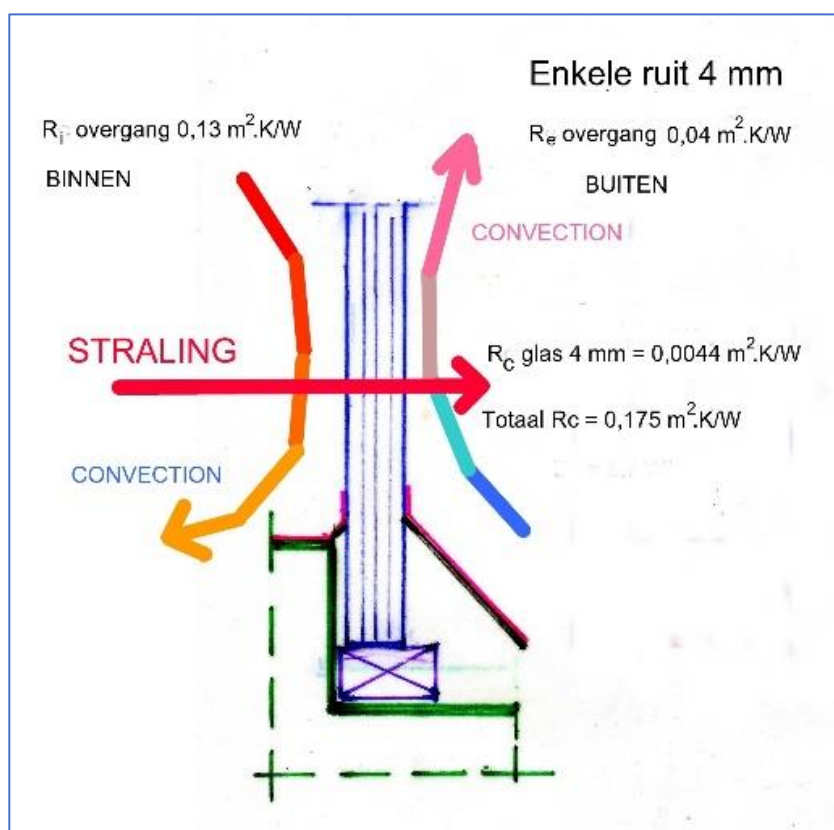


Achterzetruiten isolatiewaarden vergelijken

Wat is het rendementsverschil van extra glasruiten of Acrylplaat?



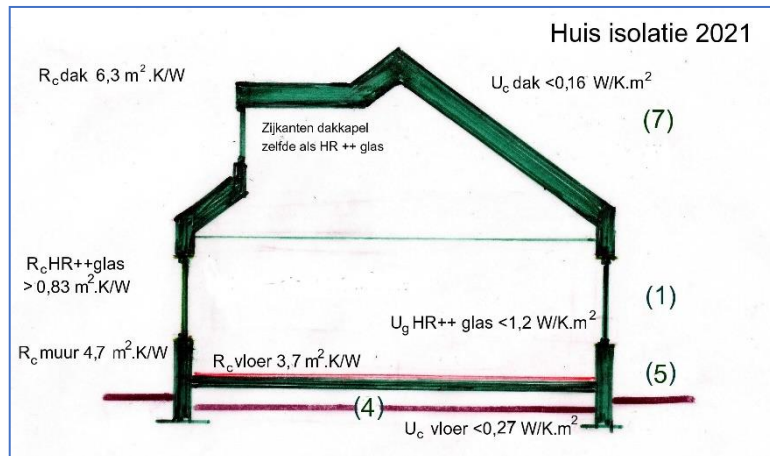
Abstract: Een overzicht van de isolatie verbeteringsopties van voorzet- en achterzetruiten en het percentage aan isolatieverbetering. Hoe hoger het percentage, hoe beter het energie en financiële rendement. Opties wanneer men goede kwaliteit kozijnen of isolatieglas niet wil vervangen. De laatste pagina geeft een voorbeeldberekening op van de energiebezuiniging.

Achterzetruiten isolatiewaarden vergelijken

Bij het maken van een keuze voor een betere woningisolatie is het belangrijk te weten dat de ramen en deuren de meeste warmte verliezen per m² oppervlakte. Ook voor nieuwbouwwoningen die voldoen aan de minimale nieuwbouweisen blijven de ramen de grootste energie verliespost per m² oppervlakte vanwege hun lage isolatiewaarde¹.

Figuur 1.

Minimum nieuwbouwnormen 2021
 met Rc waarden (isolatiewaarden).
 Begane grond vloer. **Rc = 3,7 m².K/W**
 Buitenmuren **Rc = 4,7 m².K/W**
 Dakconstructie **Rc = 6,3 m².K/W**
 Ramen, deuren, panelen, dakkapel/-
 glas, kozijnen **Rc > 0,83 m².K/W**. (Ug =
 < 1,2 W/m².K)



Het vervangen van matig of oude slecht isolerende ruiten voor nieuwe HR⁺⁺ of beter is relevant wanneer er een flinke sprong in de isolatiewaarde wordt gemaakt. Als dat niet zo is dan wordt de terugverdientijd op de energierekening erg lang en zal het economisch rendement dus laag zijn.

Bij het vervangen van oude HR (≈ jaren 1995) met een isolatiewaarde van Rc = 0,6 door een gewone of minimumnorm HR⁺⁺ ruit (Rc = 0,833) levert een isolatieverbetering op van Rc = 0,23 of **38%**.

Bij het vervangen van oude HR⁺ (≈ jaren 2000) met een isolatiewaarde van Rc = 0,7 door een gewone of minimumnorm HR⁺⁺ ruit (Rc = 0,833) levert een isolatieverbetering op van Rc = 0,13 of **18%**.

Het is mogelijk om oude isolatieruiten te vervangen door een betere soort HR⁺⁺ (Rc = 0,9 of zelfs 1), maar dan nog zal de isolatiewinst in percentages onder de 100% blijven.²

Wanneer de bestaande (isolatie) ruiten en de kozijnen van goede kwaliteit zijn is het mogelijk om ruiten bij te plaatsen, hetgeen meestal een veel economischer oplossing is dan het eerst weggooien van de oudere isolatie ruiten.

Zie onder andere de documenten “Twee dubbel glas” en “101-Soorten-Glas” op www.nienhuys.info

¹ Een uitzondering kan de mechanische ventilatie zijn wanneer dit geen balansventilatie is met WTW (WarmteTerugWinning). In deze situatie zal het systeem constant warme lucht afvoeren en koude lucht van buiten aantrekken die dan constant verwarmd moet worden. De binnenhuis lucht wordt dan in de winter erg droog. Een optie is om op de ventilator een stroomonderbreker (timer) te zetten.

² Wanneer een klant niet aan het glasbedrijf specificeert wat de nieuwe isolatiewaarde moet zijn van de ruiten dan is de kans groot dat slechts de minimumnormwaarde wordt geleverd, terwijl de totale kosten inclusief het plaatsen en afwerken (schilderen) weinig verschil zullen maken.

Van lage isolatiewaarde naar een hogere zijn de volgende opmerkingen relevant:

De glashandel geeft de U-waarde van het glas aan. Dit is de warmte doorgangswaarde in $W/m^2.K$

De isolatiewaarde is het omgekeerde. $R_{constructie} = 1/U$ in $m^2.K/W$

Om de isolatiewaarden van het glas te vergelijken met bouwconstructies wordt in dit paper slechts de R_c -waarde gebruikt van de constructie of R_g -waarde voor glas.

Enkel glas heeft ongeveer dezelfde isolatiewaarde als Glas-in-Lood (GiL). Deze isolatiewaarde bestaat hoofdzakelijk uit de twee overgangswaarden. $R_{o-buiten}$ met $0,03 m^2.K/W$ en $R_{o-binnen}$ met $0,14 m^2.K/W$. Samen dus ongeveer R_c met $0,17 m^2.K/W$. Dit zijn jaargemiddelden voor 3 mm glas of Acrylplaat. Wanneer het niet waait dan is de buiten overgangswaarden beter/hoger³.

Glas zelf geeft nauwelijks thermische isolatie: 3 mm glas met $R_g = 1,2 \times 0,003 = 0,0036 m^2.K/W$.

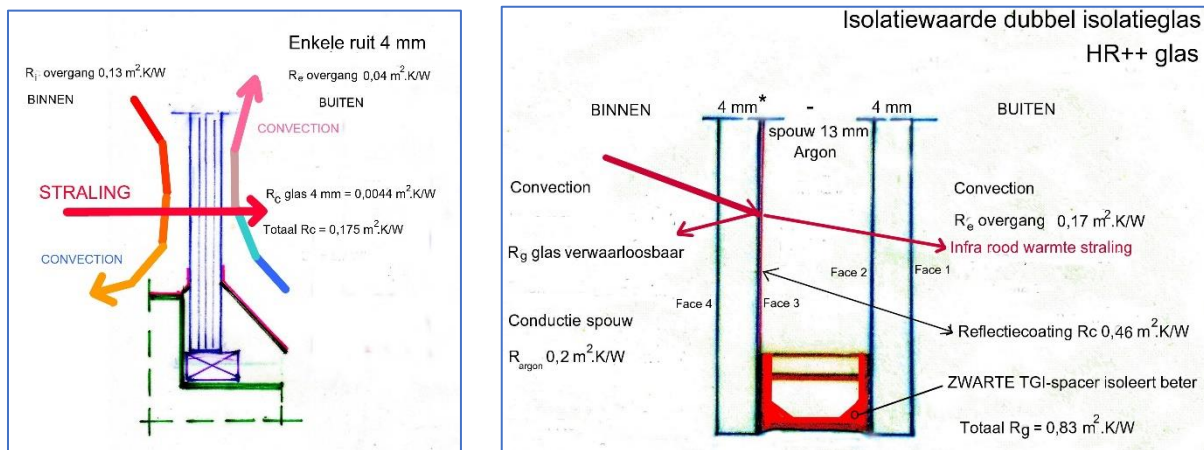
Voor een enkel glas buitenruit wordt daarom gerekend met $R_g = 0,175$ of U-waarde $5,7 W/m^2.K$

Acrylplaat/Polycarbonaat is 3X zo isolerend. Een 2 mm Acrylplaat met $R_g = 5 \times 0,002 = 0,01 m^2.K/W$.

Een dikke Acrylplaat van 2 cm dik geeft $R_g = 5 \times 0,02 = 0,1 m^2.K/W$.

Bij deze materiaalwaarden komen dan de overgangswaarden uit de vorige alinea.

Het opgetelde isolatie effect van Acrylaat ten opzichte van glas is dus erg weinig.



Figuren 2. De isolatiewaarde van enkel glas wordt hoofdzakelijk bepaald door de twee gemiddelde overgangswaarden van binnen en buiten bij elkaar op te tellen.

Isolatieglas HR++ heeft een Low-E coating op face 3 wordt een groot gedeelte van de warmtestraling naar buiten geblokkeerd en is daardoor meer isolerend. Bovendien is de vulling Argon gas dat beter isoleert als lucht.

Bij een tochtportaal wordt de isolatiewaarde van de binnen-tochtdeur dus de waarde van de ruit en tweemaal de binnen overgangswaarde of $R_c = 0,284 m^2.K/W$. Afgerond ongeveer $R_c = 0,3 m^2.K/W$. De door de deur gecreëerde luchtkamer (tochtportaal) levert niet meer op dan $0,15$ tot $0,18 m^2.K/W$. Een tochtportaal met enkel glas buitendeur en enkel glas binnendeur levert dan een isolatiewaarde op van $R_g 0,17 + R_c 0,14 + R_c 0,28 = R_c 0,59$, afgerond $R_c = 0,6$.

De optimale luchtspouw tussen twee ruiten moet ongeveer 18 mm tot 20 mm zijn en isoleert dan met een extra $R_c 0,2 m^2.K/W$. Wanneer deze luchtspouw veel groter wordt daalt deze tot $R_c = 0,14$. Een luchtspouw van ongeveer 4 cm tot 5 cm heeft een isolatiewaarde van minimaal $R_c = 0,15$.

³ Wanneer het niet waait is de buitenzijdige overgangswaarde ongeveer $R_o = 0,12$ maar als het waait kan dat dalen tot $R_o = 0,01$. Alle glas isolatiewaarden voor buiten hebben deze variatie.

De verschillende isolatiewaarden van ruiten en spouwen kunnen bij elkaar opgeteld.

- A. De toepassing van op de binnenkant van het enkel glas (face 2) **geplakte isolatiefolie** heeft een redelijk effect op de isolatiewaarde, maar de totale isolatiewaarde blijft wel aan de lage kant. $R_c 0,17 + R_c 0,07 = R_c 0,24$ (**verbetering 33% tot 40% maximaal**).⁴

De toepassing van **isolerende raam- of kozijnfolie** is zeer rendabel vanwege de lage materiaalkosten. Elke ruit of raamfolie op het raamhout (plastic) en enkel glas heeft bij een luchtspouw van 18 mm tot 20 mm een verhoogde isolatiewaarde van ongeveer $R_c = 0,2 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ en creëert bij enkel glas ($R_c = 0,17 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$) een isolatie van ongeveer **$R_c = 0,37 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$** . (+117%). Het raam kan dan nog open kan om te ventileren.

Figuur 3. Het aanbrengen van isolerende raam- of kozijnfolie is een vrij eenvoudige Doe-Het-Zelf activiteit.

De folie komt in verschillende afmetingen, samen met transparant tweezijdig plakband. Ook voor kunststof of metalen ramen/kozijnen.

Het wordt met een schaar op maat geknipt en met de haarföhn strakgespannen wanneer het is vastgeplakt.

Het is wel kwetsbaar. ($\approx 2,50/\text{m}^2$)

Door de lage kosten is het meestal in een stookseizoen terugverdiend op de energierekening.



- B. Isolerende ruit of raam-/kozijnfolie op het kozijnhout (plastic) binnen en enkel glas. Dit geeft een luchtspouw van meer dan 5 cm. Nieuwe isolatie is dan $R_c 0,17 + R_c 0,15 = R_c 0,32 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ (+90%). Het raam kan dan niet geopend voor ventilatie.
- C. Enkel glas plus 2x ruit of 2x raam-/kozijnfolie. Op het raamhout (18 mm spouw) en op het kozijnhout (40 mm spouw) kan beiden een raamfolie geplakt worden. De nieuwe isolatiewaarde wordt dan $R_c 0,17 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W} + R_c 0,15 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W} + R_c 0,2 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W} = R_c 0,52 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$. (+206%). Het raam kan dan niet geopend voor ventilatie.

Een nadeel van het dunne raamfolie is dat het kwetsbaar is. Wanneer op het kozijn geplakt kan het raam niet geopend worden voor ventilatie. Het is wel de meeste economische oplossing. Ook voor matig verwarmde ruimtes (slaapkamer) zijn de kosten binnen een stookseizoen terugverdiend. Eenmaal met tweezijdig plakband op het raamhout of kozijn geplakt en strak gespannen met de haarföhn is het nauwelijks te zien.

Het thermische effect van **achterzetruiten** (binnen) is hetzelfde als **voorzetruiten** (buiten). De buiten voorzetramen worden meestal vastgezet met aluminium profielen. Deze kunnen in de kleur van het raamhout of kozijn geschilderd worden.

⁴ <https://reflectglasfilm.nl/raamfolies/isolerende-raamfolie> en <https://www.scalasol.com/nl/isolatie-folie/> Dit zijn plakfolies die op het glas geplakt worden, niet te verwarren met isolerende raamfolie die met een spouw op het raamhout of kozijn geplakt worden.

Om de opties te vergelijken is het **percentage** verbetering aangegeven, wat overeenkomt met de **bezuiniging aan warmte-energie over dat oppervlakte**.

- D. Achterzetruit aan de binnenkant van enkel glas of GiL. $R_g 0,17 + R_c 0,20 = R_c \mathbf{0,39}$ (+118%)
- E. Achterzetruit op het kozijn met enkel glas. Omdat de luchtsouw bij achterzet-ramen op het kozijn meestal groter is dan 40 mm zal de nieuwe isolatiewaarde dan ongeveer $R_g 0,17 + R_c 0,15 = R_c \mathbf{0,32} \text{ m}^2\cdot\text{K/W}$ zijn. (+90%)
- F. Achterzetruit op het raam bij het ouder (< 1985) luchtgevuld isolatieglas geeft $R_g 0,4 + R_c 0,20 = R_c \mathbf{0,6}$ overeenkomstig met HR+ glas. (+50%)
- G. Achterzetruit op het raam met HR glas levert $R_g 0,55 + R_c 0,20 = R_c = \mathbf{0,75}$ (+36%)
- H. Achterzetruit op het raam met HR⁺ glas levert $R_g 0,75 + R_c 0,20 = R_c = \mathbf{0,95}$ (+26%)
- I. Achterzetruit op het raam met HR⁺⁺ glas levert $R_g 0,85 + R_c 0,20 = R_c = \mathbf{1,05}$ (+23%)

Uit de bovenstaande lijst is duidelijk dat hoe beter de isolatiewaarde van de bestaande ruit is, hoe minder het extra isolerende effect heeft van de achterzetruit (of voorzetruit). De energiebesparing per oppervlakte-eenheid is daarmee dus ook minder.

Een iets goedkopere en iets meer isolerende oplossing is om i.p.v. 3 mm glas **2 mm Acrylaatplaten** ($R_c \approx 0,01$) toe te passen. Deze zijn weerbestendig en blijven > 30 jaar helder (met zachte spons en zeep schoonmaken; niet schuren met zand!). Dit is iets goedkoper via de glashandel dan glas, maar aanzienlijk goedkoper via Doe-het-zelf (€ 30/m²). Ze wegen de helft van glas. De isolatiewaarden en verbetering zijn dan vergelijkbaar met de glazen achterzetruiten hierboven. In de meeste situaties zijn bij verwarmde ruimtes (woonkamers) de kosten in 2-4 jaar terugverdiend, een beetje afhankelijk van het systeem en of de montage zelf wordt gedaan.

Het is mogelijk om zowel een voorzetruit (buiten) als binnen een achterzetruit toe te passen. Dit kan een optie zijn wanneer er buiten al een voorzetruit zit en er aan de binnenkant geen goede alternatieven zijn zoals de toepassing van een extra HR⁺⁺ ruit.

- J. Enkel glas met twee achterzetruiten 20 mm spouw $R_g 0,17 + 2*(R_c 0,2) = R_c \mathbf{0,47}$ (+235%)
- K. Twee achterzetramen op dubbel glas $R_g 0,37 + 2*(R_c 0,20) = R_c \mathbf{0,77}$ of HR⁺ (+108%)

Het is belangrijk om steeds voor de hoogste isolatiewaarde te gaan voor de meest verwarmde ruimtes. Dit betaalt zich snel terug in de lagere energiekosten.

Het plaatsen van het **relatief goedkope HR⁺⁺ glas (standaard bouwnorm)** als voorzet- of achterzetruit levert het beste energie rendement op met de laagste kosten, dus ook het beste financiële rendement. In de onderstaande lijst wordt gerekend met een redelijke kwaliteit HR⁺⁺ met $R_c = 0,9 \text{ m}^2\cdot\text{K/W}$, maar HR⁺⁺ met $R_c = 1,0 \text{ m}^2\cdot\text{K/W}$ is ook in de markt aanwezig. Deze hogere isolatiewaarde moet door de klant gespecificeerd worden anders plaatst de glazenier de goedkoopste minimum bouwnorm met $R_c = 0,833 \text{ m}^2\cdot\text{K/W}$ glas. U-waarde $1,2 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$

- L. HR⁺⁺ achterzetruit aan de binnenkant van een raam van enkel glas of GiL $R_g 0,17 + R_c 0,9 = R_c \mathbf{1,07}$ (+530%). De ruit moet aan de onderkant dragen en luchtdicht gemonteerd worden met glaslatten. Het bevestigen met (transparante) siliconenkit is een goede optie.
- M. HR⁺⁺ achterzetruit op het kozijn met (< 1985) luchtgevuld isolatieglas geeft $R_g 0,4 + R_c 0,9 = R_c \mathbf{1,3}$ (+225%). Ook hier is een luchtdichte montage belangrijk.
- N. HR⁺⁺ achterzetruit op een raam met HR glas levert $R_g 0,55 + R_c 0,9 = R_c = \mathbf{1,45}$ (+160%)

- O. HR⁺⁺ achterzetruit op een raam met HR⁺ glas levert $R_g 0,75 + R_c 0,90 = R_c = 1,65$ (+120%)
P. HR⁺⁺ achterzetruit op een raam met HR⁺⁺ glas levert $R_g 0,85 + R_c 0,90 = R_c = 1,75$ (+106%)

Deze twee laatste opties zijn **tweedubbel glas** en zijn vergelijkbaar met een eenvoudige triple glas ruit (van $R_c 1,7$ tot $2,0$), maar aanzienlijk goedkoper vanwege de hoge kosten van het triple glas. Bij het bestellen van triple glas moet de isolatiewaarde worden opgegeven anders levert de glazenier de minste kwaliteit van $R_c = 1,7$.

Figuur 4.

Bij een goede isolatie van het raam zal en bij vochtig koud weer condensatie op de buitenkant van het glas optreden, te vergelijken met condensatie op autoruiten.

*Foto van Triple glas
 $R_c = 2,0$*



Het plaatsen van triple glas achter een bestaande (HR⁺ of HR) ruit is niet aanbevolen vanwege de complexiteit en dikte van de constructie; in dat geval is het beter om de oude ruit te vervangen voor een goede kwaliteit triple glas of vacuümglas.

- Q. Vacuümglas (8,3 mm) achterzetruit aan de binnenkant van enkel glas of GiL. $R_g 0,17 + R_c 2,0 = R_c 2,17$ (+1175%). Dit kan een optie zijn bij monumenten waar het aanzicht van het gebouw van buiten niet mag veranderen en dus GiL niet vervangen of afgedekt mag worden.

Opgelet: Bij een (geïsoleerd) monument zal op niet geïsoleerde GiL veel condens optreden. Aan de onderkant van deze GiL-ramen is dan een gootje nodig met een waterafvoer naar buiten.

Bij GiL wordt soms overwogen om dit tussen twee nieuwe glasplaten te zetten. Dit is een vrij dure oplossing en verandert het aanzien van buiten omdat het dan een vlakke weerschijn heeft. De isolatiewaarde van een dergelijke constructie blijft laag ($R_c = 0,4$), tenzij gespecificeerd wordt dat op de binnenzijde van de binnenste ruit een warmte reflecterende Low-E coating komt. Zonder specificatie van de klant zal de glazenier dat niet vanzelf doen of aanbieden. Met een Low-E coating kan de isolatiewaarde $R_c = 0,6$ worden.

Bij het plaatsen van HR⁺⁺ of Vacuümglas achterzetruiten bij monumentaal GiL dienen deze ruiten volledig gasdicht op de dampdichte muur aan te sluiten om dampdoorgang naar het GiL te verhinderen. Openzetbare isolerende achterzet binnenramen zijn dan geen optimale oplossing wanneer ze niet goed (dampdicht) afsluiten.

Wat levert de na-isolatie van de 2,5 m² voorzetruiten op?

Deze berekening is afhankelijk van de binnen- en buitentemperatuur en de energiekosten. Wanneer er met m³ gas wordt verwarmd dan is dat enigszins vergelijkbaar met directe elektrische verwarming in kWh omdat de prijzen aan elkaar gekoppeld zijn. Wanneer er met een warmtepomp verwarmd wordt dan is het kostenniveau per warmteeenheid veel lager dan met gasverwarming en afhankelijk van de geleverde COP (Coëfficiënt of Performance).

De berekening is gebaseerd op het aantal graaddagen dat weer gebaseerd is op de gemiddelde binnentemperatuur van 18°C en de buitentemperatuur. Die buitentemperatuur verschilt voor elk gebied in Nederland en wordt per jaar uitgerekend door de KNMI.

De **gemiddelde** binnentemperatuur⁵ wordt gesteld op 18°C. Elke graad lager levert veel energiewinst op van 6% - 7% bij een matig geïsoleerde gemiddelde woning (energielabel C). Let wel dit zijn allemaal gemiddelden. Bij een gemiddelde binnentemperatuur⁶ van 17°C is de energiebezuiniging ongeveer 12% - 14%. Voor de slaapvertrekken waar de gemiddelde temperatuur lager is dan de woonkamers kan dan een lager aantal graaddagen berekend worden.

Op de website https://www.mindergas.nl/degree_days_calculation kan het aantal gemiddelde **gewogen graaddagen** berekend worden door de stookgrens en binnentemperatuur lager te stellen. Per één graad verschil in de gemiddelde temperatuur scheelt het ongeveer 12% graaddagen en daarmee dus ook energie. Voor een onverwarmde slaapkamer⁷ kan het gemiddelde verschil 3°C bedragen met 33% energieverschil.

24 is het aantal uren per graaddag. Het getal 9780 is de omrekenfactor in energiewaarden van gas.

Bij een enkel glas ruit met Rc 0,17 is het warmteverlies⁸ $1/0,17 \times 24 \times 2600/9780 = 37,5$ m³ gas per m² en per stookjaar {gesimplificeerd $1/Rc \times 6,4$ }.

Bij gezamenlijk ruitoppervlakte van 6 m² wordt het warmteverlies dan 225 m³ gas of ongeveer € 337/jaar bij een gesubsidieerde gasprijs van slechts € 1,50/m³.

Bij het opwaarderen van de ruiten naar HR⁺⁺ met Rc = 0,85

Het warmteverlies bij na-isolatie is dan $1/0,85 \times 24 \times 2600/9780 = 7,5$ m³ gas per m² glasoppervlak per jaar. Het levert dus $37,5 - 7,5 = 30$ m³ gas per m² glasoppervlak per jaar op of € 45/m².

De kostprijs van een m² ruitverbetering wordt gedeeld door die € 45/m² om het aantal jaren uit te rekenen waarbinnen het is terugverdiend op de energie rekening.

⁵ Hoge thermostaatstand 20°C en lage stand 16°C maakt gemiddeld 18°C.

⁶ Hoge thermostaatstand 19°C en lage stand 15°C maakt gemiddeld 17°C.

⁷ Bij een gewoon houten plafond in de woonkamer zal de vloer van de slaapkamer behoorlijk verwarmen, waarbij de temperatuur in de slaapkamer zelden onder de 15°C uitkomt. In feite heeft die slaapkamer dan 'vloerverwarming'. Het gaat hier dus om de werkelijke gemiddelde temperatuur.

⁸ Het aantal gewogen graaddagen is gesteld op 2800, bij een gemiddelde binnen temperatuur van 18°C. De gemiddelde temperatuur is wat lager genomen waarom het aantal graaddagen 2600 is genomen.