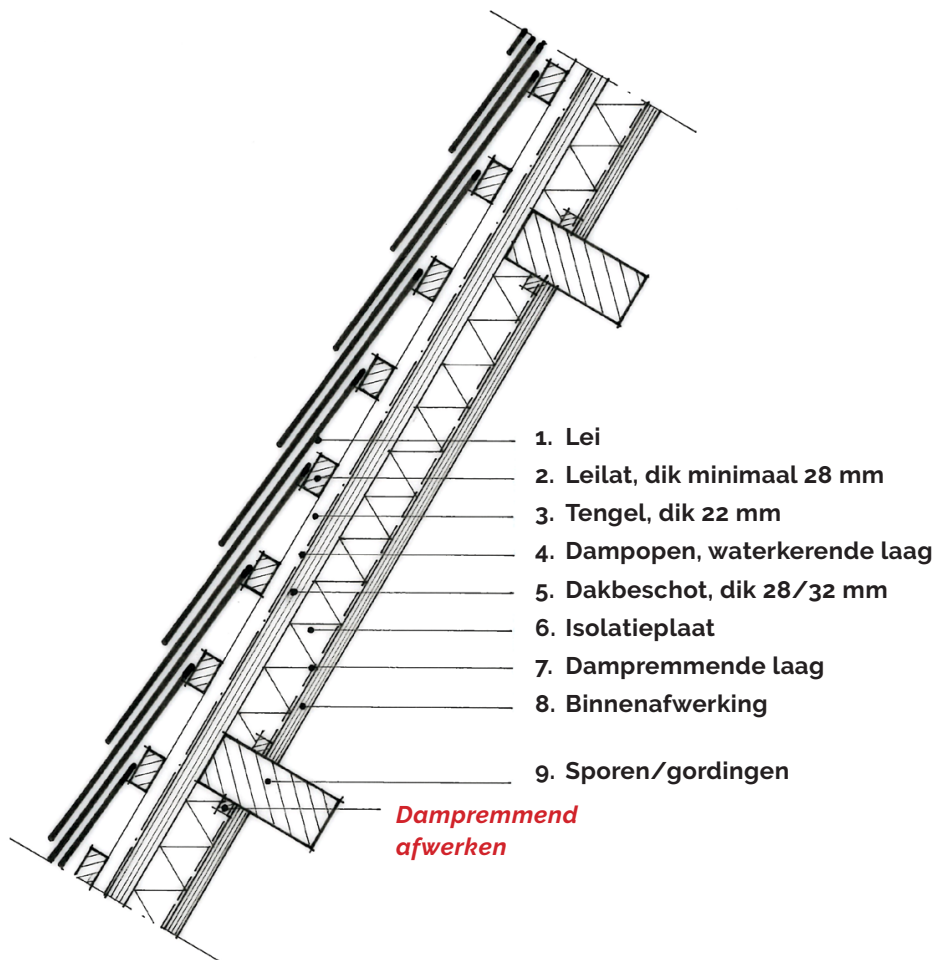


Binnenisolatie en dampscherm tussen sporen/gordingen (met waterkering)



Beschrijving

Binnenisolatie kan bouwfysisch risicovol zijn omdat de kans op condensatie in de dakconstructie toeneemt. Voor binnenisolatie is een zachte isolatieplaat het best geschikt om de ruimte tussen de sporen/gordingen goed te kunnen vullen. Bij vervanging van de leien wordt een waterkerende laag altijd aanbevolen en bij een vochtig dakbeschot - waarvan de oorzaak altijd eerst verholpen moet worden bij isoleren - is deze vereist. Als de sporen/gordingen in het zicht moeten blijven wordt bij dampdicht isoleren de isolatie én dampfolie tussen de sporen/gordingen aangebracht. De isolatie wordt in principe direct tegen het dakbeschot aangebracht. Er mag ook een (eventueel met buitenlucht geventileerde) spouw worden toegepast, maar het positieve effect van een spouw op vochtafvoer is beperkt en het kan negatieve gevolgen hebben in verband met convectief damptransport. Bij dampopen capillair actief isoleren mag geen dampfolie en geen spouw worden toegepast en moet het

isolatiemateriaal capillair actief zijn. Een dynamische dauwpuntberekening moet uitwijzen of dit isolatieconcept dampdicht en/of dampopen toegepast kan worden en welke materiaalspecificaties daarbij gelden. Isolatie vermindert de natuurlijke ventilatie en wijzigt de vochtbalans, hetgeen bij binnenisolatie tot vochtproblemen kan leiden. De ventilatievoorziening moet hierop afgestemd worden.

Randvoorwaarden toepassing

Voorwaarde voor uitvoerbaarheid is dat het dak aan de binnenzijde goed toegankelijk is om de materialen overal correct aan te kunnen brengen. Speciale aandacht is vereist voor het volledig luchtdicht afwerken van naden en aansluitingen op balken, kapvoet, nok, gevels, wanden, dakdoorvoeren en dakopeningen. Indien dit niet mogelijk is kan binnenisolatie bij een monumentale kap niet toegepast worden. *Er kunnen dan namelijk vochtproblemen in de dakconstructie ontstaan, waardoor een monumentale kap onherstelbare schade oploopt.*

Geschiktheid voor isolatiemethode

- ✓ Dampdicht
- ✓ Dampopen capillair actief

Uitvoeringsinstructies

1. **Leien** - De leien worden doorgaans niet hergebruikt maar vervangen.
2. **Leilatten** - De leilatten worden vernieuwd.
3. **Tengels** - De tengels worden vernieuwd.
4. **Waterkerende laag** - Op het dakbeschot wordt een dampopen waterkerende folie ($S_d < 0,2$ m) aangebracht.
5. **Dakbeschot** - Het dakbeschot blijft zitten. Aangetaste delen kunnen vernieuwd worden. Het dakbeschot moet droog zijn voordat de isolatie aangebracht mag worden.
6. **Isolatieplaat** - Een zachte isolatieplaat wordt met overmaat tussen de sporen/gordingen gedrukt. Hierdoor wordt voorkomen dat kieren ontstaan. Een harde isolatieplaat is wel mogelijk maar vraagt extra zorgvuldigheid bij de verwerking en de naden en kieren moeten goed worden afgedicht. De dikte van de isolatie wordt zo gekozen dat de draagconstructie zichtbaar blijft na afwerking. Indien een spouw wordt toegepast, worden in de spouw latten tegen de sporen/gordingen aangebracht om de isolatieplaten te fixeren. Bij zachte isolatieplaten moeten maatregelen worden getroffen om uitzakking van de platen te voorkomen. Bij dampopen capillair actief isoleren moet het isolatiemateriaal dampopen capillair actief zijn, zonder luchtspouwen en holtes worden aangebracht en volledig met dampopen capillair actieve lijm met het dakbeschot worden verlijmd.
7. **Dampremmende laag** - Tegen de isolatieplaat wordt een dampfolie aangebracht ($S_d > 10$ m). De folie wordt tegen de sporen/gordingen omgezet en vastgeniet of vastgezet met een lat. De foliebanen moeten worden aangebracht met 100 mm overlap en worden afgetaped. Bij dampopen capillair actief isoleren ontbreekt deze laag.
8. **Binnenafwerking** - Tegen de isolatie/folie wordt een plaatafwerking aangebracht tussen de sporen/gordingen. Hiermee blijft de structuur van de kap zichtbaar. Bij het aanbrengen van de plaatafwerking mag de dampfolie niet worden geperforeerd. Bij dampopen capillair actief isoleren moet ook de binnenafwerking dampopen capillair actief zijn en volledig met dampopen capillair actieve lijm met de isolatieplaat worden verlijmd.
9. **Sporen/gordingen** - De sporen/gordingen blijven zitten.

Aanbrengen van isolatie

Algemeen

Bij monumenten staat behoud van de monumentale waarden altijd voorop. Daarom moet allereerst worden bekeken of verantwoord isoleren mogelijk is met behoud van de monumentale waarden.

Isolatiemethode

In principe zijn er twee methoden van na-isolatie namelijk dampdicht en dampopen, waarbij dampopen is te verdelen in niet-capillair actief en capillair actief. Dampopen niet-capillair actief isoleren is in het algemeen te risicovol.

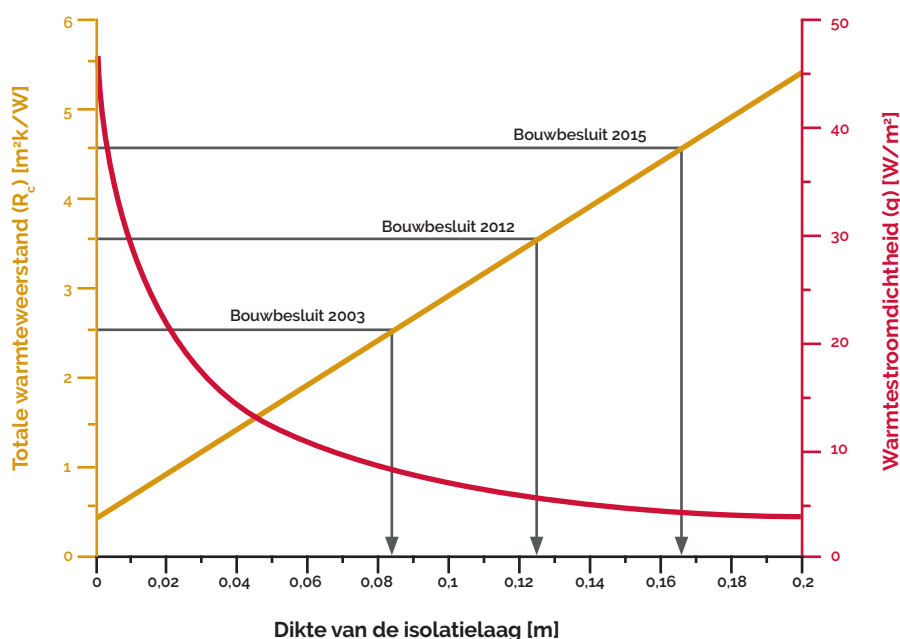
Voor een verantwoorde keuze van de isolatiemethode en samenstelling van het isolatiepakket is een bouwfysische berekening nodig. Hiermee wordt onder meer het dauwpunt bepaald om te voorkomen dat het aanbrengen van isolatie leidt tot condensatie in de constructie of het isolatiemateriaal. De bouwfysische berekeningen moeten een dynamische berekening over het hele jaar betreffen,

conform NEN-EN-ISO 13788. Een statische berekening - zoals de Glaser-methode - voldoet niet.

Isolatiedikte

Vanwege behoud van de monumentale waarden en de gunstige bouwfysische kwaliteiten van een monument is beperking van de dikte van het isolatiepakket wenselijk. Hierdoor ontstaan ook minder problemen bij de uitvoering, zoals bij buitenisolatie waarbij de aansluitproblemen bij onder meer dakgoten groter worden bij toenemende isolatiedikte. Beperking van de isolatiedikte wordt ook ingegeven door het feit dat de eerste centimeters isolatie de grootste besparingsbijdrage opleveren.

In de grafiek zijn de warmteweerstand en warmtestroomdichtheid in relatie tot de isolatiedikte weergegeven. De warmteweerstand (oranje lijn in grafiek) neemt lineair toe met de isolatiedikte. Dit betekent dat elke centimeter isolatie resulteert in dezelfde toename van de warmteweerstand. Het



Warmteweerstand en warmtestroomdichtheid in relatie tot isolatiedikte
(Bron: RCE, Na-isolatie van historische woonhuizen)

warmteverlies door de constructie wordt echter bepaald door de warmtestroomdichtheid. De warmtestroomdichtheid is namelijk de hoeveelheid warmte die per seconde door een vierkante meter materiaal stroomt. De warmtestroomdichtheid (rode lijn in grafiek) neemt exponentieel af met de toename van de isolatiedikte. Naarmate de isolatiedikte toeneemt vlakkt de lijn dus steeds verder af. Dit betekent dat elke centimeter isolatie die wordt toegevoegd steeds minder effectief is. Vanuit het oogpunt van monumentaal waardenbehoud, energiebesparing en materiaalgebruik dient de isolatiedikte liefst beperkt te blijven; meestal is een maat tot ongeveer 50 mm reëel.

Isolatiematerialen

Er bestaan diverse soorten isolatiematerialen zoals: minerale wol, schuimisolatie en natuurlijke isolatiematerialen.¹

- **Mineraal:** isolatiemateriaal op basis van gesponnen draden van gesmolten glas (glaswol) of steen (steenwol). Deze materialen hebben een wat lagere isolatiewaarde, zijn dampopen en kunnen vanwege de kleine vezelstructuur schadelijk zijn voor de gezondheid bij het aanbrengen en verwijderen.

- **Schuim:** isolatiemateriaal op basis van petrochemische grondstoffen zoals: PIR, PUR, EPS, XPS en resolschuim. Deze materialen hebben een hoge isolatiewaarde, zijn dampdicht, gemaakt van fossiele grondstoffen, redelijk brandgevaarlijk en stoten giftige stoffen uit bij brand.
- **Natuurlijk:** isolatiemateriaal op basis van natuurlijke grondstoffen zoals: houtwol, katoen, hennep, vlas en kurk. Deze materialen hebben een wat lagere isolatiewaarde, zijn dampopen, circulair en sluiten goed aan bij een traditionele bouwwijze.

In de onderstaande tabel zijn de λ -, Rd- en μ -waarden van diverse isolatiematerialen opgenomen.

Materiaal	λ (W/mK)	Rd bij 50 mm isolatie (m ² K/W)	μ
Biofoam	0,034	1,47	60
Cellulose	0,040	1,25	1-2
EPS	0,035	1,42	60
Glaswol	0,040	1,25	1-2
Hennep	0,040	1,25	1-10
Houtwol	0,040	1,25	3-5
Katoen	0,040	1,25	2
Kokos	0,043	1,16	nb
Kurk	0,040	1,25	5-30
PIR	0,023	2,17	60
PUR	0,027	1,85	60-80
Resolschuim	0,021	2,38	90-250
Schapenwol	0,035	1,42	1-2
Steenwol	0,040	1,25	1-5
Vlas	0,038	1,32	1-2
XPS	0,030	1,67	150-250

¹ Isolatiefolies zijn doorgaans opgebouwd uit diverse dunne lagen isolatiemateriaal afgewisseld met een laag aluminiumfolie. Het betreft dus geen ander isolatiemateriaal dan de hierboven genoemde materialen, maar het is een samengesteld product.

Materiaalkeuze

De keuze van het isolatiemateriaal wordt onder meer bepaald door de constructie, gekozen isolatiemethode, bouwfysische eigenschappen, brandwerendheid, levensduur, verwerkbaarheid.

Bij de keuze van het isolatiemateriaal is het ook van belang om de milieubelasting mee te laten wegen. Het Nederlands Instituut voor Bouwbiologie en Ecologie (NIBE) heeft voor diverse bouwmaterialen een Levens Cyclus Analyse (LCA) uitgevoerd. Zie de website van NIBE (www.nibe.info/nl/milieu-classificaties) voor de meest actuele informatie.

Aanbrengen isolatie

In alle gevallen bevat het isolatiepakket bij voorkeur geen holtes en is deze luchtdicht. Is dit niet het geval dan kan condensatie op de houten delen van de kapconstructie het gevolg zijn. Dit leidt tot aantasting (houtrot) van de kapconstructie. Vooral bij isolatie aan de binnenzijde is er kans op vochtproblemen door de vaak lastige detailleringen. Isoleren aan de buitenzijde verdient daarom vanuit bouwfysisch oogpunt de voorkeur, aangezien de dakconstructie zich dan aan de warme zijde bevindt.

Voor- en nadelen	Warmdak	Kouddak
Risico inwendige condensatie	++	-
Elimineren koudebruggen	+	-
Rc-waarde	++	+
Lucht- en waterdichtheid	++	o
Levensduurverlenging dak	+	o
Kosten	--	+
Uitvoering	--	+

Aanbrengen dampfolie (dampdicht isoleren)

Dampdicht isoleren aan de binnenzijde vereist een zeer zorgvuldige damp- en luchtdichte uitvoering, om afdoende afsluiting te kunnen garanderen. Bij isolatie aan de binnenzijde van de constructie ontstaat namelijk het risico van condensatie. Om dit te beperken moet een damscherms aan de warme zijde van de isolatie worden aangebracht. Bij buitensolatie is het condensatierisico minder groot, maar wordt veiligheidshalve ook een damscherms geadviseerd. Een damscherms is meestal een kunststof-folie al dan niet met een aluminium cachering. De dampfolie kan op of tussen de sporen of gordingen worden aangebracht. Openingen in dampfolies ten behoeve van dakdoorvoeren en elektravoorzienin-

gen moeten vermeden worden. De naden ter plaatse van de overlapping van de foliebanen en bij de aansluitingen op de dakconstructie en doorvoeren moeten luchtdicht worden afgeplakt met speciale tape. De folie mag niet geperforeerd worden.

In de praktijk blijkt dat de luchtdichtheid van dampfolies op termijn niet goed gegarandeerd kan worden. Dit wordt onder meer veroorzaakt door werking van de houten constructie en mogelijke doorboringen van de folie tijdens het gebruik van het gebouw. Daarom is een goede voorlichting van de gebouwgebruikers van belang om na het isoleren van een gebouw het risico van vochtproblemen tot een minimum te beperken.

Keuze dampfolie

De mate van dampremmendheid van dampfolie wordt uitgedrukt in Sd. Hoe hoger deze waarde hoe minder damp er wordt doorgelaten. De benodigde dampremming is afhankelijk van de opbouw van de constructie en de vochtbelasting. Het risico op condensatie kan worden bepaald met een dampspanningsberekening. In veel gevallen zal een 0,2 mm PE-folie een voldoende dampdiffusieweerstand (Sd = 13 m) bieden. Maar in een zeer vochtige omgeving zal een hogere dampdiffusieweerstand nodig zijn. Vraag bij dergelijk specifiek gebruik altijd een deskundig advies.

Uitvoeringscontrole

Tijdens de uitvoering moet het correct aanbrengen van isolatie, dampfolies en de binnenafwerking gecontroleerd worden. Het is verstandig dit te controleren na het aanbrengen van elke laag afzonderlijk. Preventie is essentieel omdat fouten kunnen leiden tot onherstelbare schade aan het monument of zeer hoge herstelkosten. Controle kan door middel van visuele inspecties tijdens de uitvoering. Achteraf kunnen metingen worden uitgevoerd, zoals thermografische opnames (isolatiefouten) en blowerdoortests (luchtdichtheid). Dit zou in aanvulling kunnen worden gedaan op de inspecties tijdens de werkzaamheden, als extra check. Alleen achteraf metingen uitvoeren is niet aan te bevelen, om hoge herstelkosten achteraf tot een minimum te beperken.

Ventilatie

Isoleren van de gebouwschil vermindert de natuurlijke ventilatie. De infiltratie van buitenlucht wordt namelijk beperkt doordat kieren worden gedicht en het isolatiepakket de constructie luchtdichter maakt. Een ander gevolg van isolatie is dat koudebruggen in de constructie tot vochtproblemen kunnen leiden. Balkopleggingen, kozijnen en spantbenen zijn voorbeelden van constructiedelen die de isolatielaag doorbreken en een koudebrug vormen. Afhankelijk van het binnenklimaat kan op deze plaatsen condensatie optreden. Na het isoleren van een gebouw is daarom extra ventilatie vereist voor het afvoeren van leefvocht, luchtverversing en om vochtproblemen te vermijden. Gemiddeld kan voor historische gebouwen een ventilatievoud van 0,8 tot 1,0 worden aangehouden. Dit betekent dat per uur 80% tot 100% van de lucht in een ruimte wordt verversd. In vochtige ruimten (badkamer, keuken) is een hoger ventilatievoud nodig en in ruimten met een lage luchtvochtigheid volstaat en lager ventilatievoud.

