

Voorbeeld van de Berekening van de Terugverdientijd van een Isolatiemaatregel



Berekening van de terugverdientijd van een isolatiemaatregel.

Veel woningeigenaren willen weten in hoeveel tijd een bepaalde isolatiemaatregel is terugverdiend op de energierekening. Daarbij zijn verschillende overwegingen belangrijk.

- A. De verbetering van het comfort kan niet goed financieel worden uitgerekend. Veel mensen nemen een isolatiemaatregel vanwege het betere comfort (bijvoorbeeld vloerisolatie). Voor een nieuwe keuken wordt vaak alleen naar de stijl of representatie gekeken.
- B. De meerwaarde van de woning. Een goede energiemaatregel zal een beter energielabel opleveren en daarmee ook een hogere waarde van de woning betekenen¹. Echter, die meerwaarde kan pas worden opgenomen bij verkoop of voor verhoging van de hypotheek.
- C. De lagere maandelijkse energiekosten. Een beter geïsoleerd onderdeel van de woning zal voor dat deel minder warmte verliezen. De hoeveelheid is afhankelijk van de grootte van dat oppervlak en de gemiddelde binnentemperatuur van die ruimte. Die bespaarde kosten zijn ook afhankelijk van de energiebron: elektriciteit, gas, kolen, brandhout, etc.
- D. De milieukosten in termen van CO₂ - en fijnstof-uitstoot. De berekening gaat uit van de kosten van het aardgas. Elektriciteit is nog steeds voor een deel uit aardgas geproduceerd. De energiekosten per kWh van elektriciteit, aardgas en warmtenetten zijn daarom aan elkaar gekoppeld. Al deze energiebronnen hebben een CO₂ uitstoot vanwege de verbranding. De CO₂-uitstoot is in 2022 euro 75/ton. Dat ligt onder de werkelijke milieukosten. Houtstook is erg inefficiënt met een hoge CO₂-en fijnstof-uitstoot en daarom sterk milieuvervuilend².
- E. De beschikbare fondsen. Bij veel isolatiemaatregelen is de terugverdientijd minder dan 10 jaar hetgeen een rente op kapitaal betekend van ongeveer 10%, wat veel hoger is dan de marktrente of hypotheekrente³ en dus een goede investering.
- F. De hoeveelheid zelfwerkzaamheid. DHZ kost ongeveer de helft van een aannemer.
- G. De energiebesparing is een benadering. Het standaardsommetje is slechts een benadering die afhankelijk is van verschillende factoren:
 - a. De **gemiddelde** binnentemperatuur⁴ 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 binnentemperatuur⁵ van 17°C is de energiebezuiniging ongeveer 12% - 14%
 - b. Een woning die veel **zonne-instraling** heeft zal met de zonneschijn beter opwarmen⁶. Een woning die zelden zon krijgt heeft dan ook minder natuurlijke opwarming.
 - c. Het gemiddelde is gebaseerd op een **matig geventileerde** woning (met balansventilatie met WTW). Een woning met een mechanische ventilatie die altijd aanstaat (type C4a = VST3 en C4c = VST4, natuurlijke toevoer en mechanische afvoer) is minder zuinig. In deze situatie zal eerst gekeken moeten worden naar (balans)ventilatie met warmteterugwinning (WTW).

¹ Dat was voor 2020 nauwelijks het geval. Makelaars verkochten de woning zonder energielabel, maar met de steeds hoger wordende energieprijzen wordt het energielabel steeds meer interessant om de kosten van de bewoning laag te houden. Een slecht geïsoleerde woning heeft hoge maandelijkse energiekosten.

² Een uitzondering zijn goed gestookte pellet-kachels die uitsluitend gedroogde pellets van industrieel afvalhout verbranden. Door de goede beluchting is de efficiëntie van deze kachels hoog.

³ Sommige banken en gemeenten geven een verhoging van de hypotheek of leningen tegen een kleiner percentage dan de energie efficiëntie, waarmee energiemaatregelen gefinancierd kunnen worden.

⁴ Hoge thermostaatstand 20°C en lage stand 16°C maakt gemiddeld 18°C.

⁵ Hoge thermostaatstand 19°C en lage stand 15°C maakt gemiddeld 17°C.

⁶ Ter voorkoming van oververhitting in de zomer is zonwering aan de buitenzijde noodzakelijk.



- d. De economische kosten zijn gebaseerd op **prognoses over de energiekosten**. In 2022 zijn die sterk opgelopen, maar in de toekomst kunnen ook de werkelijke milieukosten beter doorberekend gaan worden. Het ligt in de verwachting dat de prijzen niet gaan dalen.
- e. Het **aantal bewoners** (verwarmde kamers) dat aanwezig is in de woning.

Berekening: $(U \text{ in } W/m^2.K) \times 24 \text{ uur} \times \text{graaddagen}^7 / (\text{energiewaarde gas}) = m^3 \text{ gas per } m^2 \text{ oppervlakte.}$

De U-waarde is de Uitgangswaarde of warmtestroom die voor ruiten wordt opgegeven. De Rc-waarde is $1/U$ en is de warmteweerstand (Resistentie) van een constructie die wordt opgegeven of uitgerekend. Bij een isolatiemaatregel moet die Rc dus vóór en ná de isolatiemaatregel bekend zijn.

De gewogen graaddagen voor Nederland is 2800, maar verschilt per regio⁸ en wordt jaarlijks iets minder. Omdat de graaddagen gelden voor een gemiddelde binnentemperatuur van 18°C (tussen de 20°C 's namiddag en 's avonds en $\approx 16^\circ\text{C}$'s nachts en 's ochtends), kan dat getal verlaagd worden wanneer de gemiddelde kamertemperatuur 17°C is (tussen 19°C en 15°C).

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 energie. Voor een onverwarmde slaapkamer⁹ kan het gemiddelde verschil 3°C bedragen met 33% energieverval.

De energiewaarde van het aardgas is 31,65 MJ/m³. Aardgas komt overeen met 10,225 kWh/m³ elektra en de omrekenfactor 9780.

Graaddagentabel per gemiddelde woonkamer temperatuur.

Locatie in Nederland	Middag-/avondstand en nacht-/ochtendstand van de thermostaat	Stookgrens en etmaal gemiddelde	Gewogen graaddagen
De Bilt	22°C en 18°C	20°C	3183
De Bilt	21°C en 17°C	19°C	2852
De Bilt	20°C en 16°C	18°C	2531
De Bilt	19°C en 15°C	17°C	2231
De Bilt	18°C en 14°C	16°C	1956
De Bilt	15°C en 13°C bijvoorbeeld slaapkamers	14°C	1466
Vlissingen	21°C en 19°C	20°C	2875

Per locatie zullen de graaddagen verschillen. De bovenste waarden zijn van een zachte winter. Het Nederlandse gemiddelde ligt op de 2800 gewogen graaddagen voor De Bilt.

⁷ Zie https://www.mindergas.nl/degree_days/explanation In een etmaal waarin de gemiddelde buitentemperatuur hoger is dan de gemiddelde binnentemperatuur wordt geen gas verbruikt. Ligt de buitentemperatuur lager, dan wordt er gestookt en worden er graaddagen geteld. De etmaalgemiddelde buitentemperatuur van een koudere dag wordt afgetrokken van de etmaalgemiddelde binnentemperatuur van 18 °C. Als het op een dag buiten gemiddeld 10°C was, wordt dat 18 - 10 = 8 graaddagen. Was de gemiddelde buitentemperatuur over 24 uur hoger dan 18 graden, dan betekent dat 0 graaddagen.

⁸ Zie ook: <http://www.olino.org/blog/nl/articles/2009/12/14/het-rekenen-met-graaddagen/> en de website https://www.mindergas.nl/degree_days/calculator om het aantal graaddagen beter te bepalen.

⁹ 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.

Wat levert de na-isolatie van een 3 m² buitenmuur op?

Bij een bestaande isolatiewaarde van een na-geïsoleerde spouwmuur met $R_c = 1,7$ is het:

(1) Warmteverlies $1/1,7 \times 24 \times 2800/9780 = 3,9$ m³ gas per m² muur/jr. **Of $1/R_c \times 6,5$ of $U \times 6,5$.**

Bij het opwaarderen van $R_c = 1,1$ naar $R_c = 4,7$ (normwaarde buitenmuur) is het warmteverlies nog maar $1/4,7 \times 24 \times 2800/9780 = 1,46$ m³ gas per m² muur/jr.

Het levert dus $3,9 - 1,46 = 2,44$ m³ gas per m² muur per jaar op.

Dezelfde isolatieverbetering als boven, maar voor een lager aantal graaddagen van 2532 (seizoen augustus 2021 tot augustus 2022).

(2) Warmteverlies $1/1,7 \times 24 \times 2532/9780 = 3,65$ m³ gas per m² muur/jr. **Of $1/R_c \times 6,2$ of $U \times 6,2$.**

Bij het opwaarderen van $R_c = 1,1$ naar $R_c = 4,7$ (normwaarde buitenmuur) is het warmteverlies nog maar $1/4,7 \times 24 \times 2532/9780 = 1,32$ m³ gas per m² muur/jr.

Het levert dus $3,65 - 1,32 = 2,33$ m³ gas per m² muur per jaar op.

Bij een gasprijs van **3 euro/m³** bezuinigt optie (1) die muurisolatie dan $2,44 \times 3 =$ **euro 7,32/jaar.**¹⁰

Bij een geschatte Doe Het Zelf isolatieprijs van euro **40/m²** is dan de terugverdientijd $40/7,32 =$ zo' n **5,5 jaar** of een rendement van $\approx 20\%$. Bij een aannemersprijs van euro **100/m²** is dan de geschatte terugverdientijd zo'n **13,5 jaar** (rendement $\approx 7\%$). In de realiteit zal deze geschatte terugverdientijd meer in de orde van (10 jaar liggen met de oplopende prijzen en inflatie (rendement $\approx 10\%$).

Bij optie (2) en gasprijs van euro **3/m³** bezuinigt deze $2,33 \times 3 =$ **euro 7/jaar.**

Bij euro 40/m² kostprijs is de terugverdientijd op de energie kosten $40/7 =$ **5,7 jaar.**

Bij aannemerskosten $100/7 =$ **14,3 jaar** of een rendement van ongeveer 7% tot 8% op investering.

Wanneer de 3m² muuroppervlakte zich in een niet verwarmde slaapkamer bevindt zal het economische rendement dalen omdat de gemiddelde temperatuur lager is. In de meeste slaapkamers komt de temperatuur niet onder de 12°C omdat deze van onderen door het warmteverlies van de woonkamer worden verwarmd. Gesteld kan worden dat de gemiddelde slaapkamer temperatuur dan rond de 14°C ligt. Dat komt neer op 1465 gewogen graaddagen.

(3) Warmteverlies $1/1,7 \times 24 \times 1465/9780 = 2,11$ m³ gas per m² muur/jr. **Of $1/R_c \times 3,6$ of $U \times 3,6$.**

Bij niet extra verwarmde slaapkamers is het energieverlies dus ongeveer de helft van de verwarmde woonkamers.

Bij het opwaarderen van $R_c = 1,1$ naar $R_c = 4,7$ (normwaarde buitenmuur) is het warmteverlies nog maar $1/4,7 \times 24 \times 1465/9780 = 0,76$ m³ gas per m² muur/jr.

Het levert dus $2,11 - 0,76 = 1,35$ m³ gas per m² muur per jaar op.

Bij een warmteverlies van de helft, wordt de terugverdientijd dan ook dubbel zo lang.

De keuze om het wel of niet te doen hangt hier dus sterk af van het comfort en de meerwaarde van de woning, en een kleinere warmtepomp als die in de toekomst moet worden aangeschaft.

¹⁰ De cijfers in rood zijn waarden van medio 2022. Bij andere gasprijzen of Doe Het Zelf prijzen of aannemersprijzen zullen de terugverdientijden op de energierekening veranderen. De woningeigenaar zou dus een schatting moeten maken van de verandering van de energieprijzen voor de toekomst. De materiaal en aannemersprijzen zullen de energietarieven echter enigszins volgen.

Wat levert het vervangen van oud dubbel glas naar HR⁺⁺ of triple glas op?¹¹

(4) Oud dubbel glas: $(U=1,5) \times 24 \times 2800/9780 = 10,3 \text{ m}^3 \text{ gas per m}^2 \text{ raamoppervlakte/jr.}$
 Goed HR⁺⁺: $(U=1,1) \times 24 \times 2800/9780 = 7,56 \text{ m}^3 \text{ gas per m}^2 \text{ raamoppervlakte/jr.}$ Verschil $2,74 \text{ m}^3/\text{jr.}$
 Triple glas: $1/(Rc=2) \times 24 \times 2800/9780 = 3,45 \text{ m}^3 \text{ gas per m}^2 \text{ raamoppervlakte/jr.}$ Verschil $6,85 \text{ m}^3/\text{jr.}$
 Uit de bovenstaande berekening kost triple glas $1/3^{\text{de}}$ van de hoeveelheid energie in vergelijking met HR⁺⁺ glas. Wanneer het triple glas minder dan twee keer kost dan HR⁺⁺, is het triple glas voordeliger en is het tegelijkertijd een hogere meerwaarde voor de woning dan HR⁺⁺.

Bij een warmere winter kan het aantal gewogen graaddagen dalen tot 2500.

(5) Oud dubbel glas: $(U = 1,5) \times 24 \times 2500/9780 = 9,2 \text{ m}^3 \text{ gas per m}^2 \text{ raamoppervlakte/jr.}$
 Goed HR⁺⁺: $(U = 1,1) \times 24 \times 2500/9780 = 6,75 \text{ m}^3 \text{ gas per m}^2 \text{ raamoppervlakte/jr.}$ Verschil $2,44 \text{ m}^3/\text{jr.}$
 Triple glas: $1/(Rc = 2) \times 24 \times 2500/9780 = 3,05 \text{ m}^3 \text{ gas per m}^2 \text{ raamoppervlakte/jr.}$ Verschil $6,15 \text{ m}^3/\text{jr.}$

De verhoudingen tussen de isolatiewaarden en energie-bezuinigen blijven hetzelfde.

Besluitvorming gaat dus ook over comfort en de woningwaarde.

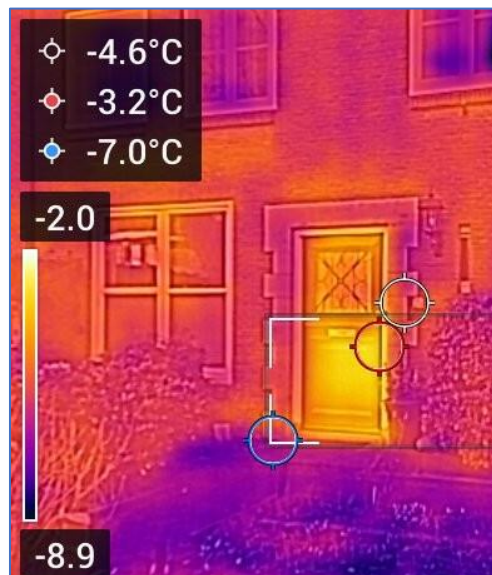
Voorbeeld van tochtportaal isolatie.

Figuur 1. IR warmtescan in de winter.

Zie temperatuurschaal.

Het onderpaneel van de voordeur is de grootste warmteverliespost.

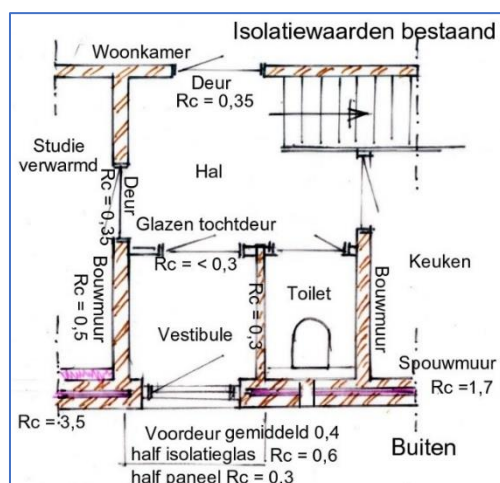
De hele vestibule is warm vanwege de glazen tochtdeur.



Figuur 2. De gevel is reeds na-geïsoleerd tot $Rc \approx 1,7$

De studiekamer links is verwarmd en heeft triple glas ($Rc \approx 1,5$) en binnenzijdige muurisolatie $Rc \approx 3,5$

De isolatiewaarde van een afgesloten ruimte zoals een vestibule, tochtportaal of hal wordt gesteld op $Rc \approx 0,2$ zijnde gelijk aan een brede luchtspouw.



¹¹ Voor meer informatie over de isolatiewaarden van glas, dubbel en triple glas en voor- of achterzetramen zie het document "101-Soorten-Glas" op www.nienhuys.info

Warmteverlies uit de verwarmde woon/studie kamers gebeurt in de bovenstaande situatie via drie routes die elk ingeschat kunnen worden:

1. Vanuit studie via bakstenen bouwmuur ($R_c = 0,5$), tochtportaal luchtsponw ($R_c = 0,2$) en voordeur gemiddelde ($R_c = 0,4$) met totaal $R_c = 1,1$. **Het isoleren van het stukje de bouwmuur in de vestibule is hier relevant.**
2. Vanuit studie via de kamerdeur ($R_c = 0,35$), hal luchtsponw ($R_c = 0,2$), glazen tochtdeur ($R_c = 0,3$), tochtportaal luchtsponw ($R_c = 0,2$) en voordeur ($R_c = 0,4$) met totaal $R_c = 1,45$. Het isoleren van de studie/gangdeur is ongewenst, maar **het isoleren van de glazen tochtdeur en de voordeur is relevant.**
3. Vanuit woonkamer met open deur naar de hal luchtsponw ($R_c = 0,2$), glazen tochtdeur ($R_c = 0,3$), vestibule luchtsponw ($R_c = 0,2$) en voordeur gemiddeld ($R_c = 0,4$) met totaal $R_c = 1,1$. Het dichthouden van de woonkamerdeur is hier erg relevant, maar dan wordt de bovenetage minder verwarmd. **Het isoleren van de glazen tochtdeur en het isoleren van de voordeur is relevant.**
4. De keuken heeft een enkel glas buitendeur ($R_c = 0,2$) en een binnenzijdige Polycarbonaat deur ($R_c = 0,3$) samen $R_c = 0,5$. **Het dichthouden van de deur tussen de keuken en de hal en het beter isoleren van de keuken buitendeur is ook relevant.**

In principe is elke isolatiemaatregel relevant, maar de kosten of de hoeveelheid werk eveneens. De volgende berekeningen geven aan wat het energetisch (en dus financieel) oplevert. Hieruit blijkt dat een muur beter isoleren niet goedkoper is per m^2 dan een voorzet- of achterzetruit maar dat levert wel een veel hogere isolatiewaarde op dan een ruit extra isoleren.

Wat levert de na-isolatie van de $2,5 m^2$ vestibulemuur op?

Bij een R_c van 1,1 is het warmteverlies¹² $1/1,1 \times 24 \times 2600/9780 = 5,8 m^3$ gas per m^2 . $\{1/R_c \times 6,4\}$.

Bij het opwaarderen van de bouwmuur (isolatie $R_c = 0,5$) met $R_c = 3,1$ (multi-folie 3,5 cm)¹³ wordt de isolatiewaarde inclusief de luchtsponw vestibule ($R_c = 0,2$) en voordeur ($R_c = 0,4$) geeft $R_c \approx 4,2$.

Het warmteverlies is na isolatie nog $1/4,2 \times 24 \times 2600/9780 = 1,52 m^3$ gas per m^2 per jaar. Het levert dus $5,8 - 1,52 = 4,28 m^3$ gas per m^2 per jaar op.

Bij een gasprijs van **3 euro/ m^3** levert dat dus **euro 12,84/ m^3** aardgas op. Bij een geschatte Doe Het Zelf isolatieprijs¹⁴ van **euro 40/ m^2** is dan de **terugverdientijd 3 jaar**. Rendement > 30%.

Ook wanneer de gasprijs lager is en de kosten van het aanbrengen hoger blijft het rendabel.

¹² Het aantal gewogen graaddagen is gesteld op 2800, bij een gemiddelde binnen temperatuur van $18^\circ C$. De feitelijke gemiddelde temperatuur van de studie is $\approx 17^\circ C$, vandaar de lagere waarde van 2700.

¹³ De multi-folie wordt hier toegepast met een netto dikte van 35 mm in een spouw van 40 mm. De door de leverancier opgegeven isolatiewaarde van de folie is hoger, maar dat is inclusief luchtsponw naast de HRF.

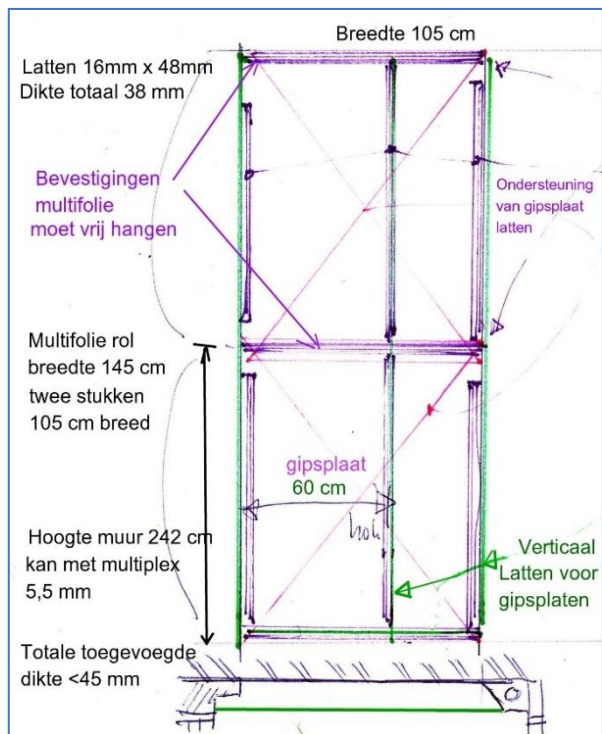
¹⁴ Omdat het hier een binnenmuur betreft wordt er in dit geval geen Bluedec op de latten bevestigd ter voorkoming van lange warmtelekken. Dit maakt het werk iets eenvoudiger en verlaagt de kosten. Ook wordt in deze opstelling de toegevoegde dikte op de bouwmuur maximaal 5 cm.

Figuur 3. Opbouw binnenmuur isolatie:

- Latten 5 x 1,5 cm op muur met pluggen.
- Multifolie in twee stukken op de latten nieten.
- Gipsplaat ondersteunende latten 5 x 1,5 cm.
- Dikte pakket max. 4 cm (2 X lat + multifolie).
- Plafond gipsplaat 0,95 cm. $R_c = 0,07$.
- Naden gipsplaat dichten/uitvlakken.
- Monteren plint 5 x 1,5 cm of tegelstrips.
- Primer op gipsplaat.
- Structuurverf muur, wit RAL 9010.
- Schilderen plint RAL 9010.
- R_c muurdeel > 3,5 m².K/W.
- Kosten materiaal ≈ euro 40/m².

Doe Het Zelf in ongeveer drie tot vier dagen.

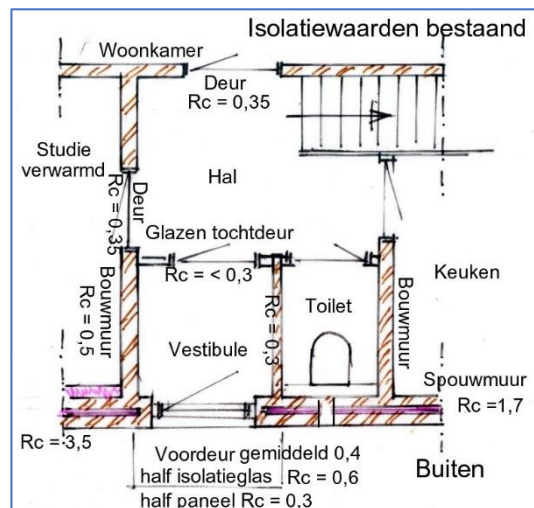
Wanneer er een enkele plaat multiplex 5 mm wordt gebruikt zijn de verticale middenlatten niet nodig.



Wat levert de na-isolatie van de 1 m² vestibule tochtdeur met één Acrylaat plaat op?¹⁵

Figuur 4.

- Vanuit woonkamer met open deur naar de hallucht ($R_c = 0,2$), glazen tochtdeur ($R_c = 0,3$), vestibulelucht ($R_c = 0,2$) en voordeur ($R_c = 0,4$) met totaal $R_c = 1,1$ dus erg weinig isolatie.
- Vanuit woonkamer met gesloten deur ($R_c = 0,35$) naar de hallucht ($R_c = 0,2$), glazen tochtdeur ($R_c = 0,3$), vestibulelucht ($R_c = 0,2$) en voordeur ($R_c = 0,4$) met totaal $R_c = 1,45$ dus ook weinig isolatie.



Optie A.

Bij een R_c van 1,1 is het warmteverlies¹⁶ $1/1,1 \times 24 \times 2600/9780 = 5,8$ m³ gas per m². $\{1/R_c \times 6,4\}$.

Bij het plaatsen van een enkele acrylplaat met 2 cm luchtspouw wordt de nieuwe $R_c = 1,3$.

¹⁵ Overeenkomstig het documentje: 'Keukendeur achterzetraam maken' op website www.nienhuys.info.

¹⁶ Het aantal gewogen graaddagen is gesteld op 2800, bij een gemiddelde binnen temperatuur van 18°C. De feitelijke gemiddelde temperatuur van de studie is ≈17°C, vandaar de lagere waarde van 2700.

Het warmteverlies is na isolatie nog $1/1,3 \times 24 \times 2600/9780 = 4,9 \text{ m}^3$ gas per m^2 per jaar. Het levert dus $5,8 - 4,9 = 0,9 \text{ m}^3$ gas per m^2 per jaar op. Het oppervlak van de acrylplaat is $\approx 1 \text{ m}^2$.

Bij een gasprijs van **3 euro/m³** levert dat dus bijna **euro 3** op.

Acrylplaat 75 cm x 130 cm -> bouwmarkt beschikbaar¹⁷ in afmeting 100 cm x 160 cm voor **euro 46**, plus latjes en schilderwerk samen **euro ≈ 90** .

Bij een geschatte Doe Het Zelf isolatieprijs van **euro 90/m²** is dan de **terugverdientijd 30 jaar**.

Rendement 3%. Niet geweldig, nauwelijks de moeite waard.

Optie A. De toepassing van Tesa MOLL raam/kozijn isolatiefolie geeft dezelfde isolatie, maar de kosten zijn ongeveer euro 6. In dat geval is de terugverdientijd slechts 2 jaar, maar het is kwetsbaar. Optie A, met twee acrylaatplaten maakt het tweemaal zo duur, dus ook niet meer rendement.

Optie B, het gesloten houden van de kamerdeur geeft geen kosten en dus het **beste rendement**.



Figuren 5. Links: Fase 1. Verwijderen plint, aanbrengen randregels 16 mm x 48 mm op de muur. De hoogte van de middelste regel op breedte van multi-foliedeken.

Midden: Fase 2. Snij multi-folie deken op maat en zet vast met nietmachine. Snij de bovenste deken af zodat deze de onderste overlapt. Ter plaatse van de overlap knip een hoekje uit waar de tweede regel 16 mm x 48 mm wordt vastgeschroefd. De dikte van de twee latten met folie ertussen geklemd is ongeveer 38 mm. De multi-folie deken hangt vrij en is dus over het grootste gedeelte van het oppervlak niet samengedrukt.

Rechts: Fase 3. Afwerking met 5 mm multiplex, grondverf, kwart rond latje aan het plafond, tegelplint en afschilderen met structuurverf.

¹⁷ Het probleem van deze optie is dat er veel materiaalverlies is bij het pasmaken van de Acrylplaat. Bij weinig verlies van randstroken zal de economie beter worden.