

Zolder- en/of Dakisolatie

Schuine, platte daken en dakkapellen

Voorbeelden en opties



Abstract: Het warmteverlies van een woning gaat voor een groot gedeelte via het dak. Schuine daken of platte daken vereisen verschillende isolatiemaatregelen. Isoleren aan de binnenkant is anders dan aan de buitenkant. Dakkapellen van vroeger zijn vaak erg slecht geïsoleerd. Jaren '30 woningen hebben vaak niet geïsoleerde dak-overstekken. Wanneer een zolder gebruikt gaat worden als kantoor is het belangrijk om eerst de juiste isolatiemaatregelen te nemen en daarna pas de verwarming of airco installatie te verbeteren. Een vloer van een vliering isoleren is goedkoper dan het puntdak. Zelf na-isoleren kost meestal de helft van het werk van een aannemer. Subsidie voor 1 maatregel is beperkt.

Inhoud

1. Constant warmteverlies	3
2. Verschil in isolatie en gebruik van de zolder.	4
5. Offerte en uitvoering	9
6. Zolderetage in gebruik.....	11
7. Locatie van isolatie.	12
8. Vieringisolatie.	13
9. Damp-remmende folie aan de warme kant.	14
12. CV-leidingen	18
13. Zijkanten dakkapel.....	18
14. Het Mansardedak	19
<u>15. Van binnen of buiten isoleren of buiten op een nieuw dak.....</u>	<u>20</u>
16. Verschil in dak hoogtes.....	24
17. Plat dak isoleren	24
18. Voor- en nadelen binnen- of buitenzijdig isoleren.....	26
19. Sedumdak of groendak.....	27
20. Welke isolatiewaarde toevoegen?.....	28

Toelichting op de Tabel aan het einde.

Afhankelijk van het gebruik van de ruimtes onder het dak, de reeds aanwezige isolatie en of de woningeigenaar de isolatie zelf kan aanbrengen, kan bepaald worden in hoeverre extra isolatie nuttig is of energetisch rendabel.

De gewenste temperatuur van de ruimtes onder het dak zijn in grote mate bepalend voor de berekening van het gasverbruik. Het aantal jaarlijkse **Graaddagen¹** wordt gebruikt voor de berekening van het warmteverlies². De gasprijs (**€ 3/m³ gas**) en isolatiekosten en subsidies bepalen slechts het economisch rendement. Met milieu rendement of de mate van comfort zijn anders.

Wanneer een zolder in een later stadium gebruikt gaat worden als woon- of kantoorruimte is het verstandig om in één keer goede isolatie en ventilatie aan te brengen in plaats van in twee fasen.

Een goed geïsoleerde zolder wordt in de zomer minder warm als de zon op het dak staat, zodat er minder koeling nodig is wanneer deze plek als kantoorruimte wordt gebruikt. Investeren in goede isolatie is duurzamer dan investeren in apparatuur zoals een airco.

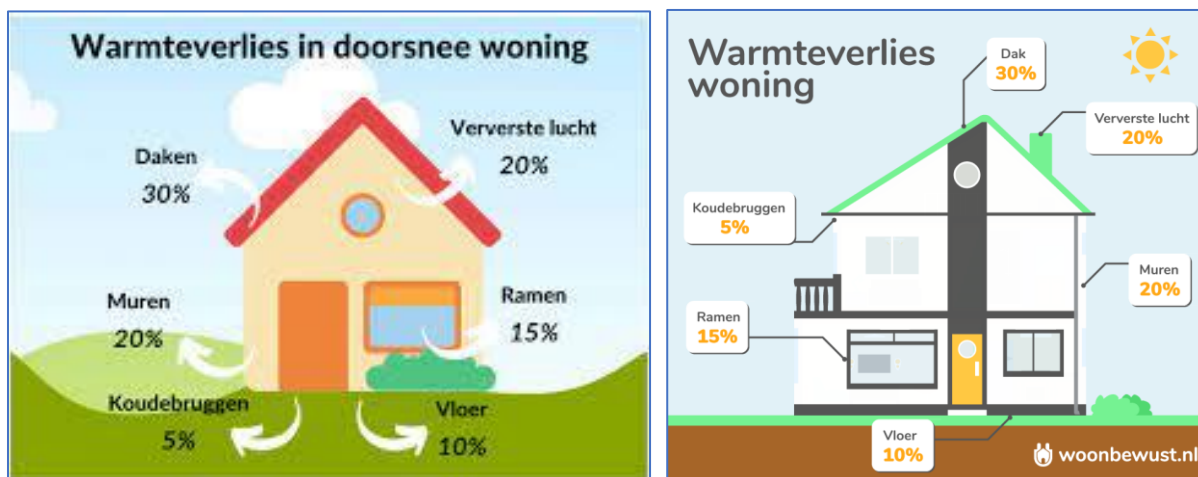
¹ Zie https://www.mindergas.nl/degree_days_calculation Het gemiddelde over de laatste 20 jaar ligt hoger.

² Warmteverlies Q = oppervlakte x U-waarde x 24uur x Graaddagen = Wh in een jaar per m² oppervlak

1. Constant warmteverlies

Warmteverlies gebeurt hoofdzakelijk door 4 mechanismen.

1. Straling is verantwoordelijk voor het merendeel met **60% – 70%**. Warmtestraling wordt bij isolatieruiten gedeeltelijk tegengehouden door een Low-E coating ertussen. De infraroodcamera met opname van binnen of buiten geeft dit stralingsverlies aan (15%-20%).
2. Contact tussen bouwmaterialen en de grond ($\approx 5\%$).
3. Convectorie (luchtstroming, overdracht aan de lucht) $\approx 20\% - 25\%$.
4. Bij mechanische ventilatie zonder WTW is er constant warmteverlies in de winter. 15% - 25%



Figuren 1. Warmteverlies bij een matig-geïsoleerde vrijstaande woning in percentages uitgedrukt. Bij de toepassing van een balansventilatie met WTW, vermindert het warmteverlies door de ventilatie tot maximaal 5%. Koudebruggen zitten hoofdzakelijk in de fundering en zijn feitelijk **warmtebruggen of warmtelekken**.

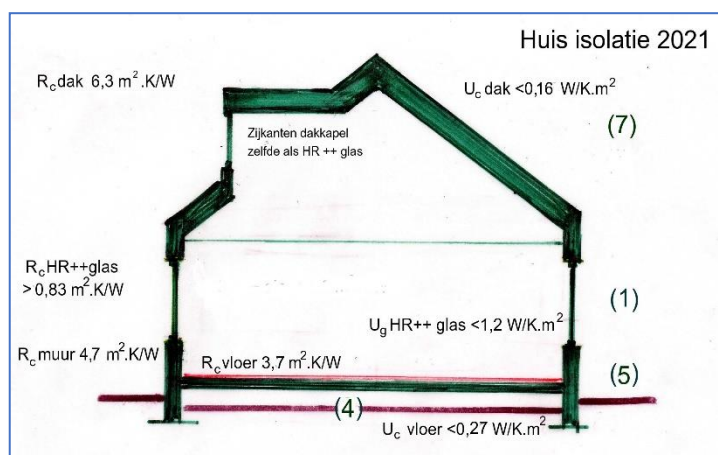
De werkelijke waarden variëren sterk met de hoeveelheid ventilatie (WTW), glasoppervlak en of de vertrekken wel-dan-niet verwarmd zijn. Voor tussenwoningen liggen de warmteverliezen weer heel anders dan bij vrijstaande woningen, maar het dak is bij tussenwoningen wel erg relevant.

Omdat het warmteverlies constant plaatsvindt wanneer er een temperatuurverschil tussen binnen en buiten bestaat, is het belangrijk dat de woning geïsoleerd wordt om dat verlies te beperken. Sinds de oliecrisis in de jaren 1970 werden de nieuwbouwnormen voor woningisolatie steeds beter. De isolatie werd het dikste waar de meeste warmte verloren gaat (dak) en de bouwkosten niet te hoog zijn.

HUIDIGE NORM isolatie

Minimum nieuwbouwnormen 2021 met R_c waarden (isolatiewaarden).
 Begane grond vloer. $R_c = 3,7 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$
 Buitenmuren $R_c = 4,7 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$
 Dakconstructie $R_c = 6,3 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$

Ramen, deuren, panelen, dakkapel/-glas, kozijnen $R_c > 0,83 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$. ($U_g = < 1,2 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$). $R_{glas} = 1/U_{glas}$



Wanneer een grote verbouwing is gepland, is het verstandig om de nieuwbouwnorm of de hoogste streefwaarden voor isolatie te halen, daarmee krijgt de woning een meerwaarde.

De TVT (terugverdientijd) en het rendement.

Dit zijn twee verschillende zaken. De TVT of het 'economisch rendement' kan worden berekend op basis van temperatuurverschillen en de kostprijs van de verwarming (energiekosten, onderhoud, aansluitingskosten en afschrijving). Deze verwarmingskosten veranderen met de belastingen en de inzichten/maatregelen over de klimaatopwarming. In de TVT wordt zelden de meerwaarde van de woning meegerekend, maar wanneer de woning verkocht wordt, levert een betere isolatie ook geld op. In dat geval hangt de TVT sterk af van het verkoopmoment van de woning.

Het rendement is bijna altijd positief, want bij een betere isolatie vermindert de CO₂-uitstoot van de energie en krijgt de woning een meerwaarde. Momenteel worden de milieukosten niet voldoende in de energieprijzen verrekend vanwege politieke overwegingen. De algemene kosten van de klimaatverandering worden momenteel op toekomstige generaties afgewenteld, zoals het maken van hogere dijken of verhuizen naar hogere gebieden.

Verder kan ook het betere comfort als een rendementsfactor gerekend worden, dit is echter moeilijk in financiën te kwantificeren.

De streefwaarde is de optimale waarde voor **passief-huis**, nul-op-de-meter en duurzaam wonen volgens het Nederlandse Klimaatakkoord 2019³.

Begane grond vloer. $R_c = 3,7 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ en de keldermuren

Buitenmuren $R_c = 6,0 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$

Panelen in de gevel $R_c > 0,71 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$. ($U_g = < 1,4 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$)

Dakconstructie $R_c = 8 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$

Ramen, deuren, dakkapel/-glas, kozijnen $R_c > 1,0 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$. ($U_g = < 1,0 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$)

Voordeur $R_c > 0,71 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$.

De ramen hebben nog steeds een erg lage isolatiewaarde omdat het verbeteren relatief hoge kosten per m² met zich meebrengt terwijl de toegevoegde isolatiewaarde met HR⁺⁺ ruiten beperkt is. Bij het vervangen van glas is dan ook de toepassing van tripleglas in combinatie met passief kozijn aanbevolen.

2. Verschil in isolatie en gebruik van de zolder.

De volgende foto geeft een temperatuurverschil aan van slechts enkele graden waardoor de sneeuw op het rechter dak smelt. Dit warmteverlies gaat alle uren van de dag, week-in-week-uit door, en betekent over een heel stookseizoen een behoorlijke aderlating in de vorm van warmteverlies. Een matig geïsoleerde zolder zal ook in de zomer ook warmer worden dan een goed geïsoleerde zolder.

³ Dist akkoord is een uitwerking van de Parijs akkoorden uit 2016. Deze akkoorden komen moeizaam tot stand want niemand wil de consequenties van de klimaat opwarming in hun portemonnee voelen. Populistische regeringen zwakken alle maatregelen met betrekking tot CO₂-uitstoot af. Een globaal probleem is dat de luchtvaart en scheepvaart uitgezonderd blijven, terwijl het delven van fossiele brandstoffen juist meteen gepaard zou moeten gaan met een volledige CO₂-compensatie.

*Figuur 2. Jaren 1920 woning.
Twee-onder-een-kap.
Verschil in het smeltpatroon tussen het linker
en rechter dak. Dit kan zijn omdat de rechter
zolder wordt bewoond en verwarmd, en de
linker zolder geen van beide. Het kan ook zijn
dat de linker zolder beter geïsoleerd is.*



Rechts, rondom de CV inlaat-uitlaatpijp is de sneeuw het eerste gesmolten, terwijl er links geen CV-uitlaatpijp te zien is. Dit zou ook kunnen betekenen dat de niet-geïsoleerde CV zelf erg veel warmte afgeeft op die zolder en dat dat de reden is van de eerdere smelting van de sneeuw. Bij een goede dakisolatie (de Norm of het Bouwbesluit na 2015 is $R_c = 6,3 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$) zal de sneeuw op het dak niet smelten en er slechts over een kleine plek (4 dakpannen) rondom de CV-uitlaat de sneeuw smelten.

Bij de linker woning lekt er een klein beetje warmte door de nok naar buiten. Warme lucht stijgt op waardoor de nok op zolder warmer zal zijn dan de temperatuur op de vloer van die zolder.

Wanneer een zolder in gebruik wordt genomen als werkplek is het isoleren een belangrijke economische maatregel, die er ook voor zorgt dat deze in de zomer koeler blijft⁴.

3. Zolderetage geeft warmteverlies

Ook wanneer de zolder niet gebruikt wordt, zal de warmte langzaam opstijgen. Bij on-geïsoleerde houten tussenvloeren is het temperatuurverschil tussen onder en boven ongeveer 3°C tot 4°C. Met een woonkamer op gemiddeld 19°C is de “onverwarmde” slaapkamervloer⁵ gemiddeld 16°C en de “onverwarmde” zoldervloer 12°C. Bij een niet geïsoleerd dak zal er in de winter constant veel warmteverlies optreden.

*Figuur 3. Drie onder een kap met de linker
zolder zonder verwarming of wel met
goede isolatie.*

*De bouwmuren tussen de woningen lopen
van de warmere eerste etage door tot
aan het dak en zijn niet geïsoleerd.*

*Bij de rechter woning is er geen vliering.
Hierdoor stijgt de warmte open smelt de
sneeuw.*



Bij woningen met en dakoverstek wordt deze hoek weleens vergeten om te isoleren. Wanneer er in dit overstek (of achter de knieschotten) on-geïsoleerde CV-leidingen lopen, zal hier veel warmteverlies optreden.

⁴ Het is regelmatig geconstateerd dat met de Covid periode de zolder werd ingericht als kantoor en dat er dan een Airco werd aangeschaft (euro 2000) in plaats van die zolder te isoleren (euro 1000), terwijl beter isoleren geen vele kWh aan stroom vereist.

⁵ In feite hebben slaapkamers dus altijd vloerverwarming en hoeft de radiator daar niet aan te staan.

Figuur 4. De warmte van de etage gaat zonder isolatie via het plafond naar de zolder. Er is hier geen isolatie achter het knieschot. Door afkoeling en resulterende hoge luchtvochtigheid kan hier schimmel ontstaan.

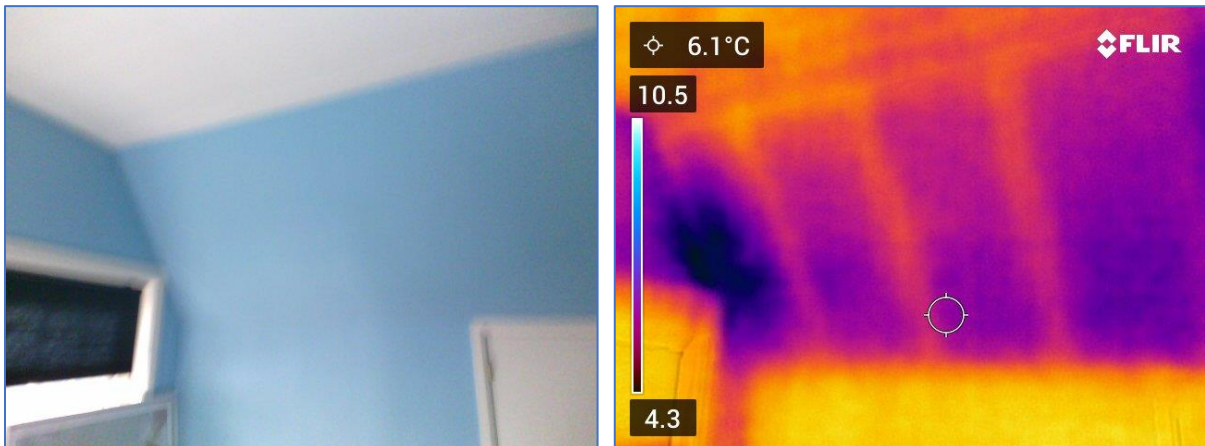


Wat na een beetje sneeuwval makkelijk te zien is, wordt ook getoond op een Infra-Rood (IR) warmtescan foto die van binnenuit is genomen⁶. Omdat het dak vaak een groot oppervlak heeft, is het warmteverlies evenredig aan het oppervlak en zijn isolatiemaatregelen hier belangrijk. Omdat die isolatie vaak zelf kan worden uitgevoerd kan het economisch rendabel zijn.

Figuren 4. De schoorsteen is een warmtelek waardoor de nok ook warmte krijgt. Door de binnenzijde te isoleren wordt de warmteoverdracht naar buiten hier minder.



Baksteen is een slecht isolerend materiaal. PiR is ongeveer 20X beter isolerend.



Figuren 5. Voorbeeld van een on-geïsoleerd dak. De ruimtes tussen de sporen zijn niet geïsoleerd (paars). Het knieschot aan de onderzijde wordt verwarmd door de kamer en is daarom licht (geel) van kleur. De isolatiewaarde van slechts het dakbeschot (2 cm hout met $R_d 0,011$) en een luchtsponw ($R_c \approx 0,2$) en een binnenafwerking met een gipsplaat en twee overgangswaarden ligt in de buurt van $\approx R_c 0,4$.

⁶ Van buiten uit levert zelden goede IR foto's op omdat de sky-reflectie het beeld verstoort.

4. Hoeveel isolatie?

De Rc-waarde is de feitelijke isolatiewaarde van een constructie inclusief alle lagen.

Om bij een on-geïsoleerd dak de nieuwbouw isolatiewaarde te bereiken is de toevoeging van **Rc = 6,0** noodzakelijk. Hiermee wordt de totale dakisolatie Rc 6,4 m².K/W

Voor bekende isolatiematerialen betekent dat:

24 cm gewone glas/steenwol dekens of platen of wol ($R_{d100cm} = 25$) of $0,24 \times 25 = Rc\ 6,0$

20 cm EPS/XPS of cellulose vlokken type Easycell ($R_{d100cm} = 30$, piepschuim, brandbaar), of

14 cm PIR/Recticel/Kingspan Therma® ($R_{d100cm} = 45$) of $0,14 \times 45 = Rc\ 6,3$.

Biofoam, **Icynene H2foam**, **PU-foam** of **HR isospray HFO**, hebben dezelfde isolatiewaarden.

12 cm Kooltherm® of Resol ($R_{d100cm} = 50$) of $0,12 \times 50 = Rc\ 6,0$

Biobased materialen, Biologisch/recyclede isolatiematerialen: hennepvezel, cellulose en katoenvezel zijn vaak **minder isolerend** en vereisen dus een **dikkere isolatielaag**. Deze bio-based materialen zijn dus vooral interessant wanneer en voldoende ruimte is en bij nieuwbouw.

Aan de binnenkant toegepast kan de isolatie (gedeeltelijk) tussen de gordingen (6,5 cm x 16,5 cm), maar dan moet er wel aan de warme kant (binnen) een damp-remmende folie worden toegepast. Wanneer de isolatie buitenop het dakbeschot wordt aangebracht dan moet het dampopen zijn, zodat eventuele condensatie van vocht uit het isolatiemateriaal kan verdampen. Bij isolatie buitenop zal er een hoogteverschil met de burens ontstaan.

*Figuur 6. Toepassing van **Icynene H2foam**, **PU-foam**⁷ of **HR isospray HFO** aan de binnenkant. De toegepaste dikte is hier misschien gemiddeld 7-8 cm, hetgeen ongeveer de helft is van de minimum nieuwbouwnorm. De aanbrenging is relatief goedkoop (tot euro 30/m²) omdat het snel wordt opgebracht. Voor de afwerking kan nog een extra isolatielaag worden aangebracht (vlak op de gordingen) met een dampdichte laag aan de warme kant.*



Opgelet: Wanneer de opencellige dampopen Icynene H2foam aan de binnenzijde van het dak wordt toegepast kan de waterdamp aan de koude buitenkant condenseren. In dat geval kan het dakbeschot nat worden en gaan rotten.

Het is bij binnenzijdige dakisolatie belangrijk dat er aan de warme binnenkant een dampdichte folie wordt toegepast.

Figuur 7. Het dak kan binnenzijdig nog op de daksporen worden afgewerkt met dampdichte folie en platen. In dit geval zullen met een IR warmtecamera de daksporen zichtbaar blijven als minder isolerende stroken.



⁷ PUR en PU-foam zijn milieutechnisch onwenselijk want de bouwmaterialen kunnen niet recycle worden.

Wanneer er al isolatie in/op het dak zit dan zou een gedeelte van de bovenvermelde isolatie toegepast kunnen worden om aan de nieuwbouw norm te voldoen.

Multi-folie isolatiedekens zijn veel gelaagd met Hoog Reflecterende Folies (HRF). De kwaliteit van de isolatie is zeer sterk afhankelijk van de plaats, luchtlagen en de toepassing. PIF-dekens, Superfoil, SuperQuilt en SF 19+ zijn voorbeelden met een lage materiaal kostprijs. De meeste materialen komen in rollen van 15 m², waardoor er vaak snijverliezen ontstaan.

Tussen de gordingen kan een multifolie deken worden vastgeniet. Dat is een eenvoudige bewerking, echter deze heeft ter plaatse van het vastnieten (samengeperst) minder of nauwelijks isolatie. Afhankelijk van de luchtpouwen langs de Hoog Reflecterende Folie (HRF) kan de isolatiewaarde toenemen.

Figuur 8. Een isolatiemateriaal is de PIF-deken, een meerlaagse multi-folie dampdichte isolatiedeken met gemetalliseerde folies (HRF) die op de balken kan worden gestapeld. Dit komt in 6 laags met isolatiewaarde van $R_c = 3,0$. Ook en 8-laags PIF-deken met $R_c = 4,0$ mogelijk.

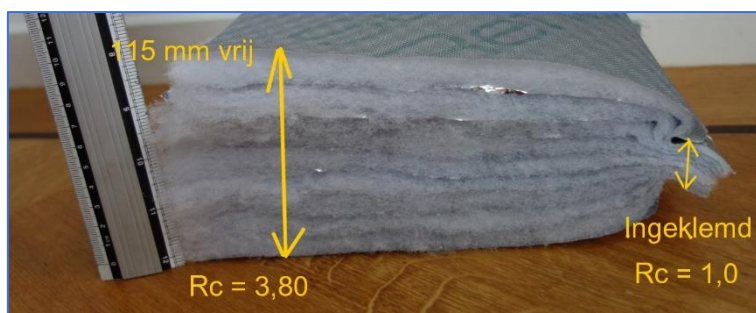
Opgelet: er kan niet geboord worden door multifolie-dekens; dan draait de isolatie om de boor en smelt.



Voor isolatie **buitenop** moeten de multi-folies damp-open zijn en mogen niet onder regels of panlatten geplet worden, want dan isoleren ze heel veel minder dan de theoretisch opgegeven waarde. Een optie is Skytech Pro XL dat dampopen is en heeft een isolerende werking van ongeveer $R_c = 1,5$ bij 1 cm dikte. <https://skytechisolatie.nl/> Een andere optie is ATI PRO multi-reflecterend HWD, dampopen, 4 cm met isolerende werking van ongeveer $R_c = 2,5$. Binnen of buiten. <https://www.bzwholland.nl/ati-pro/> Meer informatie over multi-folies zie bijlage in het document “DUNNE binnenzijdige muurisolatie” op www.nienhuys.info

Figuren 9. Een damp-open multifolie product voor buiten op het dak is SF440BB Superfoil. Vrije dikte liggend $\approx 11,5$ cm met $R_c \approx 3,8$. Ter plaatse van inklemming onder latten voor de bevestiging $R_c \approx 1,0$. Gemiddeld/standaard bij goede verwerking en 75 mm ruimte tussen dakbeschoot en dakpannen 75 mm $R_c \approx 2,84$.

Dit levert dus ongeveer de helft van de minimum dakisolatie op voor nieuwbouw ($R_c = 6,3$).



Voor constructie details: <https://superfoil.nl/app/themes/supress/assets/brochures/Veel-gebruikte-montage-manieren-SF40BB-incl-NTA8800.pdf>

5. Toepassing van PUR-foam (schuim) en soortgelijke producten

Bijna alle Foam- of schuim-soorten zoals PUR, PU-foam, Icynene (verschillende varianten) en H2O foams hebben tegenwoordig niet meer de zeer schadelijke CFK en HFK-drijfgassen⁸, maar zal op de duur PFAS loslaten. Door de hoge gif concentratie is erbij aanbrengen een sterke afzuiging nodig⁹. Die gifstoffen worden achteloos naar buiten afgevoerd.

Bijna alle foam (met uitzondering van Biofoam. Zij niet recyclebaar, ze kleven aan alles vast en bij sloop kunnen deze bouwmaterialen niet hergebruikt of recyclet worden.

Het NIBE maakt milieubeoordelingen op basis van de LCA-gegevens¹⁰ van die producten. Deze gegevens zijn te zien op www.nibe.info/nl

De classificatie van PUR-schuim is in klasse 7b en de milieukosten zijn bijna euro 3 /m² en ongeveer 33 keer hoger dan milieuvriendelijke producten.

Het Icynene foam komt in zowel damp-open en dampdichte en drukvaste of brandwerende varianten. De reclame vermeldt altijd dat de drijfgassen milieuvriendelijk zijn (en lage VOS concentratie, eco-spray), maar vermeldt nooit de andere milieuschadelijke effecten of de mogelijkheid van recycling.

De personen die deze schuimsoorten aanbrengen moeten speciale pakken/bril dragen en luchtfilters of een buitenlucht masker. Dat is niet omdat het een onschuldig goedje is. PUR-schuim bevat carcinogeen MDA en bij de toepassing mogen de bewoners minstens 24 uur niet in de woning verblijven, terwijl de woning na de toepassing ruim geventileerd moet worden¹¹.

Op een toegevoegde isolatiewaarde van minimaal Rc 3,5 voor dakisolatie wordt er nog subsidie gegeven, maar het is waarschijnlijk dat die subsidie in 2025 vervalt vanwege de **onaanvaardbare milieutechnische eigenschappen**.

Figuur 10. Samengevat kan gesteld worden dat bijna alle schuim of foam toepassingen milieutechnisch onverantwoord zijn. Bovendien, omdat ze overal aan vastplakken, sommige supersterk, zijn de bouwmaterialen niet te recyclen. Het isolatie voordeel (CO₂-uitstoot) wordt niet binnen 15 jaar gecompenseerd door de mindere energiebehoefte.



⁸ Deze drijfgassen tasten de Ozon laag in de atmosfeer aan, die het leven op aarde beschermt.

⁹ Als het onder de vloer wordt aangebracht mag er niemand in de woning aanwezig zijn.

¹⁰ Afkorting voor Life Cycle Assessment/Analysis of levenscyclusanalyse). Deze bepaalt de totale milieubelasting van een product, dienst of proces gedurende zijn hele levenscyclus. Een LCA bestaat uit vier stappen: doel- en omvangbepaling, analyse van de inventaris, beoordeling van de impact en interpretatie.

¹¹ Deze regels worden niet altijd nageleefd. In principe moet er door derden toezicht op de spuitser worden gehouden, maar die toezichthouder hoeft dan geen beschermende kleding????

6. Offerte en uitvoering

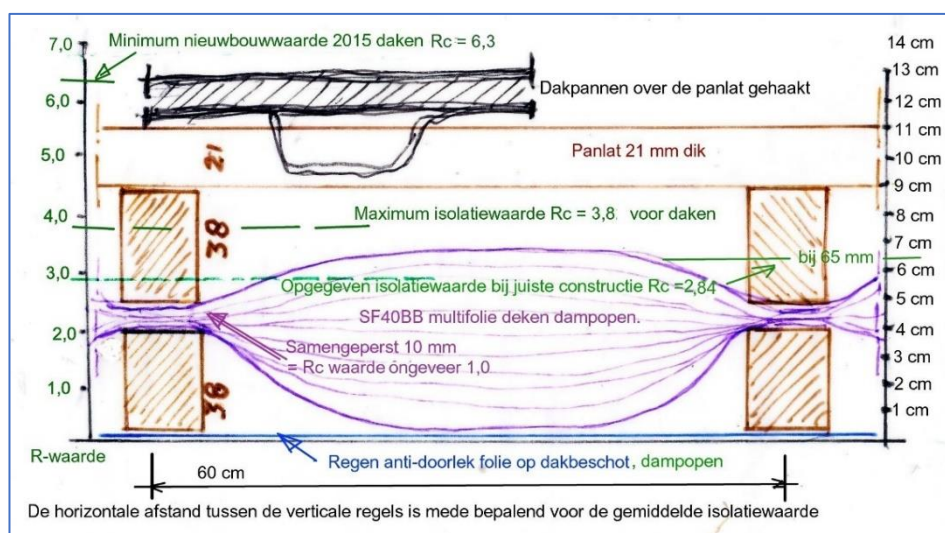
Er zijn bij **multi-folie isolaties** tenminste **vier verschillende isolatiewaarden** die geheel afhankelijk zijn van de toepassing op het dak (of vloer of muur). Vooral bij het dak kan de uitvoering substantieel afwijken van de offerte aanbidding. Deze vier zijn:

- Vrij, loshangend met aan beide zijden 2 cm luchtspon; hoogste isolatiewaarde.
 - Liggend, aan een zijde op het dakbeschoot, maar de bovenzijde vrij met 2 cm lucht.
 - Liggend of hangend, met aan beide zijden dakbeschoot of plaatwerk waardoor en geen 2cm luchtlaag zit langs de HoogRelecterendeFoile (HRF) zijkant; netto isolatiewaarde.
 - Samengeklemd tussen dakbeschoot en regel of tengel; bijna geen isolatiewaarde.
- In een offerte voor dakisolatie werd SF40BB (SuperFOIL, dampopen) aangeboden met een isolatiewaarde volgens de NT8800 gecertificeerd met Rc-waarde tot **5,07**. Echter, die isolatiewaarde geldt alleen voor onder een vloer, **vrij hangend, dus type a.** Bij een hellend dak (45°- 60°), afhankelijk van de methode van montage zijn die waarde **Rc = 2,84**, 3,21 of 3,79. De offerte was dus misleidend.
 - Voor SF40BB op een schuin dak toepassing is echter de maximale Rc-waarde 3,89 of 3,67 (bij vrije dikte 75 mm, aanbevolen, type b), maar dat stond niet op de offerte. Volgens de installatie instructies betreffen deze hoge waarden alleen de optie wanneer er minimaal 75 mm tot 105 cm onder de pannen vrij is. Het is verder ook afhankelijk van de afstanden tussen de verticale montageregels (38 mm hoog). Deze moeten minimaal 60 cm uit elkaar liggen.
 - De toepassing op het dak volgens de installatie instructie. Met een minimale montage hoogte van **65 mm**, zoals in de onderstaande schets is de maximale **isolatiewaarde Rc 2,84**. Hierbij is er sprake van gedeeltelijk type b en gedeeltelijk type d (geklemd).
 - De feitelijke toepassing op het dak. Bij een kortere horizontale afstand tussen die verticale regels dan 60 cm zal de **gemiddelde isolatiewaarde sterk doen verminderen**.

Figuur 11.

De minimum aanbevolen montage methode.

Dit levert dus een verhoging van ten minste 10 cm op.



Bij het aanvragen van de subsidie (tot euro 30/m²) is de betaalde factuur bepalend, maar de werkelijke isolatiewaarde van het dak hangt dus sterk af van hoe het is uitgevoerd. Deze zal ongeveer rond de Rc = 2,5 liggen. Die uiteindelijke isolatiewaarde is bepalend voor het energieverlies. Vooral bij multi-folies is het erg belangrijk hoe die folies worden toegepast. Subsidie minimaal +Rc= 3,5.

7. Zolderetage in gebruik.

Wanneer de zolderetage in de toekomst gebruikt gaat worden als kantoorruimte is het verstandig om meteen een goede isolatie toe te passen, zodat het er in de zomer niet heet wordt en er in de winter weinig verwarming nodig is. Wanneer de zolder slechts gebruikt gaat worden als slaapruijnte (moet wel geventileerd zijn) dan is een lage nachttemperatuur aanbevolen en daarmee zou ook de isolatiewaarde wat minder kunnen zijn. Echter, wanneer er geïsoleerd gaat worden is het kostenverschil tussen de helft van de nieuwbouwnorm en de nieuwbouwnorm niet erg groot, want een groot gedeelte van de kosten zitten in de arbeid en afwerking, die voor beiden gelijk is.

Bij de toepassing van een isolatiemaatregel is het verstandig zo optimaal mogelijk te isoleren want een tweede fase bij-isoleren is er meestal niet bij. Wel kan overwogen worden of een gedeelte van de isolatie aan de buitenkant kan worden toegepast en een gedeelte van de isolatie aan de binnenkant.

De volgende tabel geeft de vergelijking van zolderisolatie (60 m²) en de terugverdientijd (TVT) bij isolatie. De verwarmde zolder heeft 2531 graaddagen/jaar (temperatuur gemiddeld 18°C), de onverwarmde zolder 1955 graaddagen/jaar (temperatuur gemiddeld 16°C). De warmte komt in dit geval wel uit de lagere etage naar boven toe.

De gasprijs is hier vastgesteld op euro 3,0/m³ en de isolatiekosten op euro 50/m². Met lagere gaskosten zal de terugverdientijd langer worden; met hogere isolatiekosten en afwerkingskosten wordt de terugverdientijd procentueel langer.

BEREKENING GEBOUW ONDERDEEL.				gas prijs € 3,00 per m3							Terug- verdien- tijd jaren
onderdeel en locatie	Breed	hoog	W/m2.K Rc OUD	Graad- dagen	m3 gas per jaar	W/m2.K Rc-Nieuw	m3 gas NIEUW	minder m3 gas	Euro's bouw/m2	Verbouw Euro's	
zolder Geen isolatie verwarmd	6,00	10,00	0,50	2531	745,3	6,30	59,2	686,2	50	3.000	1,5
zolder 4 cm isolatie verwarmd	6,00	10,00	1,50	2531	248,4	6,30	59,2	189,3	50	3.000	5,3
zolder 8 cm isolatie verwarmd	6,00	10,00	2,50	2531	149,1	6,30	59,2	89,9	50	3.000	11,1
zolder 12 cm isolatie verwarmd	6,00	10,00	3,50	2531	106,5	6,30	59,2	47,3	50	3.000	21,1
zolder 16 cm isolatie verwarmd	6,00	10,00	4,50	2531	82,8	6,30	59,2	23,7	50	3.000	42,3
zolder Geen isolatie onverw.	6,00	10,00	0,50	1955	575,7	6,30	45,7	530,0	50	3.000	1,9
Zolder 4 cm isolatie onverw.	6,00	10,00	1,50	1955	191,9	6,30	45,7	146,2	50	3.000	6,8
Zolder 8 cm isolatie onverw	6,00	10,00	2,50	1955	115,1	6,30	45,7	69,5	50	3.000	14,4
zolder 12 cm isolatie onverw	6,00	10,00	3,50	1955	82,2	6,30	45,7	36,6	50	3.000	27,4
zolder 16 cm isolatie onverw	6,00	10,00	4,50	1955	64,0	6,30	45,7	18,3	50	3.000	54,7

Bij de **verwarmde** zolder is te zien dat met 8 cm isolatie de TVT ongeveer 11 jaar is, maar bij een 12 cm isolatie wordt de terugverdientijd bijna het dubbele, maar nog steeds een redelijke investering. De overweging om de volledige nieuwbouwnorm van Rc = 6,3 toe te passen betreft de waarde van de woning en de verminderde CO₂ uitstoot door minder gasverbranding.

Een warmtepomp met een COP >2 (meestal zo) geeft minder CO₂ uitstoot dan een HR-gas-CV. Deze berekening is gebaseerd op de CO₂ uitstoot van de elektriciteitsopwekking in 2023. Wanneer meer elektriciteit wordt opgewekt door hernieuwbare energiebronnen wordt de warmtepomp voordeliger.

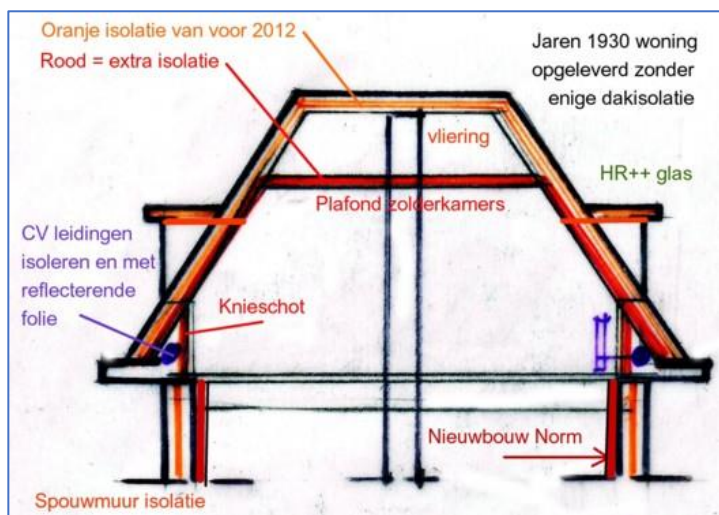
8. Locatie van isolatie.

In de onderstaande doorsnede van een woning is aangegeven welke locaties warmteverlies hebben. In plaats van het dakbeschot in de nok te isoleren is het voordeliger om alleen het plafond van die zolderkamer te isoleren. Wanneer die vloering alleen voor opslag wordt gebruikt moet dit een druk- en loop-vaste isolatie zijn (b.v. XPS of PiR-platen afdekken met OBS of multiplex). Dat is eenvoudiger dan de dakpunt van binnen te isoleren.

Figuur 12. Bij veel woningen bestaat er al wat isolatie in het dak. Het is dan de vraag of een extra isolatielaag de binnenkant of de buitenkant moet, of allebei.

Bij oudere woningen zijn de dakkapellen meestal erg slecht geïsoleerd en verdienen daarom extra aandacht.

Het dakoverstek en achter het knieschot is vaak weinig of geen isolatie.



Bij een slecht geïsoleerd dak verdwijnt de warmte geleidelijk en constant naar buiten.



Figuren 13. Bij oudere na-geïsoleerde zolders is met een IR-camera te zien dat er lange warmtelekken ontstaan wanneer men slechts isolatie tussen de regels aanbrengt. De houten regels isoleren minder dan de vulling en verlagen de gemiddelde isolatiewaarde van het dak met > 10%.



Voor meer informatie over dit thema, zie het document: "Lange warmtelekken voorkomen" op www.nienhuys.info

9. Vieringisolatie.

Een zolder met een hoog dak (een hoge nok) kan worden aangepast door daar een vliering in te maken en die vlieringvloer goed te isoleren. Dat kan tussen de balkjes of als een dikke laag op/over de balken met een loopvast oppervlak erop (OSB-plaat of multiplex) zodat er dozen en dergelijke opgeslagen kunnen worden. Wanneer de vliering niet gebruikt gaat worden kan er ook een dikke steenwoldeken worden neergelegd. Zonder extra isolatie heeft een vlieringvloertje een toegevoegde isolatiewaarde van ongeveer $R_c = 1,5$.

Figuren 14. Dit hoge dak is al wel geïsoleerd, maar toont toch een flink warmteverlies. Op de horizontale balk van het dakspant kan een isolerend vloertje worden aangelegd. De ruimte in de nok kan gebruikt worden als opslag.



Een te gebruiken vliering of zoldervloer kan op drie manieren geïsoleerd worden.

- (1) Op het vloertje een dampdichte folie aanbrengen, daaroverheen hoge regels met daar tussen steenwol (10 cm $\approx R_c 3,0$ of 15 cm $R_c \approx 4,5$). Over het geheel komt een OSB-plaat. Samen met de reeds bestaande dakisolatie zou de nieuwe isolatiewaarde $R_c > 6$ moeten zijn. Veel werk.
- (2) Op de zoldervloer een dampdichte folie en XPS (drukvast EPS) platen, PiR/Recticel/Resol die beloopbaar zijn (eenvoudig). Bij veel verkeer daarover laminaat of een ander slijtvast oppervlak.
- (3) Op het plafond van de onderliggende kamers een dampdichte folie en tussen de balken de ruimte opvullen met Easycel of EPS-chips of papiervlokken (niet brandbaar) of cellulose. Veel werk.



Figuren 15. Linksboven: Isolatie XPS-platen PiR/Recticel of Resol gecacheerd direct op de vloer. Eventueel met laminaat of OSB.

Rechtsboven. Zachte glaswoldekens op dampdichte folie, daarna een loopvlak aanbrengen. Veel werk

Rechts. Cellulose vlokken tussen de vloer. Ook hier moet er een dampdichte folie onder liggen. Veel werk



10. Damp-remmende folie aan de warme kant.

In elke woning wordt veel vocht geproduceerd door uitademing, de was, de douche en de keuken. Vanuit de douche en de keuken moet dat vocht snel worden afgevoerd, maar om condensatie op koude oppervlaktes te voorkomen moet binnenzijdige isolatie (muren en dak) aan de warme kant een dampdichte folie hebben. De naden tussen de platen moeten worden afgeplakt met dampdichte (gemetalliseerde) tape.

Bij een niet geïsoleerde zolder (dakbeschot $R_c = 0,3$) is het verstandig om de minimumnorm van de nieuwbouw aan te houden voor de aan te brengen isolatie, dus extra $R_c = 6,0$. Wanneer de zolder niet als woonruimte gebruikt gaat worden kan volstaan worden met de helft van die dikte, maar de volledige isolatie meteen in één keer aanbrengen kost minder dan het in twee keer aanbrengen inclusief de afwerking. Zie ook de rekentabel aan het einde voor het rendement.



Figuren 16. Bij steenwol en glaswol rollen of platen ($\approx \text{€ } 5/\text{m}^2$) tussen de regels moet er aan de (warme) binnenkant een dampdichte PE- of PVC-folie worden toegepast (ongewapend $\approx \text{€ } 0,50/\text{m}^2$, gewapend v.a. $\approx \text{€ } 0,70/\text{m}^2$).

Rechtsboven: Bij rollen die aan een kant gecacheerd zijn moeten de naden worden afgeplakt met dampdichte tape.

Rechts: Bij rollen die aan een kant een gemetalliseerde dampdichte folie hebben kunnen ze overlappend vast gestapeld worden. Met 2 cm lucht langs de folie wordt de isolatiewaarde verhoogd met $R_c 0,7$.



De isolatie moet doorlopen tot aan de vloer, ook achter het knieschot en boven op een eventueel dak overstek. Een tweede laag regels kan ruimte bieden voor een tweede laag isolatiemateriaal en bevestiging voor de binnen afwerking van de zolder.

Bij grote oppervlaktes kunnen ook isolerende multifolie dekens (Type PIF, rollen van $15 \text{ m}^2 \approx \text{€ } 250/\text{rol}$ met $R_d \approx 4,0$) worden toegepast die met hun randen tegen de gordingen worden vastgeniet. Deze mogen **niet** ingeklemd worden, want dan verliezen ze een stuk van de opgegeven solatiewaarde.¹² Met deze isolatie-dekens kan vrij snel gewerkt worden en is daardoor goedkoop.

¹² Voor de eigenschappen en toepassing van isolerende multifolies zie de bijlage in het document 'Dunne binnenzijdige muurisolatie' op www.nienhuys.info



Figuren 17. Hoog Reflecterende Folies (HRF).

Linksboven: Aan de resterende gording te zien is de dikte van isolerende multifolie dekens hier ongeveer 10 cm. Op de metalen studs kan een afwerking bevestigd worden.

Rechtsboven: Aan de resterende dikte van de gordingen te zien (10 cm) is de dikte is hier niet meer dan 6 cm.

Rechts: De multifolies zijn aan de randen samen gebonden. Langs de randen is de isolatiewaarde erg laag.



Bij de toepassing van gecacheerde platen PIR/Recticel/Kingspan/Resol is de noodzakelijke dikte om aan de isolatiewaarde te komen minder, maar de platen zijn vaak duurder.¹³ De naden tussen de platen moeten ook bij deze platen afgeplakt worden met dampdichte tape.

Figuur 18. Bij dit dak is binnenzijdig een enkele isolerende bubbelfolie met gemetalliseerd oppervlak aangebracht. De toegevoegde isolatiewaarde is ongeveer $R_c 0,7$ (> 2 cm lucht langs de HRF-zijde) wat de totale dakisolatie op $R_c \approx 1,0$ brengt (als er aan de buitenkant van het dakbeschoot geen isolatie is).

Een belangrijk aspect is dat deze folie het stof en tocht tegenhoudt.

Wanneer dit dak aan de binnenkant wordt na-geïsoleerd voor de hele dikte van de gordingen, hoeft deze folie niet verwijderd te worden, maar er moet wel een dampdichte folie aan de warme kant worden toegepast.



De folie aan de binnenkant betekent dat er aan de buitenkant geen folie zit en de panlatten direct op het dakbeschoot gespijkerd. Dit kan betekenen dat doorslaand stormwater achter die panlatten blijft zitten en kan leiden tot houtrot. Met de folie aan de binnenkant is dat niet zichtbaar. Bij het vernieuwen van het dak moet anti-regen doorslag folie buitenop worden toegepast.

¹³ In de markt zijn restpartijen PIR-platen te koop die goedkoop zijn en net zo goed isoleren als nieuwe.



Figuren 19. *Boven:* Toepassing van Polytext damp-open regendoorslag werende dakfolie bij vernieuwing dakbedekking geeft geen extra isolatie.

Rechts: Damp-open regendoorslag werende dakfolie met glasvezel isolatie Skytech Pro-XL met $R_c \approx 1,5$ bij dak vernieuwing.

In de bovenstaande voorbeelden zijn de panlatten op verticale regels bevestigd zodat tussen de dakpannen doorslaand lekwater naar de goot kan lopen. Dit is een belangrijke maatregel bij elke dak vernieuwing. De geringe dikte (1 cm) van de Skytech-Pro zal bij een aansluitend dak met de burens weinig hoogteverschil geven. Deze daken kunnen verder aan de binnenzijde na-geïsoleerd worden, wat bij DHZ goedkoper kan uitvallen dan wanneer dat door een aannemingsbedrijf wordt uitgevoerd (met subsidie).

11. Dakpannen vernieuwen of niet?

Bemoste en groen uitgeslagen daken zijn een teken dat de pannen iets poreus zijn en water vasthouden. Normale, ongeglazuurde dakpannen kunnen volgens de dakdekkersbedrijven 75 tot 100 jaar mee; betondakpannen ongeveer 50 jaar. Dan zijn de pannen nog niet echt af of oud, maar dan ontstaan er wel problemen met het dakbeschot. Bij storm en regen zullen veel dakpannen een beetje vocht doorlaten dat dan op het dakbeschot komt en achter de pannenlatten blijft hangen, wat dan verwerking en rot kan veroorzaken, want vroeger werd er geen regen doorslag folie toegepast.

Figuur 20. *Verschillende fasen van dakpannen vernieuwing in een blok. De regels zorgen ervoor dat er geen vocht achter de panlatten blijft staan.*



Woningeigenaren die PV-panelen op hun dak willen moeten goede panlatten hebben om de haken van de ondersteuningsframes te kunnen bevestigen. Bij het vernieuwen van het dak is de regendoorslag werende folie op het dakbeschot (met of zonder isolatie) en nieuwe regels en panlatten erg belangrijk. Wanneer de oude pannen dan vocht doorlaten is dat geen probleem.

Een dakdekkersbedrijf kan verschillende opties aanbieden:

- Regendoorslagwerende damp-open folie buiten op het oude dakbeschot, regels en panlatten en dakpannen allemaal vernieuwen. De kosten hiervan kunnen variëren van euro 200 tot 250/m² afhankelijk van het aantal kilgoten en schuine zij- en noklijnen.
- Hetzelfde als boven: hergebruik van dakpannen en vervanging van gebroken dakpannen¹⁴. Bij veel schuin gesneden dakvlakken (*afbeelding 19 rechts*) zullen er veel gebroken pannen zijn. Bij kilgoten worden de nieuwe dakpannen netjes recht gezaagd en de buitenste rijen geplakt.
- Zonder buitenzijdige isolatie, met dunne buitenzijdige isolatie (e.g. Skytech Pro) of dikke buitenzijdige isolatie tot de nieuwbouwwaarde $R_c = 6,3$ (PIR-platen). Bij dikke isolatie ontstaat er een verschil met de burens en moet de gootaansluiting worden aangepast.
- Allemaal nieuwe dakpannen, met verrekening van de goede dakpannen.

Bij alle opties zijn het aantal dak-doorvoeren, dakkapellen (isoleren/overstek) en schoorstenen een extra kostenpost voor het vernieuwen van loodslabbe door lood-vervangende afdichting.

Bij nieuwe dakpannen (zonder dikke isolatie), kunnen de materiaalkosten ongeveer gelijk zijn aan de arbeidskosten en het steigerwerk. Bij hergebruik van de oude dakpannen zijn er twee opties: zonder schoonmaken of met schoonmaken (hogedruk spuit = meer werk). Het kostenverschil tussen de twee opties is beperkt, maar met de hogere energiekosten voor het bakken van nieuwe dakpannen zal het verschil groter worden.

12. Dak overstek

Veel jaren '30 woningen hebben een dak overstek dat van onderen/buiten met planken is dichtgezet. Aan de binnenzijde loopt het dak tot aan de vloer die buiten de muur uitsteekt. Aan de binnenkant zit zelden isolatie, dat is dan een koud overstek.



Figuren 21. Bij een dak overstek is het uitstekende vloertje zonder isolatie een groot warmtelek.

Rechts: Schets van een groot dak overstek. De slaapkamer op zolder heeft hier een erg koude vloerstrook. Alleen door de vloer te openen kan hier tussen de vloerbalken een goede isolatie worden aangebracht. De dakisolatie moet worden doorgezet achter het knieschot.

¹⁴ Door de dakpannen aan te tikken kan op basis van het geluid geconstateerd worden of er barsten in de pannen zitten. In dat geval moeten ze vervangen worden.

13. CV-leidingen

Vanaf een CV op zolder loopt de hoofd ringleiding vaak over de vloer in de dak hoek, met vertakkingen naar beneden. Dat stuk ringleiding en de retourleidingen zullen niet-geïsoleerd veel warmte naar een onverwarmde zolder verliezen. Het goed isoleren van die leidingen en het toepassen van HRF-Tonzon bandagefolie¹⁵ zal de warmteafgifte van de Cv-leidingen aanzienlijk doen verminderen. Ook de leidingen rond de Cv-installatie kunnen geïsoleerd worden.



Figuren 22. Drie fasen van extra isolatie van Cv-leidingen op zolder. Links: PE-foam-buisisolatie (bouwmarkt). Midden: PE-foam + extra lagen bubbel verpakingsfolie. Rechts: PE + Bubbel + Tonzon bandage-/radiatorfolie.

14. Zijkanten dakkapel

Vanwege de nieuwbouw normen uit het verleden hebben de zijkanten van een dakkapel **dezelfde lage isolatiewaarde als de ruiten** ($R_c \approx 0,8$). Ook bij nieuw aan te leggen dakkapellen moet de opdrachtgever specificeren wat de isolatiewaarde moet zijn, anders wordt slechts aan de minimum nieuwbouw voldaan van $R_c = 1,0$.



Figuren 23. Links: Oude dakkapellen met dunne, niet geïsoleerde zijkanten of dakje. Wanneer de zijkant binnenzijdig geïsoleerd wordt kan het raam niet meer open. Wanneer het buitenzijdig geïsoleerd wordt dan moet het dak overstek breder gemaakt worden.

Rechtsboven: binnen aanzicht. Tussen de balkjes is slechts 8 cm dikte beschikbaar voor isolatie en een plafond. Buitenzijdig isoleren met 20 cm is hier aanbevolen. De onderste rij dakpannen boven het dakje vervalt dan.

Rechts: Nieuw goed geïsoleerde, geprefabriceerde dakkapel met ventilatierooster werd met een kraan in een keer geplaatst.



¹⁵ Zie <https://tonzon.nl/hr-bandagefolie/> De hoog-reflecterende folie vermindert warmte straling/afgifte.

Bij het opwaarderen van een dakkapel is het belangrijk dat de ramen een ventilatie optie hebben.



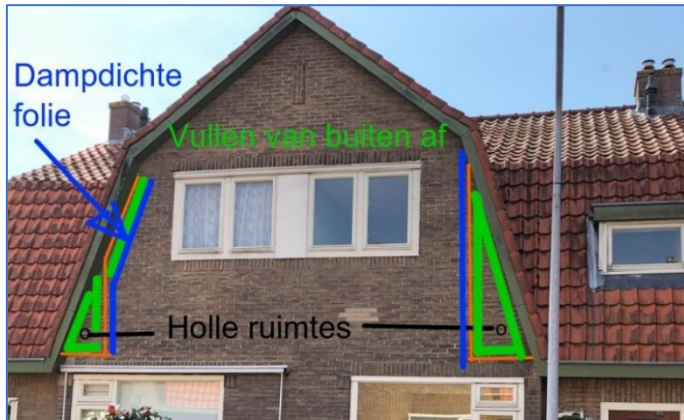
Figuren 24. Links. Hier zijn de regels van de matig-geïsoleerde zijkant van de dakkapel duidelijk zichtbaar als warmtelekken. De temperatuur tussen de regels is ongeveer 13° C en de regels ≈ 10°C. De donkerblauwe zone rechts is het raamwerk of kozijn dat ook niet isolerend is.

Rechts. Een verwarmde kantoorruimte op zolder. De isolatie van de dakkapel is hier iets beter, maar het raamkozijn en de buitenmuur van de kopgevel zijn niet geïsoleerd.

15. Het Mansardedak

Bij het Mansardedak zit er vaak aan de binnenzijde een opgaande binnenmuur (soms halfsteens) of een houten wandje. Daarachter een grote ruimte, dakbeschot en dakpannen. Over het algemeen is de originele isolatie erg slecht.

Figuur 25. Het Mansardedak heeft een geknikte vorm waarbij het onderste gedeelte steil loopt en zowel als gevel als dak functioneert. Aan de binnenkant kan alleen het binnen spouwblad zijn opgemetseld waardoor de isolatie daar erg slecht is. Aan de onderkant zit meestal een brede holle ruimte.

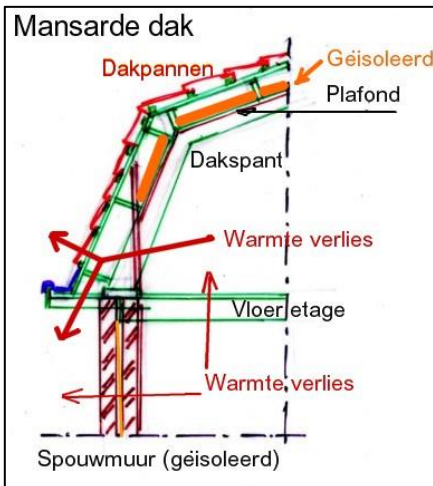


De binnenzijdige betimmering is hier meestal op de gordingen en het dakbeschot buitenop de gordingen. In deze situatie kan een gat in het dakbeschot gemaakt worden (dakpan verwijderen) en een grote hoeveelheid EPS-korrels/chips ingespoten worden wat dan > 15 cm isolatie geeft.

Bij een niet al te brede onder-spouw tussen dakbeschot en verticale binnenmuur kan dit ook. Dit geeft dan superisolatie¹⁶. Als alternatief kan aan de binnenzijde van de slaapkamer op die buitenmuren een isolatieplaat worden toegepast met een damp-remmende folie aan de warme kant.

¹⁶ Een spouwmuur isolatiebedrijf zal dit niet vanzelf aanbieden wanneer er spouwmuurisolatie wordt aangevraagd. De woningeigenaar moet dit opgeven. De isolatiekorrels worden meestal verlijmd.

Figuur 26. Bij een Mansardedak dat aan de binnenkant een aftimmering op de gordingen heeft, is er een ruimte van 16,5 cm tussen die binnen beplating en het dakbeschoot.



Wanneer er een verticale binnenwand is dan zal die ruimte naar onderen breder uitlopen. Deze ruimte kan worden gevuld met een lichtgewicht isolatiemateriaal zoals spouwmuurvulling¹⁷.

16. Van binnen of buiten isoleren of buiten op een nieuw dak

Wanneer het dak vanuit de **binnenkant** wordt geïsoleerd kan dat goedkoper uitvallen, zeker bij Doe Het Zelf (DHZ). De ruimte over de dikte van de gordingen (16,5 tot 18 cm) verliest men dan, waarmee de ruimte onder de kap en achter het knieschot beduidend kleiner wordt.

Binnenzijdig isoleren kan per kamer of sectie in gedeeltes worden aangebracht. Aan de warme kant moet een damp-remmende folie zitten. Op DHZ-activiteiten wordt geen subsidie verleend maar is goedkoper en kan op het door de woningeigenaar gewenste moment per kamer worden uitgevoerd.

Bij binnenmuren of scheidingswanden loopt de isolatie dan niet door en dat zal dan een lange warmtelek opleveren. (*Figuur 3 bij de woningscheidingsmuren*)

Er zijn verschillende opties voor **buitenzijdig isoleren**.

- a. Verwijderen dakpannen en panlatten. Aanbrengen isolatie en regendoorslag werende folie. Verticale regels aanbrengen en horizontaal nieuwe pannenlatten met dakpannen.¹⁸

Figuur 27. De zwarte regendoorslag werende damp-open folie zit hier direct op het dakbeschoot, omdat er aan de binnenzijde al reeds een goede isolatie zat.

Bij de toepassing van een dikke buitenzijdige isolatielaag kan het noodzakelijk zijn dat de goten verbreed moeten worden (extra kosten).



¹⁷ Een spouwmuur isolatiebedrijf zal dit zelden aanbieden bij de inspectie. De vulling van die holle ruimte met korrels of vlokken is echter een erg rendabele oplossing om dat samen met de spouwmuurisolatie te doen.

¹⁸ Of de dakpannen al-dan-niet geheel of gedeeltelijk vernieuwd moeten worden moet apart beoordeeld worden. Er zijn bedrijven die de goede oude pannen innemen bij een geheel nieuwe dakbedekking.

- b. Verwijderen dakpannen en aanbrengen van een dampopen multifolie. Aanbrengen verticale regels met daarover weer panlatten. Terugzetten van de dakpannen.

Figuur 28. De uitvoering op de foto is **verkeerd**.

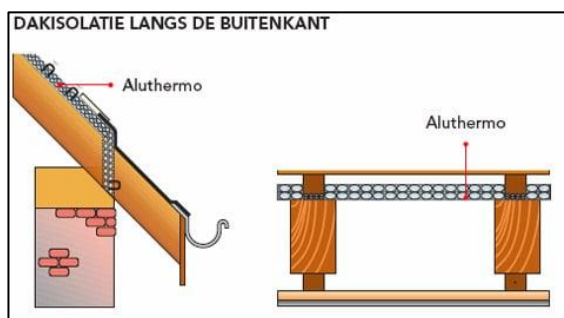
Hier wordt de dampdichte multifolie over de oude panlatten bevestigd en daarop nieuwe regels met panlatten. Doordat de 3 cm tot 4 cm dikke multifolie onder de regels is geklemd zal deze daar nauwelijks isoleren. De hoge theoretische isolatiewaarde van de multifolie wordt daardoor in het geheel niet gehaald. De bovenkant vervuilt, waardoor de theoretische isolatie van de buitenste HRF vervalt.



Dit is letterlijk en figuurlijk een goedkope isolatiemethode.

- c. Verwijderen dakpannen en aanbrengen van een dunne isolerende plaat met HRF zoals Aluthermo. Terugbrengen regels en panlatten en dakpannen.

Figuren 29. Bij stijve HRF-isolatieplaten is de warmte reflecterende werking van de HRF met minimaal 2 cm luchtlaag redelijk gegarandeerd.



Echter, door de dakpannen zal veel vuil komen waardoor er een stoflaag op de HRF komt en **daarmee de isolerende werking geheel verloren gaat**. Beperkte isolatiewaarde.



- d. Verwijderen van dakpannen. Op de panlatten een isolatieplaat of isolerende elementen leggen inclusief regendoorslag werende folie, nieuwe verticale regels en panlatten. Dakpannen terugplaatsen.

Figuren 30. Eenvoudige methode met garantie van de isolatiewaarde en regendoorslag werende folie. Beperkte dikte is ook beperkte toevoeging isolatiewaarde.



- e. Verticale rijen dakpannen tijdelijk verwijderen en onder de dakpannen een isolerende laag spuiten. Dit kunnen bijvoorbeeld cellulosevlokken zijn die met een bindmiddel worden ingebracht. De dikte van deze isolatie is echter beperkt.

Figuren 31. Een rij dakpannen wordt verwijderd en de isolatie met lijm aangebracht. De linker rij wordt rechts geplaatst zodat de isolatie in vorm onder de dakpannen wordt gelijmd.

Beperkte dikte is beperkte isolatie. In de foto is geen regendoorslag werende folie.



- f. Door gespecialiseerd bedrijf het verwijderen van het hele dak en het plaatsen van nieuwe zeer goed geïsoleerde prefab dakplaten volgens bouwnorm. Zinvol bij woningcomplexen die allen worden aangepakt. Randafwerking (kopgevels) en goten en overstek zijn belangrijk.



Figuren 32. Integrale isolerende dakplaten (Recticel) zijn grotendeels zelfdragend en werken snel met optimale isolatie. Omdat de isolatie aan de buitenkant zit is er geen ruimteverlies binnen. Dat is alleen zinvol bij seriematige aanpak en door gespecialiseerde bedrijven. Isolatie tot de Normwaarde.

- g. Verwijderen van het hele dak en het plaatsen van nieuwe zeer goed geïsoleerde dakplaten met geïntegreerde PV-panelen die waterdicht op elkaar aansluiten. Gespecialiseerd werk.

Figuur 33. Toepassing van integraal PV-dak bij een nieuwbouwproject. Deze soort oplossingen zijn vooral economisch wanneer grote hoeveelheden van gelijke maatvoering worden toegepast bij seriebouw. Volgens normwaarde.



Buitenzijdig isoleren van het dak gaat sneller en kan in vergelijking met veel binnenmuren en kasten een gunstiger oplossing zijn. Bij vervanging van verouderde dakpannen is het buitenzijdig isoleren een goede optie. Bij een oud dak is meestal geen regendoorslag werende dampopen folie aanwezig. Ook kunnen de pannenlatten verweerd of verrot zijn; deze oude latten worden dan altijd vervangen¹⁹.



Figuren 34. Bevestiging van PV-panelen gebeurt vaak met aluminium haken die achter de panlatten haken. Hiervoor moeten de panlatten van goede kwaliteit zijn. Rechts. Er bestaan ook bevestigingen die direct op het dakbeschoot geschroefd worden, maar niet elk PV-bedrijf heeft deze.

De **(kil)goten** kunnen bij dakrenovatie vernieuwd worden. Bij oude daken zijn de dakpannen langs de kilgoten vaak gebroken en liggen los. Bij een dak vernieuwing is het belangrijk dat de dakpannen langs de kilgoten netjes gezaagd worden en de eerste drie rijen verlijmd worden. De offerte van het dakbedrijf dient dit te specificeren.

Figuur 35. Buitenzijdige renovatie van een Mansardedak met isolatieplaten, regendoorslag werende folie en een flink aantal nieuwe dakpannen. Sommige dakdekkers bedrijven leveren nieuwe dakpannen en kunnen oude, goede dakpannen innemen voor recycling. Op de voorgrond een container met gebroken pannen.



Dakpannen langs de kilgoten worden nu met een corundschijf recht gezaagd, wat vroeger niet kon.

De levensduur van keramische dakpannen kan minstens 75 tot 100 jaar zijn, maar ook een paar honderd jaar. Sommige dakpannen worden poreus en gaan verweren. Geglazuurde dakpannen gaan langer meer dan ongeglazuurde. Door op het dakbeschoot een goede damp-open regendoorslag werende folie met regels en nieuwe panlatten toe te passen, kunnen oude dakpannen nog vele jaren dienstdoen. Poreuze dakpannen zijn vaak te herkennen door overmatige mosgroei. Mossige dakpannen kunnen worden schoongespoten met hogedrukspuit. Dakpannen met barsten moeten vervangen worden. Barsten kunnen geconstateerd worden door op de dakpannen te tikken; als ze heel zijn geven ze een heldere klank. Er zijn bedrijven die recyclede dakpannen leveren van verschillende oude soorten.

¹⁹ Bij het aanvragen van PV-panelen zal het PV-bedrijf meestal nagaan of de pannenlatten van een goede kwaliteit zijn, zodat de haken van de PV-panelen daar stevig achter gehaakt kunnen worden.

17. Verschil in dak hoogtes.

Bij rijtjeswoningen die niet allemaal de extra dakisolatie buitenop krijgen zal een hoogteverschil tussen de afgewerkte daken ontstaan. Technisch is dit geen probleem, want langs de zijkanten kan dan een zij-dakpan worden gelegd die goed op het dak van de burens aansluit.



Figuren 36. Voorbeelden van daken in een rij woningen waarbij de burens niet meededen met de vernieuwing of extra isolatie buitenop. Dat kan verschillende redenen hebben; soms is er binnenzijdig al (voldoende??) geïsoleerd en soms ontbreken de financiën of is het een bezit van verhuurders.

Rechts: Hier is te zien dat er een nieuwe goot gemaakt moest worden om het water van het verhoogde dakvlak af te voeren. In de foto erboven is de binnenzijde van de root zelf verhoogd.



18. Plat dak isoleren

De meeste woningen hebben verschillende daken zoals een punt- of tentdak of een Mansardedak voor het hoofddak en een plat dakje bij een uitbouw of erker en dakkapel.

Het platte dak van een aanbouw is vaak later aangelegd dan het hoofddak en kan dan een betere isolatie hebben, afhankelijk van de periode dat die aanbouw is gerealiseerd.²⁰ De onderstaande tabel geeft de periodieke aanpassingen van die bouwnorm aan.

Constructie	1965	1975	1979	1982	1987	1990	1992	1998	2000	2002	2015
EPC	>2,9	2,4-2,9	2,4-2,9	2,0-2,4	1,6-2,0	1,6-2,0	1,6-2,0	1,3-1,6	1,0-1,3	0-1,05	0-1
Verbruik	Heel erg hoog	Erg hoog		Redelijk hoog	Gemiddeld			Redelijk laag	Laag	Erg laag	Erg laag
Energie label	G	F	F	E	D	D	D	C	B	A	A
Dak	0,86	1,03	1,29	1,3	2,0	2,5	2,5	3,5	4,5	6,0	6,3
Buitenmuur	0,43	0,69	1,29	1,3	2,0	2,5	2,5	3,5	4,0	4,5	4,7
Vloer B.G.	0,17	0,26	0,52	1,3	1,3	1,3	2,5	2,5	3,0	3,5	3,5
Glas woon	--	--	dubbel	dubbel	dubbel	HR	HR	HR+	HR+	HR++	HR++
Glas slaap	--	--	--	--	--	--	HR	HR+	HR+	HR++	HR++

Om het dak op te waarderen tot de 2015 nieuwbouwnorm moet er het verschil aan de Rc-waarde worden toegevoegd. Dat kan aan de binnenkant (koud dak met isolatie onder het dakbeschot en

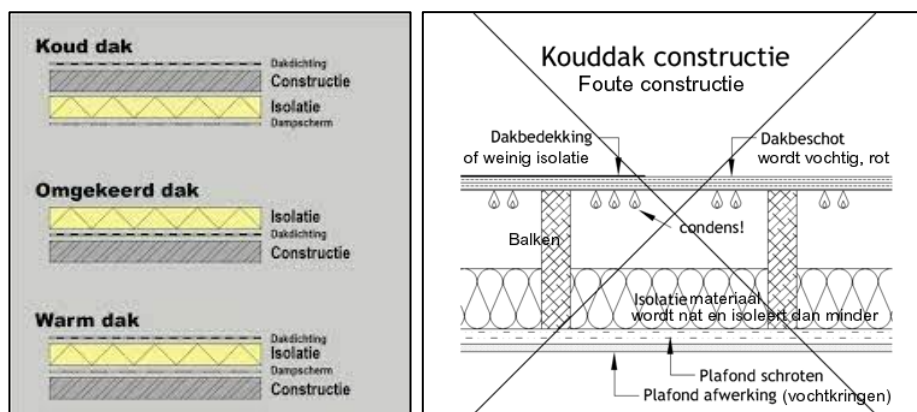
²⁰ Hierbij wordt ervan uitgegaan dat de aannemer de bouwnorm uit die periode heeft toegepast.

dampdichte folie aan de warme kant) of aan de buitenkant (warm dak, isolatie op het dakbeschoot met een damp-open isolatiemateriaal en folie aan de buitenkant), of aan de buitenkant zonder waterdichting (omgekeerd dak, isolatie bovenop het bestaande dak).

Bij alle drie van deze opties is het belangrijk dat er een dampkering aan de warme kant zit om condens in of op het dakbeschoot te voorkomen (rot, lekkages).

Figuren 37. Drie soorten dakisolatie. De dampremmende folie moet altijd aan de warme kant zitten.

Bij omgekeerd dak is de oude dakbedekking de dampremmende laag.



Op een bestaand plat dak kan eenvoudig een nieuwe dikke isolatielaag gelegd worden en een nieuwe waterdichte, weerbestedige dakafwerking.

- De dikkere dakafwerking betekent dat de loodslabbe (loodvervanging) twee tot drie lagen hoger in de woningmuur moet worden aangelegd (10 – 15 cm).
- De dakrandafwerking (en boeiboord) moet opnieuw worden gemaakt. Hergebruik van een oude zinken rand is meestal niet mogelijk.
- Het afschoot van de nieuwe isolatielaag is belangrijk voor de goede waterafvoer.
- Bij leuning(en) of reling(en) betekent dit ook het opnieuw bevestigen. Wanneer het dak als balkon gebruikt wordt zijn stevige reling(en) verplicht.
- Bij een balkondeur moet het naar binnen lopen van smelt- of regenwater voorkomen worden. Dit kan door de onderdorpel hoger aan te leggen met ingekorte deuren.²¹
- Dunne isolatie vraagt minder hoogte (Bluedec of Vacuümpanelen²²), maar is aanzienlijk duurder dan de drukvaste XPS, PiR platen of Resolplaten.
- Bij een dikke isolatie kan een gootzone langs de onderrand gemaakt worden (Figuur 36 links).
- In plaats van een bitumendak met fijne steenslag of dik grind kan ook het duurzame EPDM rubber gebruikt worden. De naden moeten goed geseald worden.
- De afwerking moet goed op de ondergrond worden vastgeplakt of met ballast verzwaard, zeker langs de raden, anders kan het door windzuiging opgetild worden en er afwaaien.
- Bij een klein dak zijn de kosten per m² hoog.²³ Samen met de burens kan goedkoper zijn.
- Het dak kan aanvullend bedekt worden met Sedum dat in de zomer extra isolatie geeft.
- Bij het vervangen van het dak kunnen slecht isolerende lichtkoepels ook vervangen voor Solartubes.²⁴
- Wanneer het plan bestaat om PV op het dak te leggen is eerst beter isoleren belangrijk.

²¹ Zie voor schetsen het document “Balkon of terrasdeuren” op www.nienhuys.info

²² Zie apart document over vacuümpanelen voor muren en vloeren.

²³ Om de kosten laag te houden kunnen een aantal daken samen met de burens worden uitgevoerd. Zie ook het document “Tegelijk gebouwd, Samen isoleren” op www.nienhuys.info

²⁴ Zie het document “Daklicht, serre of lichtstraten isoleren” op www.nienhuys.info

Figuren 38. Op een bestaand dak nieuwe isolatie plakken of met lange dakschroeven met brede platen.



De lange schroeven gaan dwars door de isolatie in de balklaag onder het dakbeschoot. Hierdoor veroorzaken ze warmtelekken. Daardoor zal water op het dak daar het eerste verdampen wat de lichte plekken veroorzaakt. Dit dakje werd later voorzien van Sedum.



19. Voor- en nadelen binnen- of buitenzijdig isoleren.

De besluitvorming om het dak aan de binnenkant of de buitenkant te isoleren hangt af van:

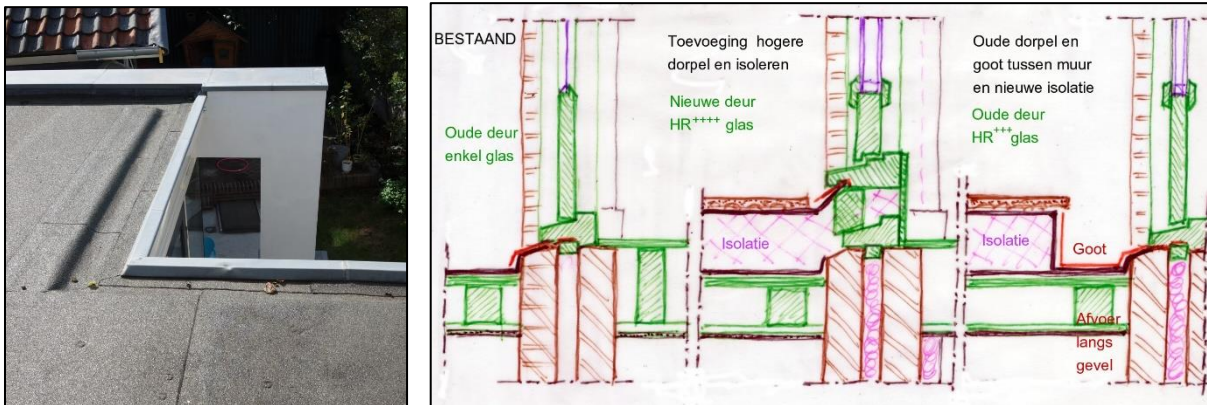
- a. De ruimte of er binnen plaats is om de isolatie aan te brengen ten opzichte van de kozijnen of de hoogte van een plafond in een erker. In veel gevallen kan het plafond verwijderd worden, isolatie tussen de balken aangebracht, een dampdichte folie en het plafond hersteld. Echter bij een mooi afgewerkt plafond is het herstellen van de decoratie veel (soms kostbaar) werk. Met Arstyl Flex, EPS of Orac (purotouch) opplak elementen en sierlijsten kunnen decoraties opnieuw worden aangebracht.



Figuren 39. Links: een plafond onder een balkonuitbouw. Het plafond eruit en tussen de balken is een oplossing met balkondeuren kort op het terras. Rechts: Reparatie van een erker plafond en aansluitend op het kozijn.

- b. Bij het zelf uitvoeren zijn de kosten veel lager, maar het maken van een nieuwe zinken dakrand moet dan vaak weer door een dakdekker gedaan worden. Door meerdere balkons samen met de burens te doen kunnen de kosten aan de lage kant blijven.

- c. Wanneer een omgekeerd dak uitgevoerd kan worden zijn de kosten laag, maar het water (sneeuw) moet over een korte afstand naar buiten afgevoerd worden, anders ontstaat het risico van lekkage onderlangs een balkondeur dorpel.



Figuren 40. Links: de nieuwe (extra) dakisolatie maakt het dak dikker, maar langs de rand, bij het overstek is de oude dakrand aangehouden. Het dünnere gedeelte kan boven de spouwmuur en overstek zitten, waardoor er geen warmtelek ontstaat. Hierdoor kan het boeiboord aan de buitenkant laag blijven; dit kan bij erkers belangrijk zijn voor het aanzicht. Dit is echter geen goede oplossing wanneer er geen overstek is omdat dit dan een lang warmte lek over de muuraansluiting oplevert.

Rechts: De oplossing met de goot rechts verlaagd sterk de gemiddelde isolatiewaarde van het dak.

- d. Bij een omgekeerd dak en losse toegevoegde isolatieplaten moeten deze goed verzwaaard worden zodat ze niet door de windzuiging los kunnen raken (betonnen terrastegels of Sedum).

Figuur 41. Onder de platen is het met sneeuw flink warmer. Het smeltwater loopt dan tussen de isolatieplaten en de dakbedekking door en veroorzaakt extra warmteverlies. De platen moeten verzwaaard worden met betonnen terrastegels of Sedum.

De foto is een tijdelijke oplossing, EPS platen mogen niet in de zon liggen; dan vergaan ze door het UV-licht.



- e. Buitenzijdig isoleren vereist goede weersbestendigheid dat over het algemeen duurder is dan binnenzijdig isoleren.
- f. Buitenzijdig isoleren kan vaak met grotere dikte dan onder een bestaand plafond.
- g. Binnenzijdig isoleren geeft voor een periode bouwactiviteiten en stof in de woonkamer.
- h. Wanneer de dakbedekking al oud of lek is en aan vernieuwing toe, dan is buitenzijdig isoleren een meer logische oplossing.

20. Sedumdak of groendak

Een Sedumdak houdt het regenwater geheel of gedeeltelijk vast. Sedum beschermt de dakbedekking duurzaam²⁵. Het is vooral nuttig voor platte daken. In de zomer blijft het dak dan ook koeler. Voor de winter is de toegevoegde isolatie echter gering. Nat gewicht tot 85 kg/m².

²⁵ Een Sedumdak kan bij een plat dak op losse isolatie platen gelegd worden bij een omgekeerd dak. Het gewicht van de substrata en de Sedumlaag is dan voldoende om tegen windzuiging te beschermen.

Een Sedumdak kan zelf worden aangelegd. Eerst een anti-worteldoek, filtervliesdoek, substrata (steenwolrol/veen), Sedummix matten. De Sedummatten komen op pallets (met zakken substrata en grind) en worden per m² aangeboden. Er zijn Sedummatten met slechts 4 Sedumsoorten, maar ook met 6, 7 en 8 soorten (duurder). Deze laatste bloeien langer, maar alle soorten kunnen in de winter bruin worden. Er zijn varianten voor insecten, vlinders en vogels.

Bij een Sedumdak moet er minstens een keer per jaar onkruid gewied worden. Hoe dikker de substrata hoe duurzamer. De dakoverloop kan in de tuin (weinig waterafvoer want het Sedum werkt als een waterbuffer).

*Figuur 42. Bij standaardpakketten wordt grof grind voor langs de dakrand bijgeleverd; u kan ook zelf **rubberen terrastegels** gebruiken (bouwmarkt 40 cm x40 cm), die zijn duurder dan het grind. (Ze zijn in tweeën te zagen om langs de rand te leggen).*



Figuur 43. Sedum-daken kunnen ook op matig hellende daken worden aangebracht, maar dat vereist het werken met cassettes en kan beter door specialisten worden gedaan.²⁶

Voor sterk hellende daken moeten er speciale voorzieningen met cassettes worden getroffen.



21. Welke isolatiewaarde toevoegen?

Afhankelijk van het gebruik van de ruimtes onder het dak, de reeds aanwezige isolatie en of de woningeigenaar de isolatie zelf kan aanbrengen, kan bepaald worden in hoeverre extra isolatie nuttig is. De gewenste temperatuur van de ruimtes onder het dak zijn in grote mate bepalend voor de berekening van het gasverbruik. Het aantal jaarlijkse **Graaddagen²⁷** wordt gebruikt voor de berekening van het warmteverlies²⁸. De gasprijs (**€ 3/m³ gas**) en kosten bepalen de TVT.

Totaal graaddagen/jaar bij gemiddelde kamertemperatuur		
Tussen hoog 21 Celsius en laag 19 Celsius	3182	Ziekenhuizen en soortgelijke ruimtes.
Tussen hoog 21 Celsius en laag 17 Celsius	2852	Bejaarden- en verzorgingstehuizen
Tussen hoog 20 Celsius en laag 16 Celsius	2531	Kamertemperatuur aan de hoge kant.
Tussen hoog 19 Celsius en laag 15 Celsius	2231	Advies temperatuur gemiddeld 17 graden Celsius.
Tussen hoog 18 Celsius en laag 14 Celsius	1955	Lage temperatuur, bijvoorbeeld gang.
Tussen hoog 17 Celsius en laag 13 Celsius	1827	Bijvoorbeeld slaapkamers boven woonkamer.
Tussen hoog 16 Celsius en laag 12 Celsius	1465	Bijvoorbeeld onverwarmde zolder, tochtportaal.

²⁶Voor verschillende opties zie www.Checklistgroendaken.nl en www.groendaken.natuurmilieu.nl en www.vogelbescherming.nl/groendakodijk

²⁷ Zie https://www.mindergas.nl/degree_days_calculation Het gemiddelde over de laatste 20 jaar ligt hoger.

²⁸ Warmteverlies Q = oppervlakte x U-waarde x 24uur x Graaddagen = Wh in een jaar per m² oppervlakte

BEREKENING GEBOUW ONDERDEEL.				Gas prijs	€ 3,00	per m3					Terug-
			W/m2.K	Graad-	m3 gas	W/m2.K	m3 gas	minder	kosten	Verbouw	verdien-
onderdeel en locatie	Breed	hoog	Rc OUD	dagen	per jaar	Rc-Nieuw	NIEUW	m3 gas	bouw/m2	kosten	tijd jaren
A. woonkamer uitbouw	6,00	4,00	1,50	2531	99,4	6,30	23,7	75,7	€ 100	€ 2.400	11
B. woonkamer uitbouw	6,00	4,00	1,50	2531	99,4	6,30	23,7	75,7	€ 200	€ 4.800	21
C. erker dakje woonkamer	3,00	1,00	1,50	2531	12,4	6,30	3,0	9,5	€ 100	€ 300	11
D. erker dakje woonkamer	3,00	1,00	1,50	2531	12,4	6,30	3,0	9,5	€ 300	€ 900	32
E. Zolder beetje warm	10,00	8,00	1,50	1955	255,9	6,30	60,9	194,9	€ 80	€ 6.400	11
F. Zolder niet verwarmd	10,00	8,00	1,50	1465	191,7	6,30	45,7	146,1	€ 150	€ 12.000	27
G. Zolder met isolatie warm	10,00	8,00	2,50	2231	175,2	6,30	69,5	105,7	€ 200	€ 16.000	50

De bovenstaande tabel geeft het rekenresultaat voor het aantal **graaddagen**, Rc isolatiewaarde OUD, de Rc isolatiewaarde NIEUW en de kosten van de maatregel. Deze m² kosten zijn hier aan de hoge kant geschat inclusief de afwerking. Omdat het kleine erkerdakje (D. woonkamer) relatief duur is met veel afwerking, is de TVT daardoor lang.

De Euro 3/m³ gas is gebaseerd op een langer toekomstperspectief en niet op de huidige prijs.

Ook wanneer de zolder niet direct verwarmd is zal er veel woningwarmte door het dak verdwijnen. Bij de berekening voor een warmtepomp zal de capaciteit meestal berekend worden op een verwarmde zolder. Het goed isoleren van de zolder zal de warmtepomp kleiner houden.

Bij de erker C en D liggende graaddagen waarschijnlijk hoger wanneer er radiatoren in die erker staan en omdat de warmte dan direct van de radiatoren naar het plafond van die erker gaat.

Bij F, een onverwarmde zolder en met duur aannemerswerk is het pas in 27 jaar terugverdiend, maar wanneer de zolder later als verwarmd kantoor gebruikt gaat worden is het snel terugverdiend. Om een zolder eerst beperkt te isoleren en in een latere fase nog eens te isoleren is erg oneconomisch.

Bij G heeft de zolder al een isolatie van 4 cm steen-/glaswol met een Rc = 2,5. Hierdoor is de terugverdiëntijd bijna 2X keer zo lang als bij F (met meer verwarming). Toch wordt er met die isolatie 222 m³ gas per jaar bezuinigd, inclusief de > CO₂ uitstoot, dus wel een goed rendement.

De meerwaarde en het betere comfort van de woning is in de TVT niet meegerekend.
