



Stichting
Erkende
Restauratiekwaliteit
Monumentenzorg

Isoleren van historische pannendaken

volgens URL 4014



Tekeningen, beschrijvingen en aanwijzingen

Isoleren van pannendaken

Deze brochure geeft isolatieconcepten voor het isoleren van pannendaken bij monumenten. De isolatieconcepten bestaan uit tekeningen, beschrijvingen en aanwijzingen. De inhoud is ontleend aan URL 4014 'Historisch pannendak'. Raadpleeg voor een juist gebruik ook de URL. Aan de hand van de beslisboom op de volgende pagina kunt u nagaan welk isolatieconcept in uw geval van toepassing is.

Toelichting beslisboom

Binnenisolatie

Bij binnenisolatie bevindt de isolatie zich aan de binnenzijde van de dakconstructie. Bij een beschooten kap bevindt de isolatie zich dan aan de binnenzijde tegen het dakbeschoot en bij een onbeschooten kap onder of tussen de sporen/gordingen.

Buitenisolatie

Bij buitenisolatie bevindt de isolatie zich aan de buitenzijde van de dakconstructie. Bij een beschooten kap bevindt de isolatie zich dan op het dakbeschoot en bij een onbeschooten kap op de sporen/gordingen.

Onderdakse ruimte

De gebruiksfunctie is mede bepalend voor de wijze van isoleren. Met het oog op wisselingen in gebruiksfunctie in de toekomst kan het soms beter zijn om bij een huidige onverwarmde gebruikruimte toch uit te gaan van een verwarmde gebruikruimte.

Vervanging dakpannen

Indien vervanging van dakpannen aan de orde is kan buitenisolatie tegen lagere kosten worden uitgevoerd. Ook het aanbrengen van een waterkerende laag in het geval van binnenisolatie is dan relatief voordelig.

Vochtig dakbeschoot

Dakbeschoot met vochtsporen mag niet aan de binnenzijde geïsoleerd worden zonder eerst vochtwerende maatregelen aan de buitenzijde te nemen. Er moet dan een waterkerende laag op het dakbeschoot aangebracht worden en de dakbedekking moet voldoende waterdicht zijn aangebracht.

Verhoging dakvlak

Hierbij gaat er om of verhoging van het dakvlak bouwkundig mogelijk is en vanuit monumentaal oogpunt is toegestaan.

Aanzicht dakvlak

Bij welvingen die in de loop der tijd zijn ontstaan in het dakvlak kan het vanwege het monumentale beeld wenselijk/vereist zijn om deze te behouden.

Sporen of gordingen wel/niet in zicht

Bij isolatie aan de binnenzijde kunnen de sporen/gordingen in het zicht worden gehouden óf achter de dampfolie en binnenaferking worden weggewerkt.

Toelichting isolatieconcepten

De isolatieconcepten in deze bijlage zijn richtinggevend bedoeld, omdat isoleren altijd maatwerk is. De tekeningen zijn gebaseerd op een dampdichte isolatiemethode. Bij de concepten die zich ook lenen voor een dampopen uitvoering is aangegeven op welke onderdelen de dampopen opbouw afwijkt van de dampdichte opbouw van het isolatiepakket. Voor elk monument moet individueel worden bepaald welk isolatieconcept en welke isolatiemethode en materialen geschikt zijn. Met name de inwendige en uitwendige vochtbelasting en de conditie van de kapconstructie zijn in dit opzicht belangrijke factoren. Deskundig bouwfysisch advies is daarom vereist voor een juiste uitwerking van een isolatieconcept voor een specifieke situatie. Verder leidt isolatie tot een vermindering van de natuurlijke ventilatie en een gewijzigde vochtbalans, zodat de ventilatievoorzieningen hierop moeten worden aangepast.

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

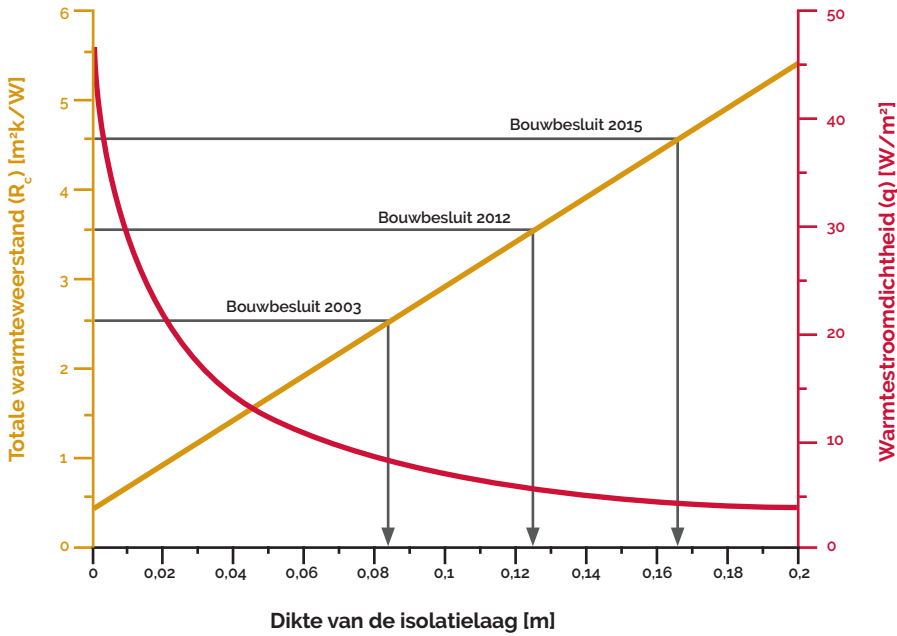
In principe zijn er twee methoden van na-isolatie namelijk dampdicht en dampopen, waarbij dampopen is te verdelen in niet-capillair actief en capillair actief. Dampopen niet-capillair actief isoleren is in het algemeen te risicovol.

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 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



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

(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.

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 aantas-

ting (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 dampscherm aan de warme zijde van de isolatie worden aangebracht. Bij buitenisolatie is het condensatierisico minder groot, maar wordt veiligheidshalve ook een dampscherm geadviseerd. Een dampscherm 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 elektravoorzieningen 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.

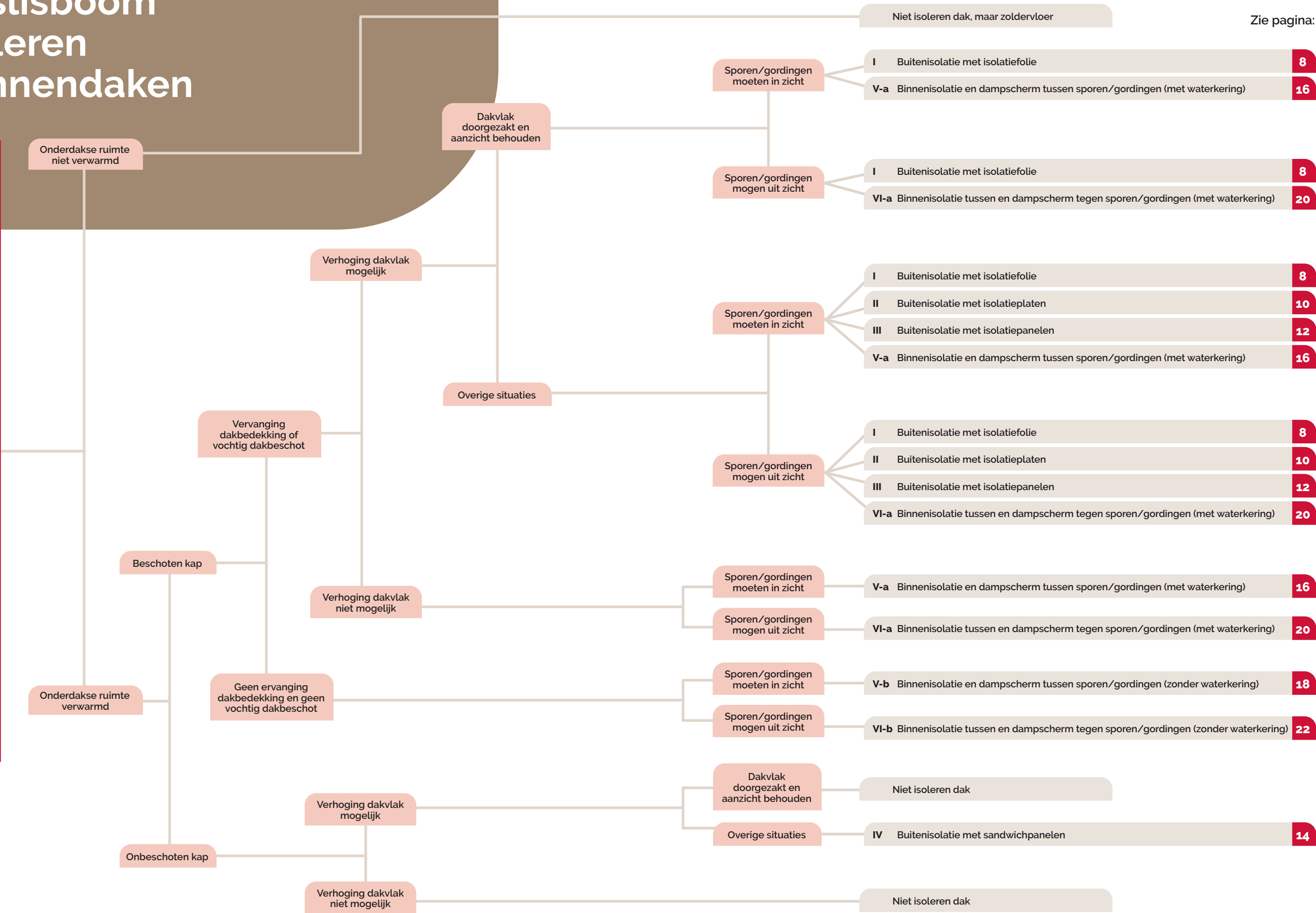
Ventilatie

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 ververst. In vochtige ruimten (badkamer, keuken) is een hoger ventilatievoud nodig en in ruimten met een lage luchtvochtigheid volstaat en lager ventilatievoud.

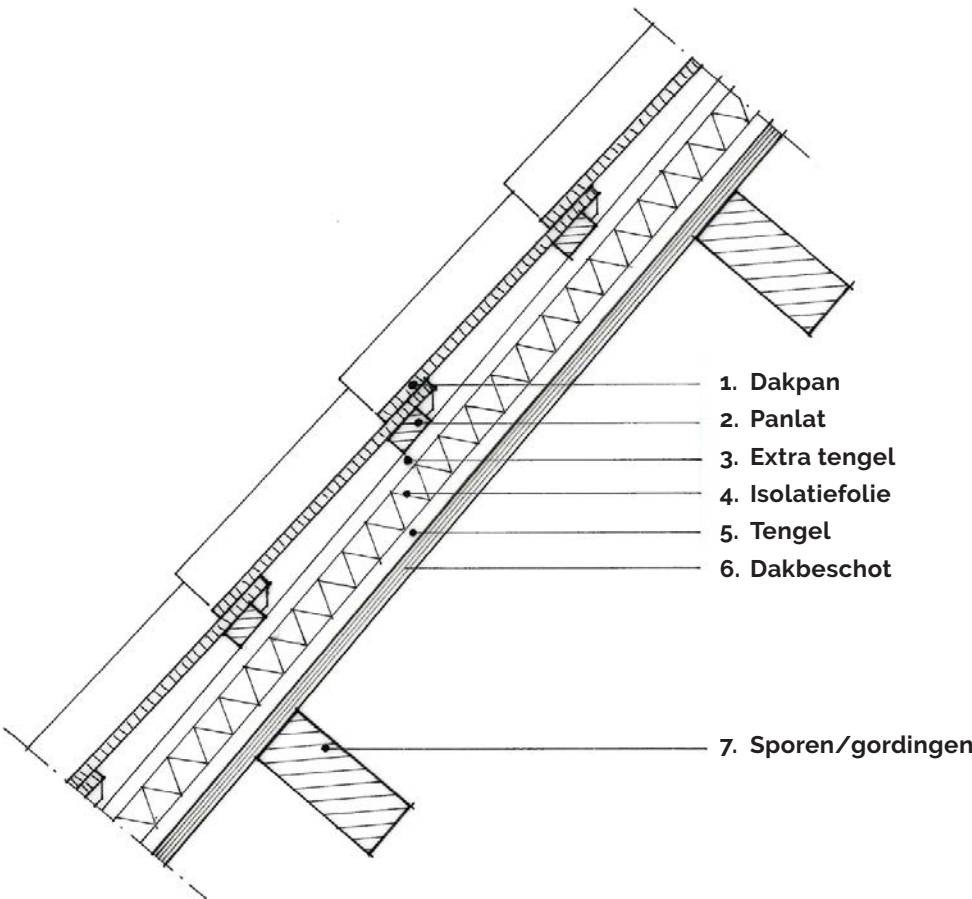
¹ Isolatiefolies zijn doorgaans opgebouwd uit diverse dunne lagen isolatiemateriaal afgewisseld met een laag aluminiumfolie. Het betreft dus geen ander isolatiemateriaal dan de hierboven genoemde materialen, maar het is een samengesteld product.

Beslisboom isoleren pannendaken

Isolatie Historisch pannendak - URL 4014



Buitenisolatie met isolatiefolie



Beschrijving

Buitenisolatie is bouwfysisch de beste oplossing omdat koudebruggen worden voorkomen en het risico van condensatie in de dakconstructie wordt beperkt. Isolatiefolie kan hiervoor worden toegepast. Deze folie bestaat uit diverse lagen aluminiumfolie met daartussen lucht of isolatiemateriaal en heeft tevens een waterkerende functie (W1) en zorgt voor een goede luchtdichting. Er is echter nog veel onbekend over de bouwfysische effecten en de daadwerkelijke energiebesparing van deze folies. De isolerende werking wordt in belangrijke mate bepaald door de thermische weerstand van de luchtsponen tussen de isolatiefolie en de constructie. Voor een optimaal effect is daarom een spouw van minimaal 20 mm nodig aan weerszijden van de isolatiefolie. Isolatiefolie moet minimaal 10 mm vrij blijven van de onderkant van de panlatten, zodat de afvoer van eventueel regenwater en vocht niet wordt geblokkeerd. Daarom worden extra tengels boven op de folie aangebracht. De verhoging van het dakvlak is ongeveer gelijk aan de foliedikte plus

30 mm (ten behoeve van de vereiste spouw aan de onderzijde en een toeslag voor uitzakking van de folie). De folie is van zichzelf dampdicht, dus dampopen isoleren is met isolatiefolie niet mogelijk. Isolatie vermindert de natuurlijke ventilatie en wijzigt de vochtbalans, waardoor er vaak extra luchtverversing nodig is. De ventilatievoorziening moet hierop afgestemd worden.

Randvoorwaarden toepassing

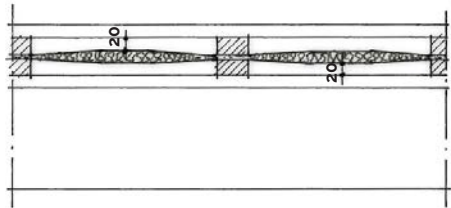
Voorwaarde voor toepassing van buitenisolatie is dat de dakaansluitingen, zoals bij gevels, schoorstenen, dakkapellen en daklichten, vanwege de verhoging van het dakvlak goed en zonder beeldvervalsing kunnen worden uitgevoerd. Met isolatiefolie is het mogelijk om complexe dakvlakken te isoleren en doorzakkingen in het dakvlak te behouden.

Geschiktheid voor isolatiemethode

✓ Dampdicht

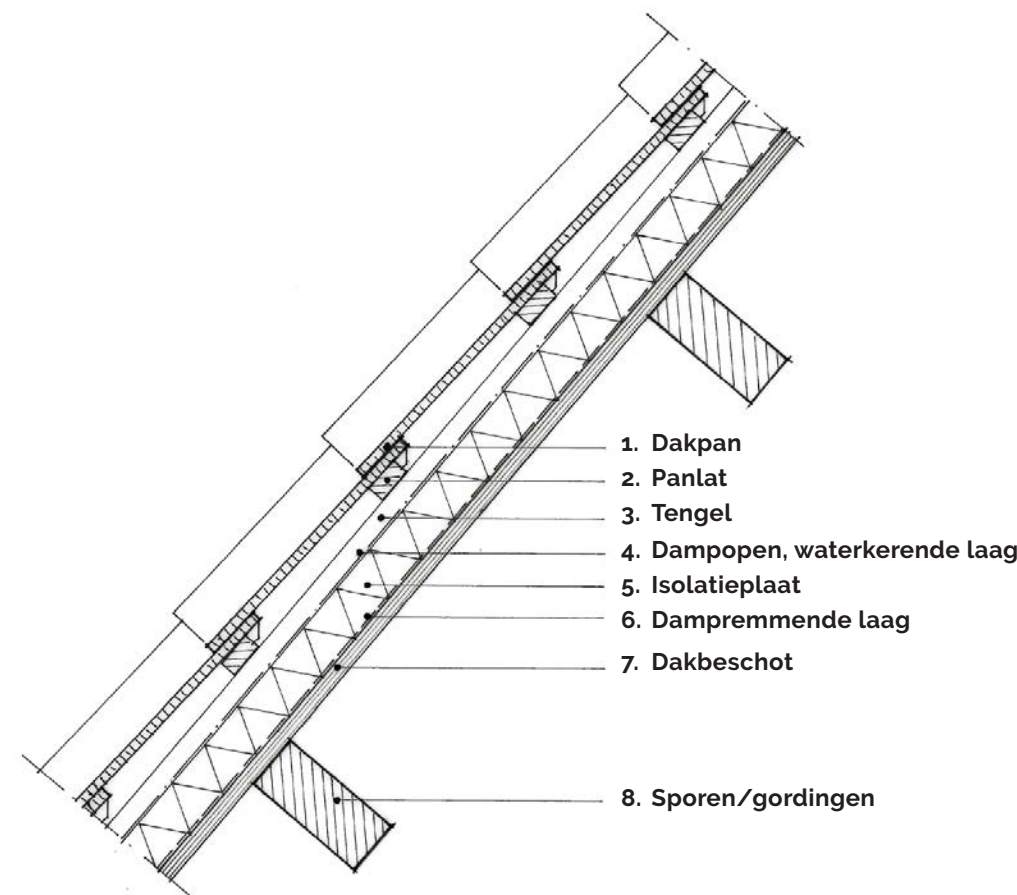
Uitvoeringsinstructies

- 1. **Dakpannen** - De dakpannen worden in principe hergebruikt en waar nodig aangevuld.
- 2. **Panlatten** - De panlatten worden vernieuwd.
- 3. **Extra tengels** - De isolatiefolie wordt op de bestaande tengels vastgezet met extra tengels. De dikte van de extra tengels is ongeveer gelijk aan 50% van de foliedikte plus 10 mm voor de vereiste speling onder de panlatten. Dit tezamen met de panlatten zorgt voor voldoende spouwruimte aan de bovenzijde (minimaal 20 mm) om de thermische werking van de isolatiefolie te waarborgen.



- 4. **Isolatiefolie** - De isolatiefolie wordt over de (opgehoogde) tengels gespannen en vastgezet. Daarbij wordt de folie tussen de tengels nagenoeg volledig samengedrukt. De isolatiefolie dient vrij te blijven van het dakbeschot en de panlatten. De overlappende langs- en dwarsnaden tussen de stroken en aansluitingen rondom moeten zorgvuldig met de door de fabrikant voorgeschreven materialen worden afgedicht.
- 5. **Tengels** - De bestaande tengels kunnen in principe blijven zitten en moeten worden opgehoogd tot 50% van de foliedikte plus 30 mm, voor de vereiste spouw aan de onderzijde van de folie.
- 6. **Dakbeschot** - Het dakbeschot kan in principe blijven zitten. Aangetaste delen kunnen vernieuwd worden.
- 7. **Sporen/gordingen** - De sporen/gordingen blijven zitten.

Buitenisolatie met isolatieplaten



Beschrijving

Buitenisolatie is bouwfysisch de beste oplossing omdat koudebruggen worden voorkomen en het risico van condensatie in de dakconstructie wordt beperkt. Isolatieplaten kunnen hiervoor worden toegepast. Deze zijn niet zelfdragend en worden op het dakbeschot aangebracht. De isolatieplaten bestaan doorgaans uit isolatiemateriaal zonder verdere afwerking. Bij dampdicht isoleren wordt een dampfolie aan de warme zijde aangebracht. Bij dampopen capillair actief isoleren mag geen dampfolie 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, waardoor er vaak extra luchtverversing nodig is. De ventilatievoorziening moet hierop afgestemd worden.

Randvoorwaarden toepassing

Voorwaarde voor toepassing van buitenisolatie is dat de dakaansluitingen, zoals bij gevels, schoorstenen, dakkapellen en daklichten, vanwege de verhoging van het dakvlak goed en zonder beeldvervalsing kunnen worden uitgevoerd. Met isolatieplaten is het mogelijk om complexe dakvlakken te isoleren.

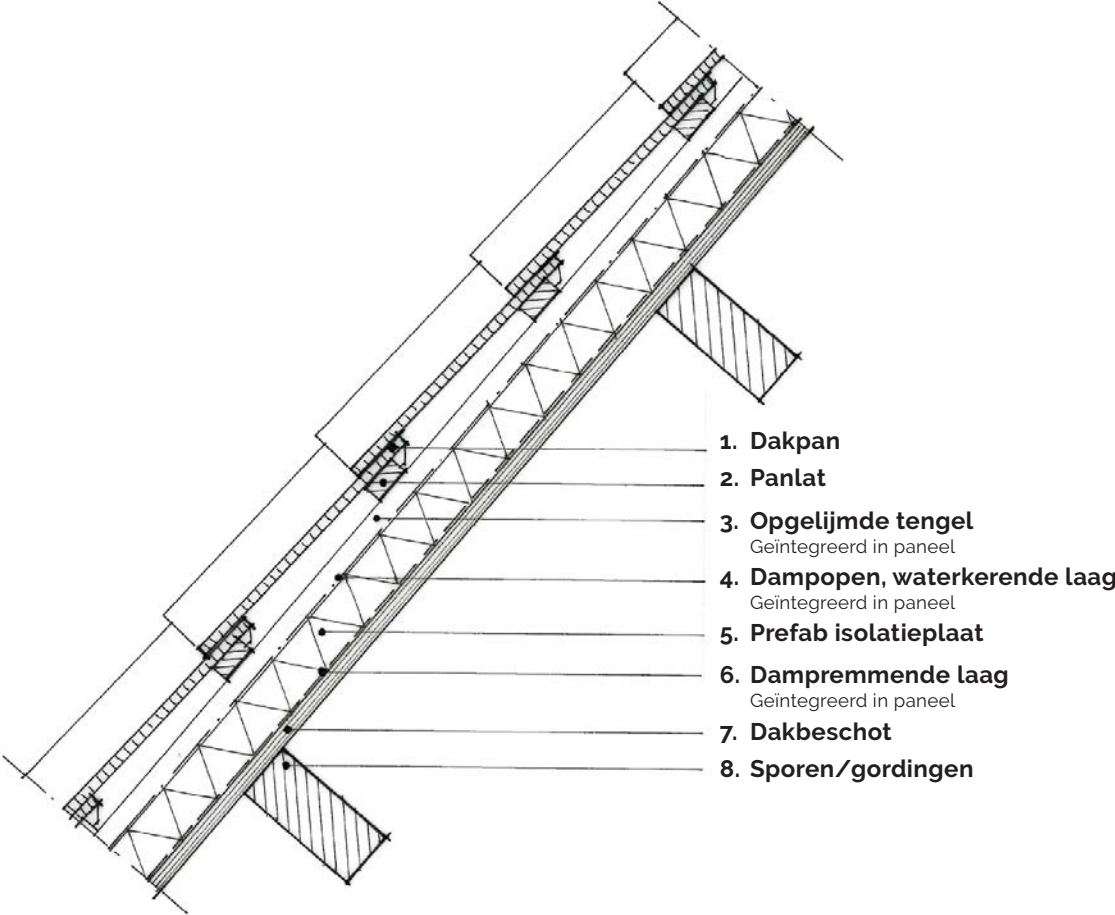
Geschiktheid voor isolatiemethode

- ✓ Dampdicht
- ✓ Dampopen capillair actief

Uitvoerings-instructies

- Dakpannen** - De dakpannen worden in principe hergebruikt en waar nodig aangevuld.
- Panlatten** - De panlatten worden vernieuwd.
- Tengels** - De tengels worden vernieuwd en over de waterkerende laag heen aangebracht op de regels tussen de isolatieplaten.
- Waterkerende laag** - Over de regels en isolatieplaat wordt een dampopen ($S_d < 0,2 \text{ m}$) waterkerende folie aangebracht.
- Isolatieplaat** - Op het dakbeschot worden regels aangebracht met een dikte gelijk aan de dikte van de isolatieplaat. Deze regels worden vastgeschroefd op de sporen/gordingen. De isolatieplaat wordt tussen de regels aangebracht. De houten regels verlagen de effectieve R_c -waarde, omdat hout minder goed isoleert dan isolatiemateriaal. Bij grotere eenvoudige dakvlakken is het daarom vaak beter om te kiezen voor isolatiepanelen, die dit nadeel niet hebben. Bij dampopen capillair actief isoleren moeten ook de isolatieplaten capillair actief zijn.
- Dampremmende laag** - Op het dakbeschot wordt een dampfolie aangebracht ($S_d > 10 \text{ m}$). De foliebanen worden voldoende overlappend (100 mm) aangebracht en afgetaped. Bij dampopen capillair actief isoleren ontbreekt deze laag.
- Dakbeschot** - Het dakbeschot blijft zitten. Aangetaste delen kunnen vernieuwd worden. Indien het dakbeschot aan de binnenzijde is voorzien van een afwerklaag, dan moet bij dampopen capillair actief isoleren ook de afwerklaag capillair actief zijn.
- Sporen/gordingen** - De sporen/gordingen blijven zitten.

Buitenisolatie met isolatiepanelen



Beschrijving

Buitenisolatie is bouwfysisch de beste oplossing omdat koudebruggen worden voorkomen en het risico van condensatie in de dakconstructie wordt beperkt. Isolatiepanelen kunnen hiervoor worden toegepast. Deze zijn niet zelfdragend en worden op het dakbeschot aangebracht. De isolatiepanelen bestaan doorgaans uit isolatieplaten die aan de onderzijde zijn voorzien van een dampfolie en aan de bovenzijde van een waterkerende laag en opgelijmde tengels. Bij dampopen capillair actief isoleren mogen alleen isolatiepanelen zonder dampfolie 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, waardoor er vaak extra luchtverversing nodig is. De ventilatievoorziening moet hierop afgestemd worden.

Randvoorwaarden toepassing

Voorwaarde voor toepassing van buitenisolatie is dat de dakaansluitingen, zoals bij gevels, schoorstenen, dakkapellen en daklichten, vanwege de verhoging van het dakvlak goed en zonder beeldverstoring kunnen worden uitgevoerd. Isolatiepanelen zijn met name geschikt voor grote eenvoudige dakvlakken.

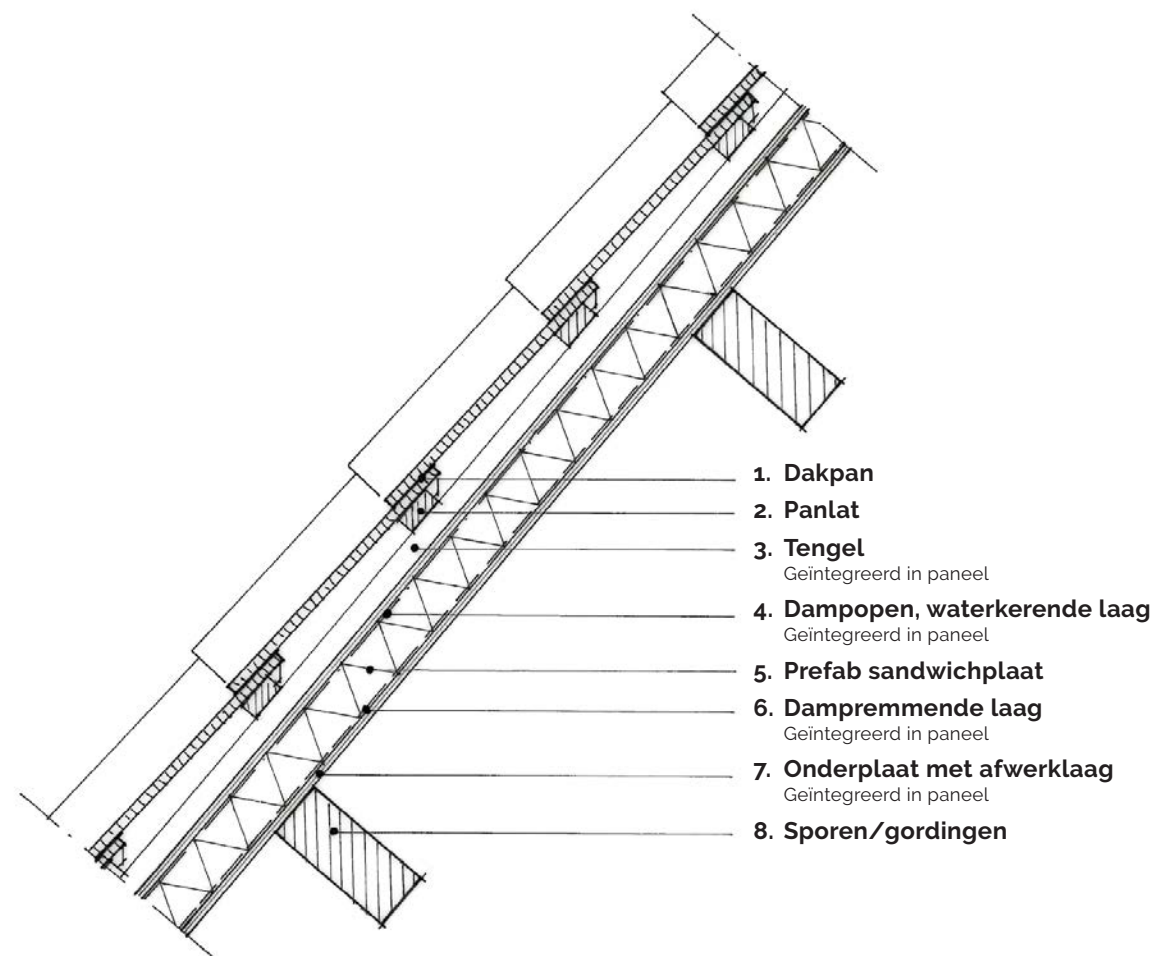
Geschiktheid voor isolatiemethode

- ✓ Dampdicht
- ✓ Dampopen capillair actief

Uitvoeringsinstructies

- Dakpannen** - De dakpannen worden in principe hergebruikt en waar nodig aangevuld.
- Panlatten** - De panlatten worden vernieuwd.
- Tengels** - In het isolatiepaneel zijn tengels geïntegreerd. Doordat de tengels op de isolatieplaat zijn gelijmd wordt een hogere isolatiewaarde behaald dan bij isolatieplaten.
- Waterkerende laag** - In het isolatiepaneel is de waterkerende functie geïntegreerd. Deze laag dient dampopen te zijn met een dampdiffusieweerstand $S_d < 0,2 \text{ m}$.
- Isolatiepaneel** - De isolatiepanelen worden op het dakbeschot aangebracht en via de opgelijmde tengels vastgeschroefd op de dakconstructie. Het bevestigen en afwerken dient overeenkomstig de verwerkingsvoorschriften van de leverancier te gebeuren. Bij dampopen capillair actief isoleren moeten isolatiepanelen worden toegepast die hiervoor geschikt zijn.
- Dampremmende laag** - Het dampscherm is doorgaans geïntegreerd in het isolatiepaneel en moet een dampdiffusieweerstand $S_d > 10 \text{ m}$ hebben. Bij dampopen capillair actief isoleren ontbreekt deze laag.
- Dakbeschot** - Het dakbeschot blijft zitten. Aangetaste delen kunnen vernieuwd worden. Indien het dakbeschot aan de binnenzijde is voorzien van een afwerklaag, dan moet bij dampopen capillair actief isoleren ook de afwerklaag capillair actief zijn.
- Sporen/gordingen** - De sporen/gordingen blijven zitten.

Buitenisolatie met sandwichpanelen



Beschrijving

Buitenisolatie is bouwfysisch de beste oplossing omdat koudebruggen worden voorkomen en het risico van condensatie in de dakconstructie wordt beperkt. Sandwichpanelen kunnen hiervoor worden toegepast. Deze zijn zelfdragend en worden direct op de sporen/gordingen aangebracht. De sandwichpanelen bestaan doorgaans uit isolatieplaten die aan de onderzijde zijn voorzien van een dampfolie en een dragende onderplaat en aan de bovenzijde van een waterkerende laag en opgelijmde tengels. Bij dampopen capillair actief isoleren mogen alleen sandwichpanelen zonder dampfolie worden toegepast en moet het isolatiemateriaal, de onderplaat en afwerklaag 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, waardoor er vaak extra luchtverversing nodig is. De ventilatievoorziening moet hierop afgestemd worden.

Randvoorwaarden toepassing

Voorwaarde voor toepassing van buitenisolatie is dat de dakaansluitingen, zoals bij gevels, schoorstenen, dakkapellen en daklichten, vanwege de verhoging van het dakvlak goed en zonder beeldvervalsing kunnen worden uitgevoerd. Sandwichpanelen zijn leverbaar in grote lengtes en zijn met name geschikt voor het volledig vernieuwen van grote eenvoudige dakvlakken zonder dakbeschot of indien het dakbeschot vernieuwd moet worden.

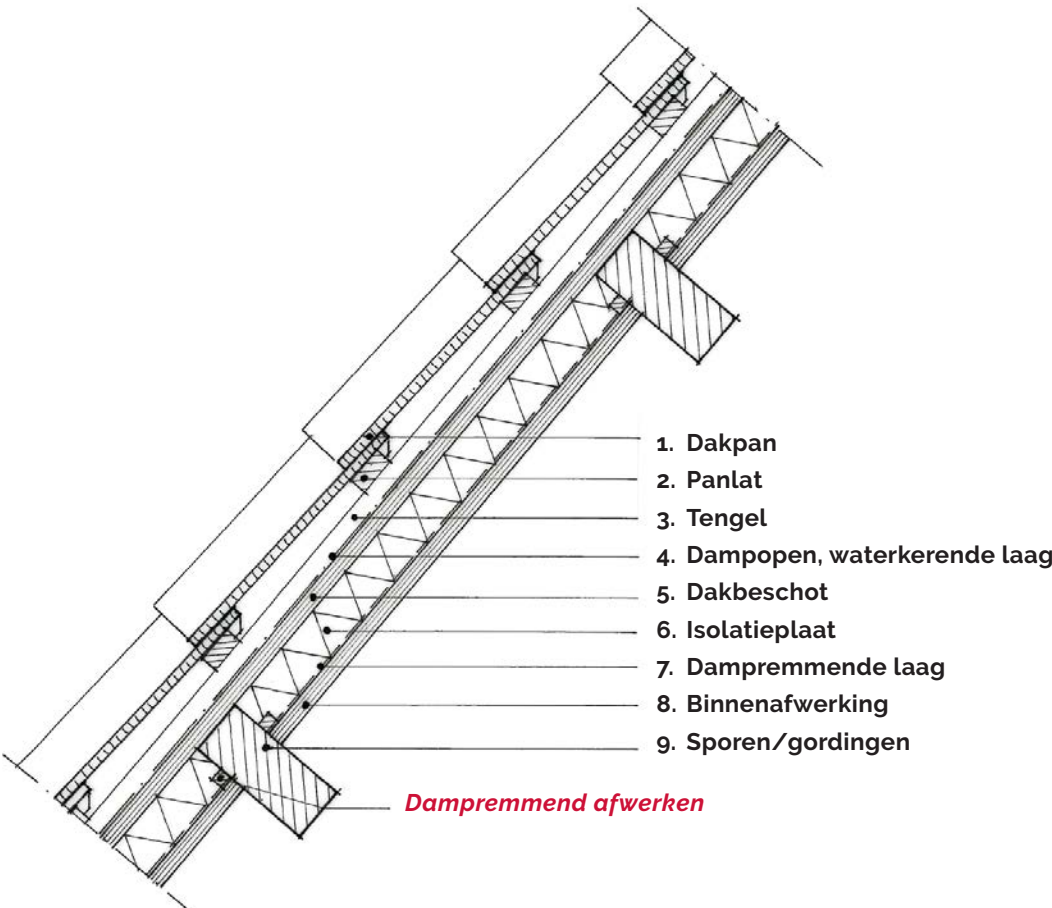
Geschiktheid voor isolatiemethode

- ✓ Dampdicht
- ✓ Dampopen capillair actief

Uitvoeringsinstructies

- Dakpannen** - De dakpannen worden in principe hergebruikt en waar nodig aangevuld.
- Panlatten** - De panlatten worden vernieuwd.
- Tengels** - De tengels zijn geïntegreerd in het sandwichpaneel.
- Waterkerende laag** - De waterkerende functie is geïntegreerd in het sandwichpaneel. Deze laag dient dampopen te zijn met een dampdiffusieweerstand $S_d < 0,2 \text{ m}$.
- Prefab sandwichpaneel** - De sandwichpanelen worden op de sporen/gordingen aangebracht en bevestigd op de dakconstructie. Het bevestigen en afwerken dient overeenkomstig de verwerkingsvoorschriften van de leverancier te gebeuren. Bij dampopen capillair actief isoleren moeten sandwichpanelen worden toegepast die hiervoor geschikt zijn.
- Dampremmende laag** - Het dampscherm is doorgaans geïntegreerd in het sandwichpaneel en moet een dampdiffusieweerstand $S_d > 10 \text{ m}$ hebben. Bij dampopen capillair actief isoleren ontbreekt deze laag.
- Onderplaat met afwerklaag** - De onderplaat maakt deel uit van het sandwichpaneel. Bij dampopen capillair actief isoleren moet ook deze laag capillair actief zijn.
- Sporen/gordingen** - De sporen/gordingen blijven zitten.

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 dakpannen 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.

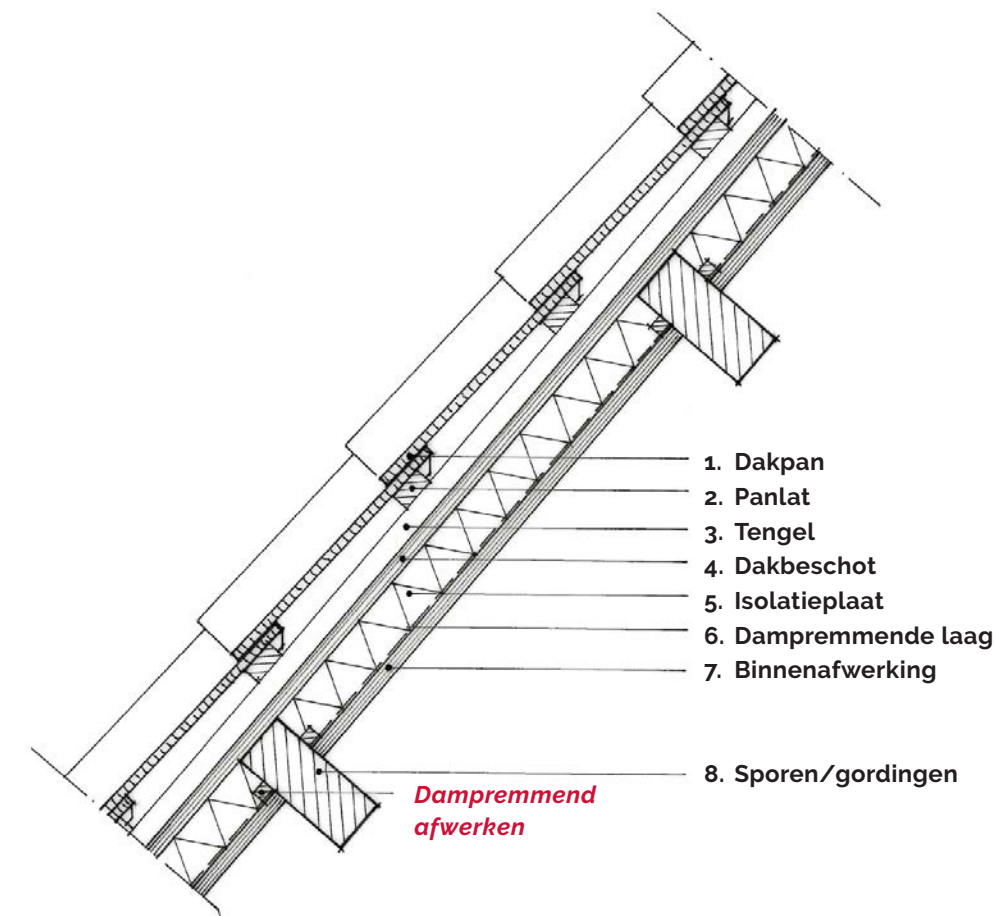
Geschiktheid voor isolatiemethode

- ✓ Dampdicht
- ✓ Dampopen capillair actief

Uitvoeringsinstructies

- Dakpannen** - De dakpannen worden in principe hergebruikt en waar nodig aangevuld.
- Panlatten** - De panlatten worden vernieuwd.
- Tengels** - De tengels worden vernieuwd.
- Waterkerende laag** - Op het dakbeschot wordt een dampopen waterkerende folie ($S_d < 0,2 \text{ m}$) aangebracht.
- Dakbeschot** - Het dakbeschot blijft zitten. Aangetaste delen kunnen vernieuwd worden. Het dakbeschot moet droog zijn voordat de isolatie aangebracht mag worden.
- 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 luchtsponwen en holtes worden aangebracht en volledig met dampopen capillair actieve lijm met het dakbeschot worden verlijmd.
- Dampremmende laag** - Tegen de isolatieplaat wordt een dampfolie aangebracht ($S_d > 10 \text{ m}$). 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.
- 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.
- Sporen/gordingen** - De sporen/gordingen blijven zitten.

Binnenisolatie en dampscherm tussen sporen/gordingen (zonder 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. Indien de dakpannen niet worden vervangen en het dakbeschot geen lekkagesporen vertoont en verder in goede staat is, is een waterkerende laag niet noodzakelijk. 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

Vanwege het ontbreken van de waterkerende laag is regelmatige dakinspectie aan de buitenzijde vereist, omdat eventuele lekkages achter de isolatie verdwijnen en niet tijdig worden opgemerkt aan de binnenzijde. 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.*

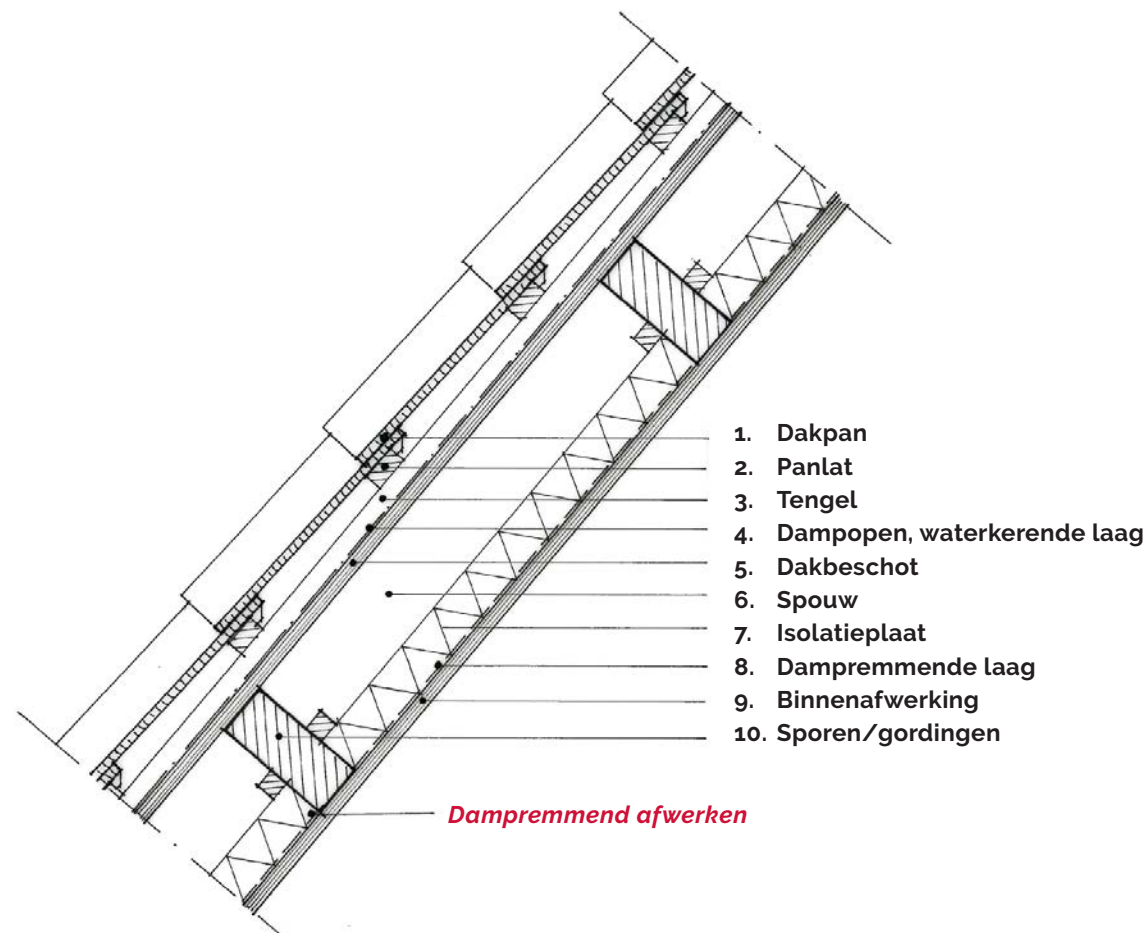
Geschiktheid voor isolatiemethode

- ✓ Dampdicht
- ✓ Dampopen capillair actief

Uitvoeringsinstructies

- 1. Dakpannen** - Geen werkzaamheden aan de buitenzijde.
- 2. Panlatten** - Geen werkzaamheden aan de buitenzijde.
- 3. Tengels** - Geen werkzaamheden aan de buitenzijde.
- 4. Dakbeschot** - Het dakbeschot (van goede kwaliteit) blijft zitten.
- 5. 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 luchtsponwen en holtes worden aangebracht en volledig met dampopen capillair actieve lijm met het dakbeschot worden verlijmd.
- 6. 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.
- 7. 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.
- 8. Sporen/gordingen** - De sporen/gordingen blijven zitten.

Binnenisolatie tussen en dampscherm tegen 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 dakpannen wordt een waterkerende laag altijd aanbevolen en bij een vochtig dakbeschoot - waarvan de oorzaak altijd eerst verholpen moet worden bij isoleren - is deze vereist. Als de sporen/gordingen niet in het zicht hoeven te blijven wordt de isolatie tussen en de dampfolie tegen de sporen/gordingen aangebracht. Omdat er in monumenten liefst niet te dik geïsoleerd wordt ontstaat er een spouw tussen isolatie en dakbeschoot. Een spouw kan echter negatieve gevolgen hebben in verband met convectief damptransport. Een dynamische dauwpuntberekening moet uitwijzen of dit isolatieconcept toegepast kan worden en welke materiaalspecificaties daarbij gelden. Vanwege de aanwezige spouw is dampopen capillair actief isoleren

geen optie voor dit isolatieconcept. 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.*

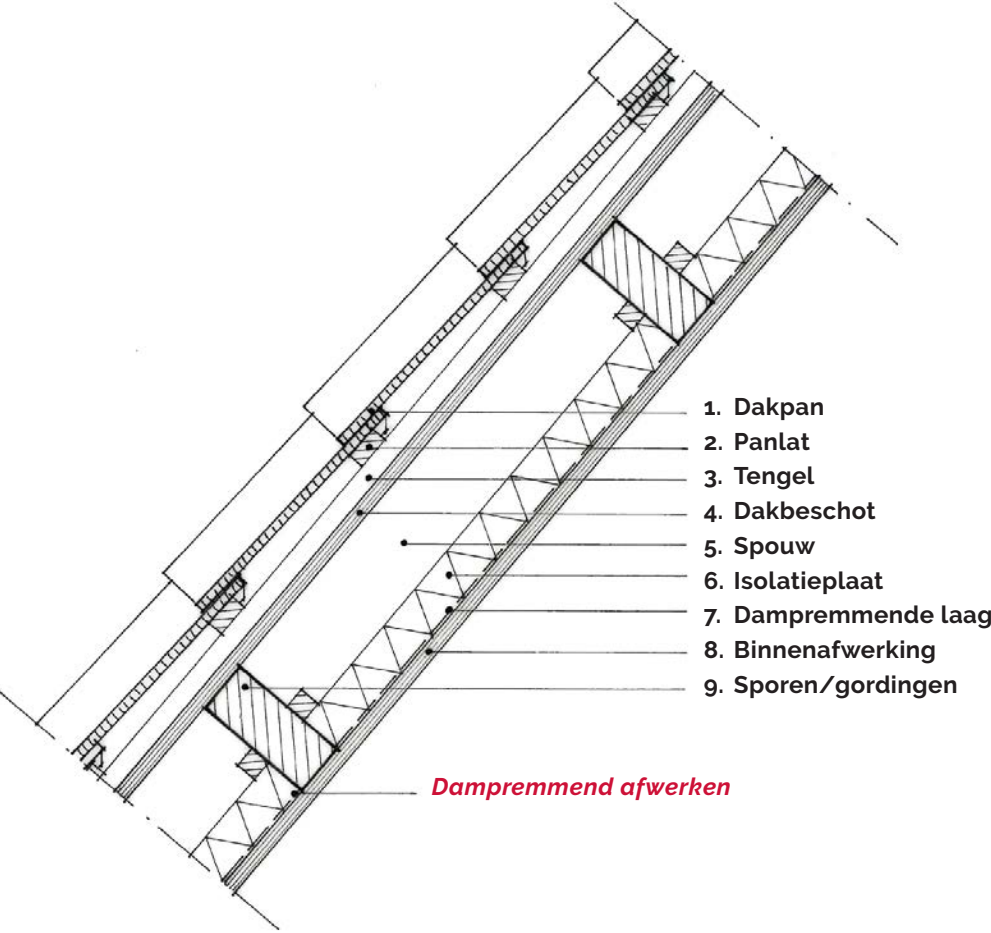
**Geschiktheid voor
isolatiemethode**

✓ Dampdicht

**Uitvoerings-
instructies**

- 1. Dakpannen** - De dakpannen worden in principe hergebruikt en waar nodig aangevuld.
- 2. Panlatten** - De panlatten worden vernieuwd.
- 3. Tengels** - De tengels worden vernieuwd.
- 4. Waterkerende laag** - Op het dakbeschoot wordt een dampopen waterkerende folie ($S_d < 0,2 \text{ m}$) aangebracht.
- 5. Dakbeschoot** - Het dakbeschoot blijft zitten. Aangetaste delen kunnen vernieuwd worden. Het dakbeschoot moet droog zijn voordat de isolatie aangebracht mag worden.
- 6. Spouw** - In de (eventueel met buitenlucht geventileerde) spouw worden latten tegen de sporen/gordingen aangebracht om de isolatieplaten te fixeren.
- 7. 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. Bij zachte isolatieplaten moeten maatregelen worden getroffen om uitzakking van de platen te voorkomen.
- 8. Dampremmende laag** - Tegen de sporen/gordingen wordt een dampfolie aangebracht ($S_d > 10 \text{ m}$). De foliebanen moeten worden aangebracht met 100 mm overlap en worden afgetaped.
- 9. Binnenafwerking** - Tegen de isolatie/folie wordt een plaatafwerking aangebracht op de sporen/gordingen. Hierdoor is de structuur van de kap niet meer zichtbaar. Bij het aanbrengen van de plaatafwerking mag de dampfolie niet worden geperforeerd.
- 10. Sporen/gordingen** - De sporen/gordingen blijven zitten.

Binnenisolatie tussen en dampscherm tegen sporen/gordingen (zonder 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. Indien de dakpannen niet worden vervangen en het dakbeschot geen lekkagesporen vertoont en verder in goede staat is, is een waterkerende laag niet noodzakelijk. Als de sporen/gordingen niet in het zicht hoeven te blijven wordt de isolatie tussen en de dampfolie tegen de sporen/gordingen aangebracht. Omdat er in monumenten liefst niet te dik geïsoleerd wordt ontstaat er een spouw tussen isolatie en dakbeschot. Een spouw kan echter negatieve gevolgen hebben in verband met convectief damptransport. Een dynamische dauwpuntberekening moet uitwijzen of dit isolatieconcept toegepast kan worden en welke materiaalspecificaties daarbij gelden. Vanwege de aanwezige spouw is dampopen capillair actief isoleren geen optie voor

dit isolatieconcept. Isolatie vermindert de natuurlijke ventilatie en wijzigt de vochtbalans, hetgeen bij binnenisolatie tot vochtproblemen kan leiden. De ventilatievoorziening moet hierop afgestemd worden.

**Randvoorwaarden
toepassing**

Vanwege het ontbreken van de waterkerende laag is regelmatige dakinspectie aan de buitenzijde vereist, omdat eventuele lekkages achter de isolatie verdwijnen en niet tijdig worden opgemerkt aan de binnenzijde. 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

**Uitvoerings-
instructies**

- 1. **Dakpannen** - Geen werkzaamheden aan de buitenzijde.
- 2. **Panlatten** - Geen werkzaamheden aan de buitenzijde.
- 3. **Tengels** - Geen werkzaamheden aan de buitenzijde.
- 4. **Dakbeschot** - Het dakbeschot (van goede kwaliteit) blijft zitten.
- 5. **Spouw** - In de (eventueel met buitenlucht geventileerde) spouw worden latten tegen de sporen/gordingen aangebracht om de isolatieplaten te fixeren.
- 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. Bij zachte isolatieplaten moeten maatregelen worden getroffen om uitzakking van de platen te voorkomen.
- 7. **Dampremmende laag** - Tegen de gordingen wordt een dampfolie aangebracht ($S_d > 10 \text{ m}$). De foliebanen moeten worden aangebracht met 100 mm overlap en worden afgetaped.
- 8. **Binnenafwerking** - Tegen de isolatie/folie wordt een plaatafwerking aangebracht op de sporen/gordingen. Hierdoor is de structuur van de kap niet meer zichtbaar. Bij het aanbrengen van de plaatafwerking mag de dampfolie niet worden geperforeerd.
- 9. **Sporen/gordingen** - De sporen/gordingen blijven zitten.

Uitvoeringsrichtlijn

Deze brochure bevat onderdelen van URL 4014. Raadpleeg voor de complete tekst van de URL www.stichtingerm.nl/kennis-richtlijnen.

Erkende bedrijven

Kijk voor erkende bedrijven op: www.stichtingerm.nl/publicaties

Erkende bedrijven mogen het logo Erkende Restauratiekwaliteit Monumentenzorg voeren.



*Samenwerken aan de hoogste
onderhoud- en restauratiekwaliteit*



Stichting
Erkende
Restauratiekwaliteit
Monumentenzorg

Postbus 420, 2800 AK Gouda
Tel. 085 - 4862480
secretariaat@stichtingERM.nl
www.stichtingERM.nl

*De inhoud van deze brochure is met zorg
samengesteld. De stichting ERM aanvaardt
echter geen aansprakelijkheid ten aanzien
van mogelijke onjuistheden.*