. SØREN VADSTRUP, CENTERLEDER, ARKITEKT M.A.A.

ISBN 87-90915-17-8

COPYRIGHT

RAADVAD – Nordisk Center til Bevarelse af Håndværk

GRAFISK TILRETTELÆGELSE

Exponent as

UDGIVET 2002

RAADVAD – Nordisk Center til Bevarelse af Håndværk E-mail / raadvad@raadvad.dk www.raadvad.dk

INDHOLD

Konklusion af rapportens resultater ved centerleder Søren Vadstrup	4
Hvordan er et traditionelt vindue opbygget	6
Hvordan er et termovindue opbygget og hvilke typer findes	7
Hvad dækker begreberne lavemissionsbelægning, termorude, energiglas og energiruder over	8
Forklaring på energitilskud for et vindue	10
Vinduets udformning og dets betydning for energitilskuddet	12
Generel forklaring til beregnings-skemaerne	14
Energitilskud for et dannebrogsvindue uden sprosser	15
Energitilskud for et dannebrogsvindue med een sprosse	16
Energitilskud for et småsprosset dannebrogsvindue	17
Dug/kondens på vinduer med forsatsruder	18
Dug/kondens på vinduer med termo/energiruder	19
Vinduers lydisolerende egenskaber	20
Forbrugernes krav til produkter og fremtidige udviklingsmuligheder for at mindske energitabet for et traditionelt vindue	21
Kilder	22

Konklusion af rapportens resultater

AF CENTERLEDER, ARKITEKT M.A.A. SØREN VADSTRUP

Som led i regeringens plan for at reducere Danmarks CO₂-forbrug har Energistyrelsen under Projekt Vindue igangsat forskellige initiativer, der skal fremme brugen af energiruder - der er en ny, forbedret termorude, med mindre varmetab (U-værdi) takket være gasfyldt i glas-mellemrummet samt en særlig lavemissions-belægning på det inderste glas.

Et af midlerne til at opnå dette er en ny energi-mærkning af vinduer, så forbrugerne og byggerådgiverne har et overskueligt værktøj til at vurdere, hvor meget energi, der spares ved at gå over til de nye energiruder. Sideløbende med dette har Energistyrelsen afsat penge til forskning, produktudvikling og information.

I december 1999 fik Raadvad-Centeret tildelt et forskningsprojekt om energimæssig forbedring af eksisterende vinduer i ældre bygninger under Energistyrelsens "Projekt Vindue" (J.nr. 75661/99-0006). Projektet, benævnt Fase 1, idet det var et led i et større projekt, havde følgende formål:

Foretage en række yderligere undersøgelser bl.a. i samarbejde med DTU/IBE, forskellige håndværksfirmaer og andre, for at eftervise om U-værdierne for de traditionelle dobbeltrudesystemer for ældre vinduer kan nå "ned" på den i Bygningsreglementet målsatte U-værdi på 1,8 W/m²K.

Raadvad-Centeret udvalgte herefter et typisk dansk vindue, der blev beregnet i 3 forskellige "sprosse-versioner" og med 5 forskellige dobbeltrudesystemer, hvorefter disse, i alt 18 løsninger, incl. "basisvinduet" helt uden forsatsvin-

due, blev beregnet ved hjælp af THERM-programmet på DTU. Rapporten herom blev afleveret i januar 2001.

Sideløbende med dette gennemførte Raadvad-Centeret for egne midler projektets Fase 2, en tilsvarende beregning efter THERM-programmet for nye termovinduer i 4 forskellige materialer, med 3 forskellige termorudekonstruktioner og i 3 forskellige opsprosnings. I alt 39 beregninger, idet der også er medtaget det sidste nye påhit indenfor termovinduer, pålmede, falske sprosser.

Denne undersøgelse er den eneste til dato, der ved grundige beregninger sammenligner energiforholdene mellem forskellige konstruktioner af vinduer i ens størrelse og opdeling - samtidig med at energiberegningerne er sket efter de nyeste beregningsmetoder, der tager hensyn til alle relevante forhold. De samme beregningsmetoder vil blive brugt ved den fremtidige energimærkningsklassificering for vinduer.

Raadvad-Centeret har endvidere, sammen med forskellige andre samarbejdspartnere, arbejdet med levetider, livscyklusanalyser, lyd- og lys-kvalitetsmålinger for gamle og nye vinduer. Derudover har Centeret arbejdet med istandsættelsesmetoder, med økonomi og totaløkonomi samt med at udvikle nye koblede vinduer af træ, tilpasset ældre dansk bygningskultur. Nu arbejdes der med udvikling af nye dobbeltrude-systemer til gamle vinduer, der er tilpasset fredede og bevaringsværdige bygninger.

Denne rapport redegør for og dokumenterer de energimæssige egenskaber for nye og gamle vinduer i ældre bygninger.

Vi har taget et 100 årigt gammelt vindue og forsynet det med forskellige dobbeltrudesystemer - med almindeligt glas, coated energiglas og energiruder. Energiberegningerne er foretaget for hele vinduet, hvor der er taget højde for rudestørrelser, konstruktion, materialerne og ind- og udstrålingen af varme fra bl.a. solen. Beregningerne er endvidere vist i 3 forskellige sprosseopdelinger af vinduet.

Dette er så sammenlignet med de samme energiberegninger for de gængse typer nye termovinduer af træ, plast eller aluminium, der leveres som erstatninger for de gamle vinduer ved vinduesudskiftninger - bl.a. med den begrundelse, at de isolerer bedre. Det gør de imidlertid ikke.

Konklusion

Konklusionen er ret klar: Nye vinduer med termoruder eller energiruder er ikke det rigtige valg, rent energimæssigt eller varmeøkonomisk, i ældre huse, set i forhold til en istandsættelse af de gamle vinduer - suppleret med indvendige forsatsvinduer med energiglas eller energiruder.

Baggrunden herfor er bl.a. at termoruder og energiruder har en ikke uvæsentlig kuldebrovirkning langs kanterne. Dels sidder der nogle afstandsprofiler af galvaniseret stål, der leder varmen ganske glimrende tværs gennem ruden, dels opstår der varmetab på grund af rudens indbygning i rammen. Denne kuldebro lukker en del varme ud, så hvis termoruderne er relativt små, hvad de jo er, når de skal forsøge at "ligne" ældre vinduer, er dette såkaldte linietaf eller randtab af varme ekstra stort.

Man kan derfor ikke bruge termorudens såkaldte center U-værdi, d.v.s. den U-værdi, termoruden opgives at have fra fabrikanten, som mål for vinduets samlede eller reelle U-værdi. Denne er væsentlig lavere. Populært kan man beskrive det som en bræmme på cirka 10 cm langs termorudernes kanter er dårligere isolerende. Hvis ruden eksempelvis er 35 x 40 cm er der ikke meget af center U-værdien tilbage. Vi kan derfor konstatere, at ved rudestørrelser under 50 cm i bredden på den ene led, er termovinduer decideret fejlanbragte.

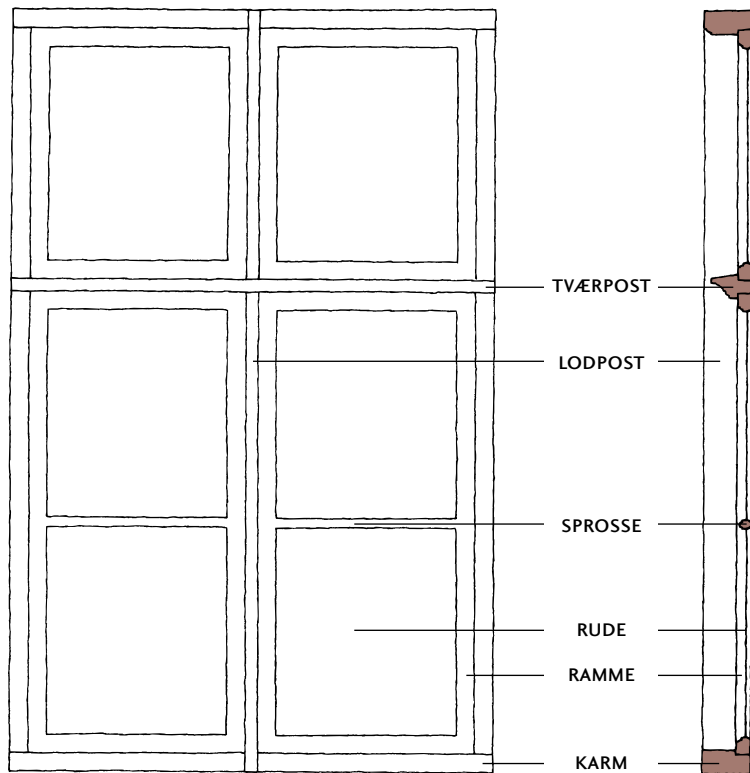
Det vil sige, at i bygninger ældre end 1950-60 skal man bevare og istandsætte de gamle vinduer af træ, og anbringe energiglas eller energiruder indvendigt på disse - som påkoblede rammer eller forsatsvinduer. Det giver bedre varmeøkonomi, bedre totaløkonomi og bevarer samtidig husets arkitektur.

Denne løsning er også den bedste i forhold til dæmpning af trafikstøj, i forhold til risikoen for udvendig kondens på ruderne og i forhold til en levetid på det samlede vindue på flere hundrede år. Hertil kommer de miljømæssige forhold samt CO₂-regnskabet, hvor det energiforbedrede, gamle vindue også har de bedste tal.

Alt dette er nærmere beskrevet i Raadvad-Centerets nye bog "Gode råd om vedligeholdelse, istandsættelse og energiforbedring af gamle vinduer" samt i Raadvad-Centerets projektrapport til "Projekt Vindue", der sammen med en masse andre informationsmaterialer om vinduer ligger på Centerets hjemmeside på www.raadvad.dk

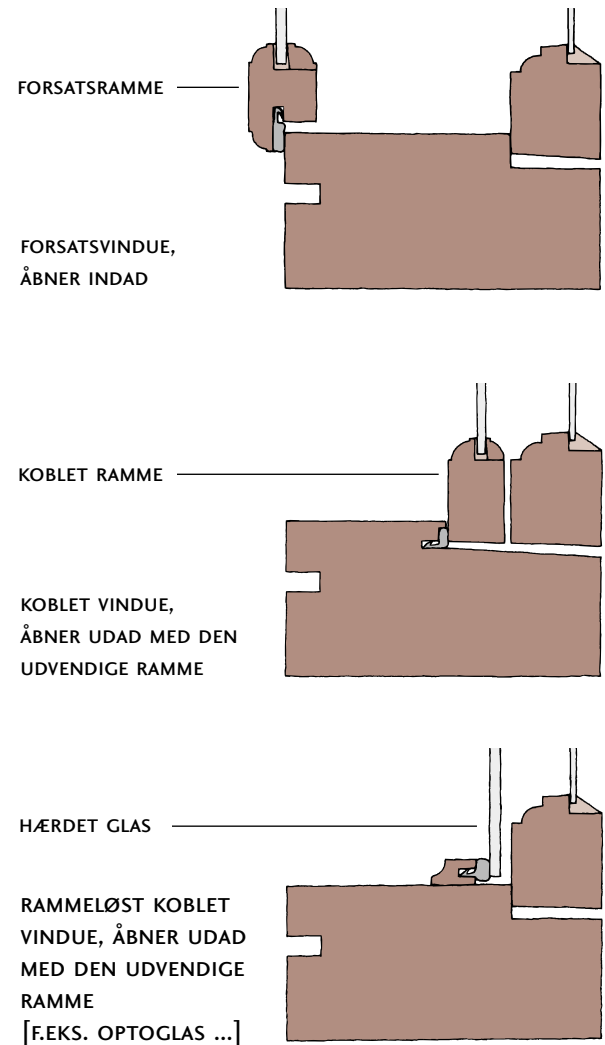
Hvordan er et traditionelt vindue opbygget?

Opstalt og lodret snit i et traditionelt vindue med enkelt lag glas



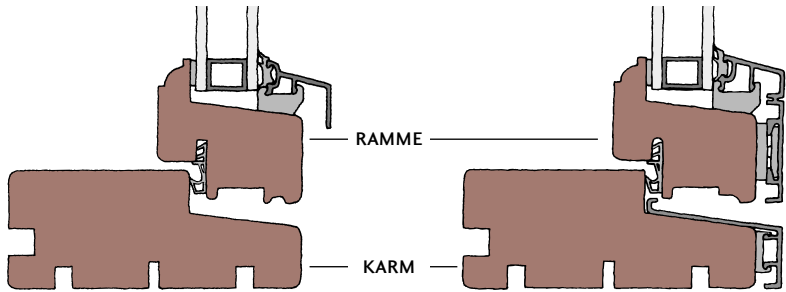
Traditionelt vindue med forskellige forsatsløsninger

Snit i bundkarm og ramme for de tre forsats typer der er anvendt i denne undersøgelse



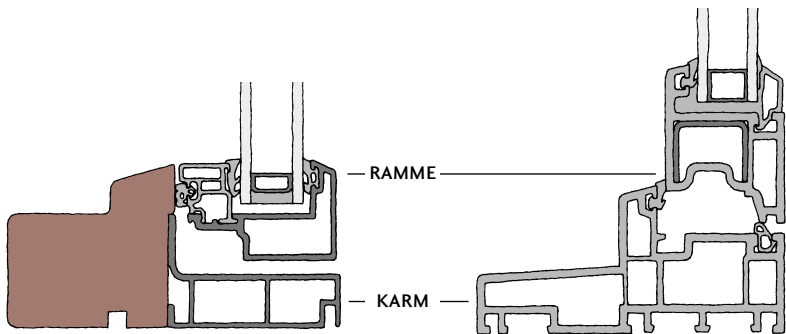
Hvordan er et termovindue opbygget og hvilke typer findes?

Snit i bundkarm og ramme for de fire forskellige nye vinduestyper der er anvendt i denne undersøgelse



TRÆVINDUE

ALUMINIUMSBEKLÆDT TRÆVINDUE

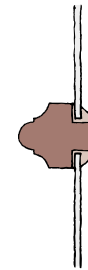


BLANDEDE MATERIALER/MIKSVINDUE
[F.EKS. VELFAC, IDEALCOMBI ...]

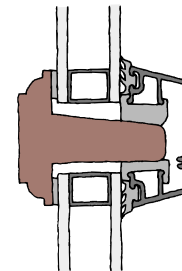
PLASTVINDUE

Sprosetyper?

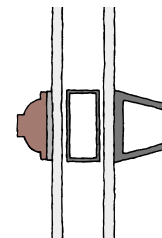
Snit i en gammel og to nye typer sprosser



OPRINDELIG
SPROSSE TIL
SAMMENLIGNING



GENNEMGÅENDE
SPROSSE
ALU-BEKLÆDT
TRÆVINDUE



SNYDESPROSSE
ALU-BEKLÆDT
TRÆVINDUE



TRÆ



KIT



STÅL/ALUMINIUM



PLAST/SILIKONER



GLAS

Hvad dækker begreberne lavemissionsbelægning, termorude, energiglas og energiruder over?

Fremstilling af moderne glas, floatglas

Floatglas fremstilles ved at flydende glasmasse ledes ud på et bad af flydende tin. Glasmassen indeholder jernoxid i meget små mængder, men nok til at det ser grønligt ud, hvis man kigger ind på kanten af glasset. Glas med lavt jernindhold vil i mindre grad end almindeligt glas påvirke lysets farvesammensætning og samtidig absorbere en mindre del af solenergien (g-værdien bliver højere).

Belægninger

Glas kan påføres forskellige belægninger af metaloxider på overfladen. Der skelnes mellem lavemissionsbelægninger, der har til formål at nedsætte varmetabet (svagt tonet), og solafskærmende belægninger, der har til formål at begrænse solindfaldet gennem ruden (ofte kraftigt tonet - f. eks. i kontorer).

Lavemissionsbelægninger

Isoleringsevnen af en rude afhænger af den isolerende virkning af hulrummet mellem oftest to lag glas. Varmeoverføringen i hulrummet foregår ved ledning, konvektion (varmeoverføring ved luftbevægelse) og varmestråling. Varmestrålingen udgør ca. 2/3 af det samlede varmetab og nedsættes betragteligt ved at belægge glasset med en lavemissionsbelægning.

Lavemissionsbelægninger medfører en større absorption og refleksion af solstråling i ruden, hvilket har den ulempe, at de nedsætter solindstrålingen (lavere g-værdi). Der skelnes mellem hårde og bløde belægninger.

Den hårde lavemissionsbelægning, der består af tinoxid, "brændes" fast i glasset og er meget robust. Den anvendes derfor ved forsatsløsninger f.eks. på eksisterende vinduer. Den bløde lavemissionsbelægning giver en bedre isolering, men nedsætter solindstrålingen mere (lavere g-værdi) og er sårbar - den kan derfor kun anvendes forseglet i termoruder.

Energiglas:

enkeltlags glas med hård lavemissionsbelægning

Termorude:

to lag glas sammenholdt af afstandsprofil, forseglet og med luft i hulrummet

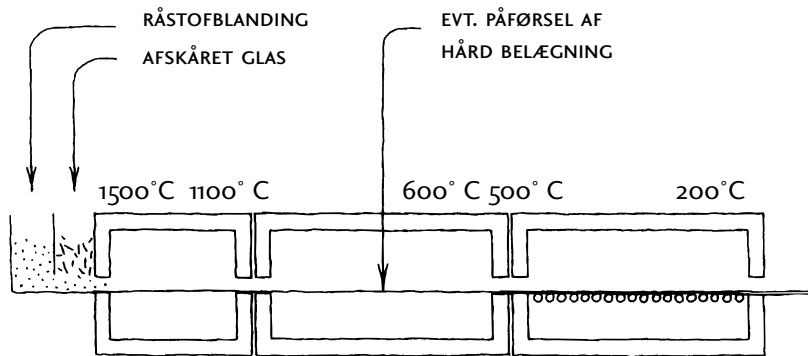
Energirude:

termorude med et lag glas med blød lavemissionsbelægning, forseglet og med gas i hulrummet. Hvis afstandsprofilen er isolerende siges energiruden at have varm kant

[1]

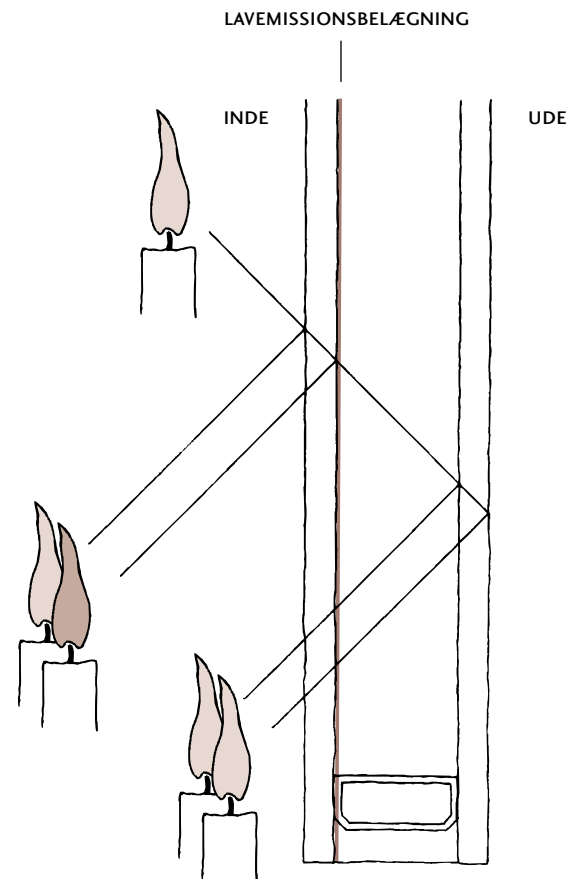
Floatglas

Fremstilling af floatglas, evt. med påførelse af hård lavemissionsbelægning



Termo- eller energirude

Ved at se om de fire spejlbilleder af et tændt stearinlys er ens eller ej, kan man se om ruden har lavemissionsbelægning ^[2]



Forklaring på energitilskud for et vindue

Et vindue er et specielt bygningselement idet der ikke kun tabes varme fra huset, men også tilføres energi gennem solens stråler.

Samlet varmetab gennem vinduet:

Den varmemængde der tabes for hele vinduet betegnes samlet U-værdi. Den opdeles i en del der tabes gennem ramme/karm, en del der tabes gennem ruderne samt, for termoruder, en del der tabes gennem rudens kantkonstruktion og samlingsdetaljer mellem ramme og rude (et linietaf, angives med det græske bogstav Ψ (psi) - sættes til nul for vinduer uden termoruder). Hidtil er termovinduer kun solgt med angivelse af center U-værdi, men som det fremgår af figuren på side 11, er dette kun en del af det samlede varmetab.

Nyttiggjort solenergi:

Den varme der tilføres boligen stammer fra solen. Et vindues evne til at lade solenergi passere ind i bygningen karakteriseres ved dets g-værdi, som er den procentdel af solens energi der rammer hele vinduet, som når ind i huset (solenergitransmittans; stor g-værdi medfører større energitilskud). Den opdeles i en del der ledes gennem vinduets ramme/karm (en lille andel, ≈ 0), og en del der trænger gennem vinduets glaslag.

Vinduets samlede energitilskud i fyringssæsonen:

Det samlede energitilskud fra vinduet beregnes ud fra summen af energitilskuddet minus energitabet igennem en fyringssæson. Her regnes med nogle gennemsnitsbetragt-

ninger for et referencehus, hvor det antages at 41 % af glasarealet vender med syd, 33 % mod øst og vest og 26 % mod nord. På et gennemsnitsår tilstråler der 280,6 kWh/m² i hele fyringssæsonen - når der tages hensyn til skygevirkning fra bygninger, tagudhæng m.m., begrænses det 30 % til 196,4 kWh/m². Ligeledes på et gennemsnitsår antages der et varmetab på 90,36 kWh (1000 x gradtimer).

Det samlede energitilskud pr. m² vindue på en fyringssæson i Danmark beregnes ud fra formlen:

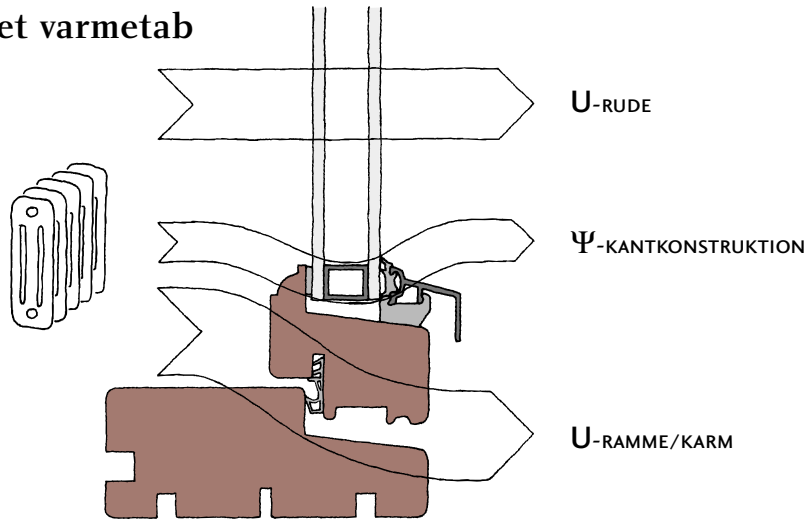
$$E_{\text{tilskud}} = 196,4 \times g \div 90,36 \times U$$

Energisitilskudet er det tal der enklest fortæller om hvor meget energi man taber - og dermed hvor stort ens varmeudgift er.

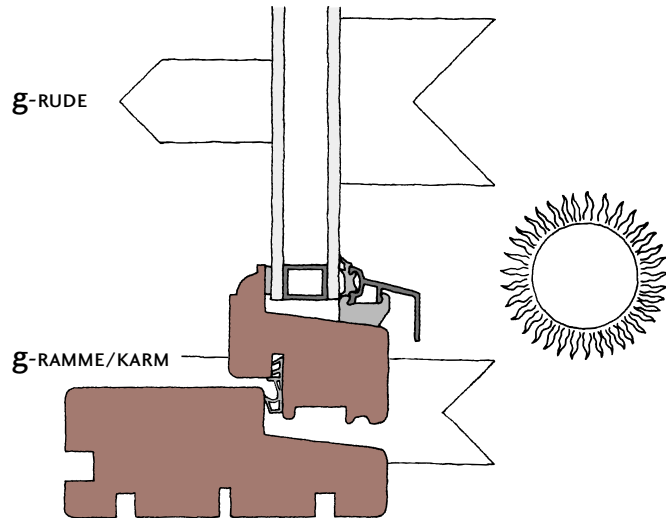
Et negativt energitilskud betyder at der tabes energi gennem vinduet - **hvilket er tilfældet for alle vinduer idag!**

[1]

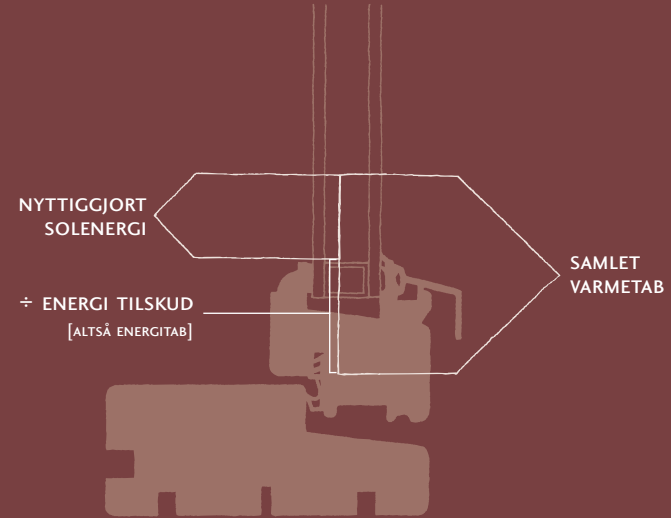
Samlet varmetab



Nyttiggjort solenergi



Vinduets samlede energitilskud





Nyt og gammelt

Det nye vindue (det lyse) sparer kun ca. 12 % på varmeudgiften i forhold til det oprindelige vindue med originale forsatsrammer. Havde man istedet skiftet glasset til energiglas i forsatsrammerne på det gamle vindue (der intet fejler) var varmetabet sænket ca. 44 % i forhold til det oprindelige vindue- eller ca. 37 % bedre end i det helt nye, dårligt proportionerede vindue!

Reflekser i energiruder og snydesprosser



Nye termovinduer med energiruder har ofte usikne reflekser der er helt fremmede i ældre bygninger. Det skyldes dels det helt plane floatglas der giver hårde spejlinger, dels energibelægninger der farver glasset. Vinduerne her er forsynet med snydesprosser. Som det fremgår af figuren på side 7 er selv snydesprosser større og mere klodsede end de oprindelige - og her faldt de første af efter kun få måneder!

Vinduets udformning og dens betydning for energitilskuddet

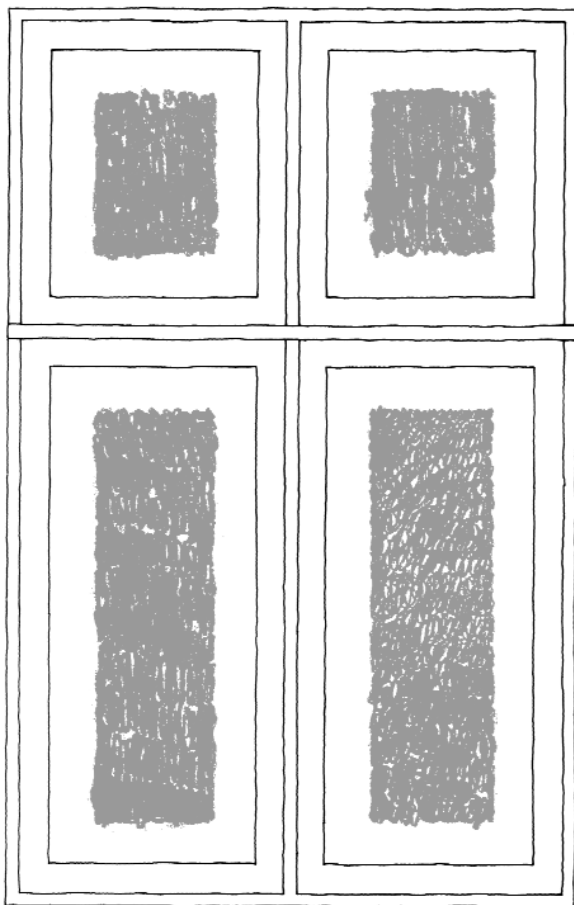
Varmetab:

Som nævnt på foregående side opdeles varmetabet i tre dele, nemlig gennem ramme/karm, rude og randtab (kun for termo/ energiruder). Randtabet, der skyldes afstandsprofilen mellem glasset i termo/energiruden samt dennes indbygning i rammen, er afhængig af hvor lang omkredsen af ruderne er. Ser man på et vindue udefra, fremgår det derfor tydeligt, hvor stor betydning udformningen har. Jo større rude, des mindre indflydelse får randtabet, da omkredsen er forholdsvis lille. Ved små ruderstørrelser, som for eksempel småsprossede termovinduer, kan de områder hvor isoleringsevnen er uafhængig af randtabet derimod helt forsvinde. Randtabet kan sænkes ved at bruge isole-rende kant, såkaldt varm kant.

Nyttiggjort solenergi:

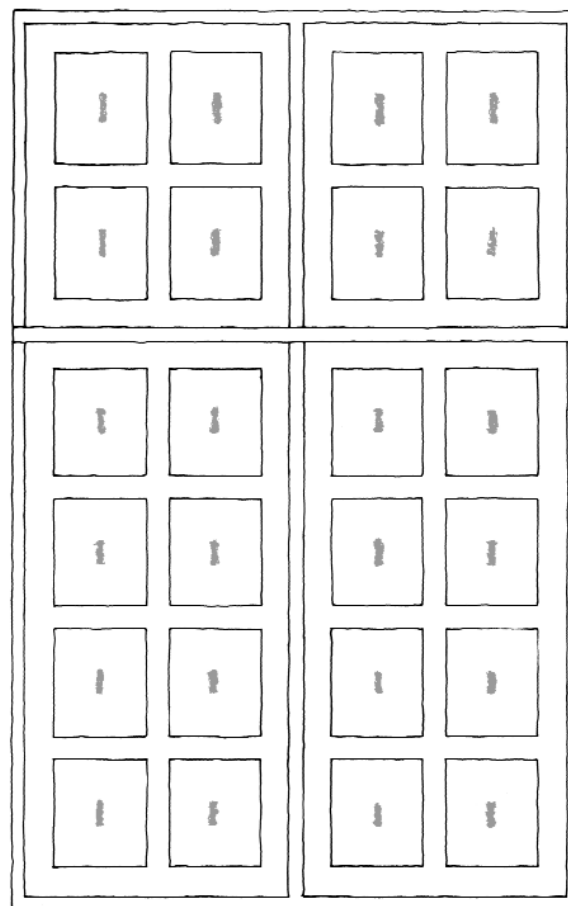
Udformningen af vinduet har også stor betydning for, hvor stor en del af solens energi der tilføres boligen (hvor høj g-værdi). Nye vinduer er ofte mindre end de gamle, da man må have luft langs kanten for at få det nye vindue ind på plads i murhullet (dette er der ikke taget hensyn til i denne undersøgelse og nye vinduer vil derfor have en smule dårligere energibalance end det fremgår af energiskemaerne på side 15-17). Desuden er ramme- karmprofilerne i nye vinduer ofte bredere for at bære de tunge og tykke termoruder, samt, ikke mindst, er sprosserne meget kraftige. Typen af ruder i vinduet har også stor betydning; jo flere glaslag, des mindre energi trænger igennem og energibelægning vil også begrænse energitilskuddet (men selvfølgelig mindre varmetabet).

På de grå områder er isoleringsevnen uafhængig af rudernes afstandsprofil og indbygning i rammerne - sælges som center U-værdi. Er der koldt ude kan man på den indvendige glasflade med fingerne mærke, hvordan temperaturen synker, når man bevæger sig fra de grå områder ud mod kanten af ruden.



TERMOVINDUE

Omkredsen af rudernes kantkonstruktion, der giver et stort varmetab, er her på 7,5 meter.



TERMOVINDUE MED GENNEMGÅENDE SPROSSER

På grund af sprosserne er omkredsen af rudernes kantkonstruktion (der giver et varmetab) her øget til 19,6 meter.

Generel forklaring til beregnings-skemaerne

Beregningseksempel

De anførte energitilskud er alle beregnet for dannebrogsvinduer der måler 116x183 cm. Jo mindre vindue, des dårligere bliver energitilskuddet, især for termovinduer.

Oprindeligt vindue

Sprosser: Sprosser har ingen indflydelse på varmetabet (ændrer ikke U-værdien), men de giver lidt skygge og dermed lidt dårligere g-værdi- og derfor mindre energitilskud.

Randtab Ψ : Ψ -værdien ≈ 0 når der ingen termorude er - den optræder derfor kun hvor der er en energirude som forsatsvindue.

U-værdi rude: For både forsats, koblet og rammeløst koblet vindue med energiglas er værdien 1,8 W/m²K, og dermed er der ikke fare for udvendig kondens. U-værdi rude for forsatsenergirude løsningen er (tre lag glas ialt) derimod i dette eksempel på 0,9 W/m²K, og her er der risiko for udvendig kondens.

Termovinduer

Sprosser: Sprosser i termovinduer giver både større varmetab og mindre solenergiindfald. Især de gennemgående sprosser er energimæssigt meget dårlige, og ud fra dette synspunkt er det fornuftigt med snydesprosser. De har til gengæld en række andre ulemper såsom skæmmende kantlister, fare for at de falder af (de er limet eller clipsede på), samt at man ofte må skifte hele vinduet hvis termoruden punkterer.

Randtab Ψ : Randtabet langs kanten kan nedsættes ved ændret isætning og brug af "varm kant" hvor afstandsprofilen f.eks. er udført i rustfrit stål, plast eller silikoner.

U-værdi rude: Hvis værdien er under 1,3 W/m²K kan der være risiko for udvendig kondens. Der vindes ikke meget i energitilskuddet for hele vinduet ved så lave U-værdier, da ruderne også har meget lave g-værdier.

U-værdi vindue: Energikravene til vinduer fremgår af bygningsreglementerne. Benyttes U-værdier er kravet 1,8 ved nybyggeri, om- og tilbygninger samt **udskiftninger**. Bygningsreglement for småhuse 1998 indeholder også mulighed for at udnytte en varmetabsramme. Her kan nogle konstruktioner isoleres dårligere, såfremt andre isoleres bedre. Endvidere kan der for nybyggeri anvendes en energiramme, hvor den nødvendige isolering af klimaskærmen afhænger af vinduernes orientering i forhold til solen, bygningens varmeakkumulering m.m. Da der er snævre grænser for hvor meget isoleringsevnen kan forbedres andre steder i eksisterende byggeri, benyttes i praksis kravet om U-værdi vindue på 1,8 W/m²K.

Specielt om nye trævinduer:

Denne undersøgelses vindue er energimæssigt bedre end andre beregnede.

Specielt om nye aluminiumbeklædte trævinduer og nye vinduer af blandede materialer (træ, aluminium, plast, silikoner):

Aluminium virker som køleribber, det er medvirkende til den dårlige U-værdi.

Specielt om nye plastvinduer:

Plasticvinduer er komplekse konstruktioner, og der kan være forskel fra det ene fabrikat til det andet, det her undersøgte vindue er energimæssigt dårligere end andre beregnede.

[2] [3] [4]

Energiltiskud for et dannebrogsvindue uden sprosser

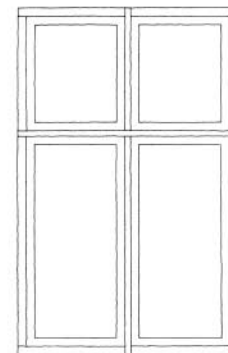
Vinduestype	U-værdi	g-værdi	Energiltiskud
	W/M ² K	BRØKDEL	KWH/ M ² ÅR
Oprindeligt vindue - med et lag glas	4,4	0,54	÷294
- og oprindeligt forsatsvindue	2,4	0,47	÷125
- og forsatsramme med energiglas	1,7	0,44	÷66 ^B
- og koblet ramme med energiglas	1,7	0,44	÷64 ^B
- og rammeløst koblet energiglas	1,7	0,44	÷66 ^B
- og forsatsenergirude (3 lag glas ialt) ^C	1,3 ^A	0,33 ^A	÷51 ^A
Nyt trævindue med termorude 2,8 W/m ² K	2,5 ^D	0,44	÷138
- med energirude 1,1 W/m ² K ^C	1,6	0,34	÷77
- med energirude 1,1 W/m ² K med varm kant ^C	1,5	0,34	÷68
Nyt alubeklædt trævindue med termorude 2,8 W/m ² K	2,5 ^D	0,43	÷140
- med energirude 1,1 W/m ² K ^C	1,7	0,34	÷86
Nyt vindue af blandede materialer med termorude 2,8 W/m ² K	3,0 ^D	0,52	÷167
- med energirude 1,1 W/m ² K ^C	2,0 ^D	0,40	÷101
Nyt plastvindue med termorude 2,8 W/m ² K	2,6 ^D	0,40	÷155
- med energirude 1,1 W/m ² K ^C	1,8	0,31	÷101

[3] [4]

Ud fra tallene i kolonnen "Energiltiskud" kan man omsætte energitabet gennem vinduerne til varmeregning:

varmepris pr. fyringssæson = energiltiskud x arealet af hele vinduet x energipris pr. kWh

Energipriser, cirka: fjernvarme 0,50 kr/kWh, naturgas 0,78 kr/kWh, fyringsolie 0,87 kr/kWh, elvarme 1,30 kr/kWh [2]



Noter:



Undersøgelsens laveste energiforbrug, den store reduktion af U-værdien modvirkes dog delvis af mindre g-værdi



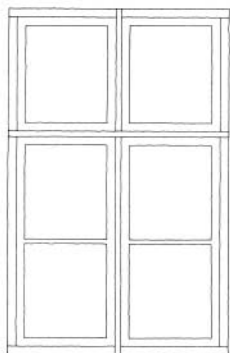
Lavt energiforbrug opnået med kun to lag glas, bedste løsning i forhold til prisen



Risiko for udvendig kondens da U-rude lavere end 1,3 W/m²K



U-værdi ej tilladt ifølge bygningsreglementet, da hele vinduets samlede U-værdi er større end 1,8 W/m²K



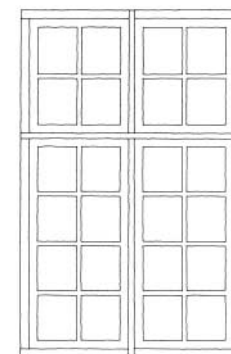
Energiltiskud for et dannebrogsvindue med een sprosse

Vinduestype	U-værdi	g-værdi	Energiltiskud
	W/M ² K	BRØKDEL	KWH/ M ² ÅR
Oprindeligt vindue - med et lag glas	4,4	0,53	÷295
- og oprindeligt forsatsvindue	2,4	0,46	÷127
- og forsatsramme med energiglas	1,7	0,43	÷68 ^B
- og koblet ramme med energiglas	1,7	0,43	÷65 ^B
- og og rammeløst koblet energiglas	1,7	0,43	÷67 ^B
- og forsatsenergirude (3 lag glas ialt) ^C	1,3 ^A	0,32 ^A	÷52 ^A
Nyt trævindue med termorude 2,8 W/m ² K, gennemgående sprosse	2,5 ^D	0,42	÷142
- 2,8 W/m ² K, snydesprosse	2,5 ^D	0,43	÷140
Nyt trævindue med energirude 1,1 W/m ² K, gennemgående sprosse ^C	1,7	0,33	÷88
- 1,1 W/m ² K, snydesprosse ^C	1,6	0,33	÷79
- 1,1 W/m ² K, gennemgående sprosse, med varm kant ^C	1,6	0,33	÷79
- 1,1 W/m ² K, snydesprosse, med varm kant ^C	1,5	0,33	÷70
Nyt alubeklædt trævindue med termorude 2,8 W/m ² K, gennemg. sprosse	2,5 ^D	0,41	÷144
- 2,8 W/m ² K, snydesprosse	2,5 ^D	0,42	÷142
- med energirude 1,1 W/m ² K, gennemg. sprosse ^C	1,8	0,32	÷99
- med energirude 1,1 W/m ² K, snydesprosse ^C	1,7	0,33	÷88
Nyt vindue, blandede matr. med termorude 2,8 W/m ² K, gennemg. sprosse	3,0 ^D	0,51	÷170
- 2,8 W/m ² K, snydesprosse	3,0 ^D	0,51	÷170
- med energirude 1,1 W/m ² K, gennemgående sprosse ^C	2,2 ^D	0,39	÷121
- med energirude 1,1 W/m ² K, snydesprosse ^C	2,0 ^D	0,40	÷101
Nyt plastvindue med termorude 2,8 W/m ² K, gennemgående sprosse	2,6 ^D	0,37	÷161
- 2,8 W/m ² K, snydesprosse	2,6 ^D	0,39	÷157
- med energirude 1,1 W/m ² K, gennemgående sprosse ^C	1,9 ^D	0,29	÷114
- med energirude 1,1 W/m ² K, snydesprosse ^C	1,8	0,30	÷103

[3] [4]

Energiltiskud for et småsproset dannebrogsvindue

Vinduestype	U-værdi	g-værdi	Energiltiskud
	W/M ² K	BRØKDEL	KWH/ M ² ÅR
Oprindeligt vindue - med et lag glas	4,4	0,48	÷ 305
- og oprindeligt forsatsvindue	2,4	0,42	÷ 136
- og forsatsramme med energiglas	1,7	0,39	÷ 76 ^B
- og koblet ramme med energiglas	1,7	0,39	÷ 73 ^B
- og rammeløst koblet energiglas	1,7	0,39	÷ 75 ^B
- og forsatsenergirude (3 lag glas ialt) ^C	1,3 ^A	0,29 ^A	÷ 59 ^A
Nyt trævindue med termorude 2,8 W/m ² K, gennemgående sprosser	2,5 ^D	0,29	÷ 168
- 2,8 W/m ² K, snydesprosser	2,4 ^D	0,37	÷ 143
Nyt trævindue med energirude 1,1 W/m ² K, gennemgående sprosser ^C	2,1 ^D	0,23	÷ 143
- 1,1 W/m ² K, snydesprosser ^C	1,8	0,29	÷ 105
- 1,1 W/m ² K, gennemg. sprosser, med varm kant ^C	1,9 ^D	0,23	÷ 126
- 1,1 W/mvK, snydesprosser, med varm kant ^C	1,6	0,29	÷ 93
Nyt alubeklædt trævindue med termorude 2,8 W/m ² K, snydesprosser	2,5 ^D	0,37	÷ 152
- energirude 1,1 W/m ² K, snydesprosser ^C	1,8	0,29	÷ 105
Nyt vindue af blandede matr. med termorude 2,8 W/m ² K, snydesprosser	2,9 ^D	0,45	÷ 172
- med energirude 1,1 W/m ² K, snydesprosser ^C	2,1 ^D	0,35	÷ 120
Nyt plastvindue med termorude 2,8 W/m ² K, snydesprosser	2,5 ^D	0,32	÷ 162
- med energirude 1,1 W/m ² K, snydesprosser ^C	1,9 ^D	0,25	÷ 122



Noter:



Undersøgelsens laveste energiforbrug, den store reduktion af U-værdien modvirkes dog delvis af mindre g- værdi



Lavt energiforbrug opnået med kun to lag glas, bedste løsning i forhold til prisen



Risiko for udvendig kondens da U-rude lavere end 1,3 W/m²K



U-værdi ej tilladt ifølge bygningsreglementet, da hele vinduets samlede U-værdi er større end 1,8 W/m²K

[3] [4]

Ud fra tallene i kolonnen "Energiltiskud" kan man omsætte energitabet gennem vinduerne til varmeregning:

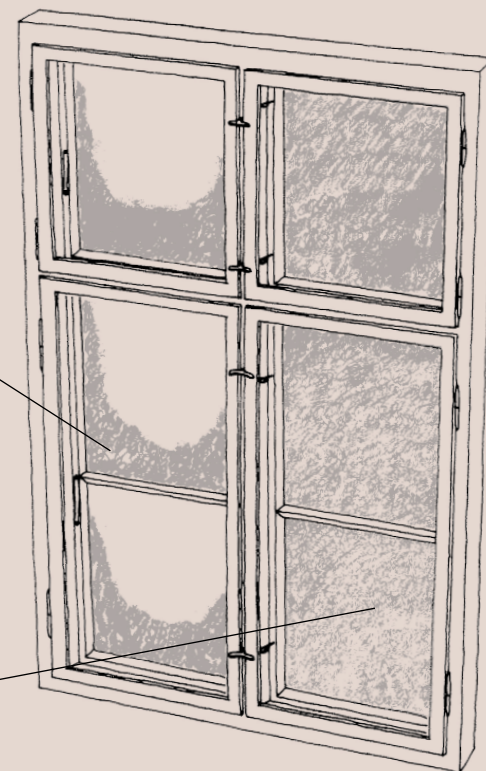
varmepris pr. fyringssæson = energiltiskud x arealet af hele vinduet x energipris pr. kWh

Energipriser, cirka: fjernvarme 0,50 kr/kWh, naturgas 0,78 kr/kWh, fyringsolie 0,87 kr/kWh, elvarme 1,30 kr/kWh [2]

Dug/kondens på vinduer med forsatsruder

Her dækker forsatsruder både egentlige forsatsvinduer, koblede vinduer samt rammeløse koblede vinduer. Det er vigtigt at der er tæt ind mod stuerne, derimod skal der helst være en vis ventilation med tør udeluft mellem ruderne.

Problem	Årsag	Afhjælpning af problem
Dug på hele indersiden af de indvendige ruder	For høj luftfugtighed	Luft ud, evt. monter friskluftventiler
Dug på indersiden af yderste rude	Forsatsrude ikke tæt nok i forhold til ydre ramme. Kan også skyldes indtrængen slagregn pga. manglende kit/vedligehold	Tætne forsatsvindue meget omhyggeligt, evt. løsne udvendig ramme en smule (bor ikke huller i rammen) Reparer manglende kit eller evt. istandsæt hele vinduet.
Kondens på yderside af yderste rude (optræder teoretisk kun ved forsatsenergiruder, altså med 3 lag glas ialt)	Stor udstråling til himmelrummet i kombination med lav center U-værdi	Lev med det eller brug evt. udvendige skodder



Dug/kondens på vinduer med termo/energiruder

Problem	Årsag	Afhjælpning af problem
Dug på hele indersiden af de indvendige ruder	For høj luftfugtighed	Luft ud, evt. monter friskluftventiler
Dug i kanten af ruderne, især nederst og lidt op af kanterne	Kuldebro pga. rudens indbygning og afstandsprofil i termorude	Udskift vindue til koblet vindue eller energirude med varm kant
Dug imellem ruderne	Punkteret termorude	Udskift vindue til koblet vindue eller energirude med varm kant
Kondens på yderside af yderste rude	Stor udstråling til himmelrummet i kombination med lav center U-værdi	Lev med det, udskift vindue til koblet vindue eller anskaf energiruder med center U-værdi over $1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$



Vinduers lydisolierende egenskaber

Vigtige forhold omkring isolering mod støj

De mest betydende parametre for at opnå høj lydreduktion er at vinduet er tæt, at der er stor afstand mellem ruderne, at det er "asymmetrisk" opbygget med forskellige glastykker samt tyngden af glassene. Yderligere har det en positiv effekt at ruderne ligger i f.eks. linoliekit (dæmper svingningerne), at vinduerne næsten er i plan med muren og er uden fremspring som f.eks. udvendige aluminiumbeklædninger.

Medens der ikke er forskel på de energimæssige forhold mellem et forsats, koblet og rammløst koblet vindue, er forsatsløsningen, med cirka 120 mm rudeafstand, klart den mest fordelagtige, når man taler om lydisolering.

Vinduer med termo/energiruder med oftest ens glastykkelse og meget lille rudeafstand (typisk 10-15 mm) kan derfor være dårlige til at dæmpe lyden. Det ses da også, at nogle nye lyddæmpende termoruder er forsynede med en indvendig forsatsrude (og altså har tre lag glas).

Svenske støjmålinger

En svensk undersøgelse påpeger, at lyddæmpende vinduer ofte ikke er specielt velegnede til at dæmpe normal bytrafikstøj med lave frekvenser ned til 50 Hz (fra busser og lastbiler). Det betyder, at man kan betale mange penge for nye lyddæmpende vindue optimeret for højere frekvenser (med et formodet dårligere energitilskud), der ikke dæmper bedre end det oprindelige vindue forsynet med forsatsrammer. Tilsvarende kan det ikke betale sig at investere i dyre laminerede glas, der ikke giver stor nytte ved de lave støjfrekvenser i byer. I et lyddæmpende vindue, opbygget af en termorude og en ekstra rude, kunne det

midterste glas fjernes uden at lyddæmpningen mindskes - den lidt større "mindste glasafstand" opvejer den lavere vægt af kun to istedet for tre lag glas.

Tabellen viser eksempler på forskellige bygningsdeles støjdæmpende egenskaber:

Konstruktion	Dæmpning R' _w
Vinduer med enkelt glas	15-25 dB
vinduer med enkeltglas og simpel forsatsrude	25-30 dB
Vinduer med koblede rammer med enkelt glas	25-30 dB
Vinduer med termoglas	25-30 dB
Vinduer med termolydglas	30-40 dB
Vinduer med enkelt glas forbedret med nye forsatsvinduer med enkelt glas	35-40 dB
Vinduer med enkelt glas forbedret med nye forsatsvinduer med termoglas eller termolydglas	35-45 dB
Ældre let facade	28-35 dB
Isoleret let facade	40-48 dB

[5] [6] [7] [8]

Forbrugerens krav til produkter og fremtidige udviklingsmuligheder for at mindske energitabet for et traditionelt vindue

Efterspørg jernfattigt glas

Jo mindre jernindholdet er i glasset, des mere solenergi trænger ind i boligen (højere g-værdi).

Efterspørg smalle og elegante rammer/karme på forsatsruder af træ

Der er en tendens til at nye forsatsrammer har brede og klodsede træprofiler, det giver mindre lys og mindre g-værdi.

Bedre energibelægning, udvikling af mere effektive hårde belægninger

Medens den bløde energibelægning er tæt på det teoretisk højest opnåelige mht. isoleringsevne, er den hårde det langt fra. Her burde ske en udvikling for at forbedre U-værdien, uden at mindske lysindfaldet. Et vindue med enkeltglas og energiforsatsrude har en rude U-værdi på $1,8 \text{ W/ m}^2\text{K}$, hvor der er god mulighed for forbedringer ned til faregrænsen for udvendig kondens på $1,3 \text{ W/ m}^2\text{K}$. Ligeledes burde der udvikles hårde belægninger med mindre toning af dagslyset. Der er idag desværre ingen udvikling på dette område fra producentside.

Energigardiner mellem de ud- og indvendige rammer

Eventuelt genskabe og/eller bruge udvendige skodder

[2]

KILDER

[1]

RUDER OG VINDUERS ENERGIMÆSSIGE EGENSKABER, KOMPENDIUM 3, DETALJEREDE METODER TIL BESTEMMELSE AF ENERGIMÆRKNINGSDATA, MAJ 2000, IBE DTU, WWW.IBE.DTU.DK/FORSKNIN/VINDUER/INDEX.HTM (RUDER OG VINDUER)

[2]

BLIV VARM PÅ DIT VINDUE, NORDSJÆLLANDS MILJØ- & ENERGIKONTOR 2001 WWW.SEK.DK

[3]

KARSTEN DUER, ET ENERGIRENOVERET DANNEBROGSVINDUES ENERGIMÆSSIGE EGENSKABER, 2000/ 2001, BYG DTU, WWW.BYG.DTU.DK/PUBLICERING/SAGSRAPPORTER/BYG-SROO30.PDF

[4]

KARSTEN DUER, NYE DANNEBROGSVINDUERS ENERGIMÆSSIGE EGENSKABER, JANUAR 2001, BYG DTU, WWW.BYG.DTU.DK/PUBLICERING/SAGSRAPPORTER/BYG-SRO109.PDF

[5]

STØJ OG VINDUER - EN ORIENTERING OM STØJISOLERENDE VINDUER, FOLDER FRA MILJØSTYRELSEN

[6]

VEJDIREKTORATET, VEJTRAFIK OG STØJ - EN INTRODUKTION 1998

[7]

MILJØ- OG ENERGIMINISTERIET, ORIENTERING FRA MILJØSTYRELSEN NR. 15, ÅFSKÆRMNING OG ISOLERING MOD VEJSTØJ, 1995

[8]

FÖNSTER MED HÖG LJUDISOLERING MOT TRAFIKBULLER, SP SVERIGES PRÖVNINGS- OCH FORSKNING SINSTITUT, SP RAPPORT 1998: 26 WWW.SP.SE/DATABAS/SPRAPP_RES_SV.ASP

FRA RAADVAD-CENTERET

OVERSIGT OVER INFORMATIONSMATERIALER M.M.

SØREN VADSTRUP:

CODE RÅD OM VEDLIGEHOVELSE, I STANDSÆTTELSE OG ENERGIFORBEDRING AF VINDUER.

KORT, POPULÆR FREMSTILLING AF FAKTA, PRINCIPPER OG HOLDNINGER.

SØREN VADSTRUP:

TEKNISKE ANVISNINGER TIL BYGNINGSRESTAURERING:

- 4.3.1 ALMINDELIG VEDLIGEHOVELSE AF VINDUER AF TRÆ
- 4.3.2 NÆNSOM I STANDSÆTTELSE AF VINDUER
- 4.3.3 TOTAL I STANDSÆTTELSE AF VINDUER
- 4.3.4 VEDLIGEHOVELSEPROGRAM FOR LINOLIEMALEDE VINDUER
- 4.3.5 ENERGIMÆSSIG FORBEDRING AF EKSISTERENDE VINDUER
- 4.3.6 FREMSTILLING AF NYE VINDUER TIL ÆLDRE BYGNINGHER
- 4.3.7 NØGLE TIL STILLINGTAGEN FOR OG IMOD UDSKIFTNING AF GAMLE VINDUER
- 4.4.2 NY OG GENMALING AF TRÆ, JERN OG MURVÆRK MED LINOLIEFARVE

PRÆCISE, DETALJEREDE ARBEJDSBESKRIVELSER TIL, HVORDAN ARBEJDET UDFØRES TRIN FOR TRIN, MED PRÆCISE MATERIALE-SPECIFIKATIONER, UDFALDSKRAV TIL DET FÆRDIGE ARBEJDE SAMT VEDLIGEHOVELSE-VEJLEDNINGER - BÅDE FOR HÅNDVÆRKEREN, DER SKAL UDFØRE ARBEJDET OG TIL HUSEJERENS ORIENTERING.

RAADVAD-CENTERETS VINDUES-DATABASE PÅ INTERNETTET

TEKNISKE ANVISNINGER TIL VEDLIGEHOVELSE, I STANDSÆTTELSE OG ENERGIFORBEDRING

RAADVAD-VINDUERNE - ET NYT KVALITETSVIDUE AF TRÆ UDEN UDVENDIGE TERMORUDER TIL ÆLDRE BYGNINGER

RAADVAD'S HÅNDVÆRKER-DATABASE

SØG OG FIND HÅNDVÆRKS FIRMAER OVER HELE LANDET, DER KAN I STANDSÆTTE ÆLDRE VINDUER, UDFØRE FORSATSVINDUER ELLER NYE VINDUER EFTER RAADVAD-CENTERETS PRINCIPPER.

- BEREGNINGSSKEMAER TIL U-VÆRDIER, ENERGIBALANCE M.V.
- NØGLE TIL STILLINGTAGEN FOR OG IMOD UDSKIFTNING
- PRAKTISK ORGANISERING AF ARBEJDET

HJÆLP TIL HUSEJERNE

TELEFONRÅDGIVNING: RING OG STIL SPØRGSMÅL OG FÅ GRATIS SVAR HOS RAADVAD-CENTERET HVER DAG KL. 10-15

RAADVAD'S BYGNINGSSYN - UVILDIG HJÆLP PÅ STEDET

TRO IKKE PÅ DET LOKALE HÅNDVÆRKS FIRMA, DER SIGER AT DINE GAMLE VINDUER ER DÅRLIGE OG SKAL SKIFTES UD. FÅ I STEDET EN UVILDIG RÅDGIVNING PÅ STEDET VED AT REKVIRERE RAADVAD'S BYGNINGSSYN TIL AT VURDERE DINE VINDUER. VI SKAL IKKE UDFØRE ARBEJDET FOR DIG BAGEFTER.

ANDET

RAADVAD'S VINDUES-VIDEO: VIDEOFILM PÅ 20 MINUTTER OM VEDLIGEHOVELSE, I STANDSÆTTELSE OG ENERGIFORBEDRING AF VINDUER. KAN F.EKS. VISES TIL BESTYRELSESMØDER I ANDELSBOLIGFORENINGER, HVOR MAN DRØFTER HUSETS VINDUER.



RAADVAD - Nordisk Center til Bevarelse af Håndværk Raadvad 40 DK-2800 Lyngby
Telefon / 45 80 79 08 Telefax / 45 50 52 07 E-mail / raadvad@raadvad.dk www.raadvad.dk