

Toolkit Energieduurzaamheid voor Historische bebouwing



Richtlijnen

Inleiding

Het klimaat staat hoog op de agenda en veel projecten worden geïnitieerd om de energieduurzaamheid van gebouwen te verbeteren. Om aan deze wens te voldoen worden vanuit de hedendaagse bouwpraktijk standaardoplossingen toegepast zoals dubbel glas en dikke isolatiepakketten voor gevels en het dak. Het doorvoeren van deze standaardoplossingen kan echter desastreuze gevolgen hebben voor de technische staat en uitstraling van historische gebouwen. Door de constructiewijze van de meeste oude panden ontstaan bij na-isoleren vaak koudebruggen, een plek in de constructie waar kou van buiten naar binnen wordt geleid. Isolatie leidt dan tot condensvorming hetgeen ernstige schade kan opleveren zoals rottende houten balken en roestende gevelankers. Zo kan een gebouw, dat misschien al honderden jaren in een prima conditie verkeerde, in enkele jaren kapot gaan. Naast technische schade leiden standaard energiebesparende maatregelen ook dikwijls tot monumentale schade. Zo past het isolatieglas overwegend niet in historische ramen waardoor deze vaak vervangen moeten worden, terwijl ramen doorgaans een wezenlijk onderdeel vormen van de karakteristiek van een monument. Het doorvoeren van de energiebesparende maatregelen leidt dan ook dikwijls op weerstand van monumentenzorg en of welstand waardoor de realisatie van klimaatdoelstellingen in de praktijk vaak wordt ervaren als een keuze tussen het milieu of het monument. Hierbij wordt voorbij gegaan aan de flexibiliteit die oude gebouwen in zich hebben.

Doel Toolkit Energieduurzaamheid en historische bebouwing

Om de historische bebouwing energieduurzamer te krijgen zonder verlies van monumentale waarden of technische (gevolg)schade is gezocht naar verantwoorde oplossingen die vanuit het gebouw worden geredeneerd. Een belangrijke insteek hierbij is uit te gaan van het resultaat van de maatregelen in plaats van de maatregelen 'an sich'. Pilotprojecten als het Blauwblakenblok in Amsterdam¹ hebben aangetoond dat het pakket van maatregelen goed op elkaar moet zijn afgestemd en dat het toepassen van bijvoorbeeld gevelisolatie energetisch weinig effect heeft als er te weinig aan kierdichting wordt gedaan. Het doorvoeren van verantwoorde energieduurzame maatregelen in historische gebouwen is weliswaar maatwerk maar de problematiek is overwegend vergelijkbaar waardoor in algemene zin oplossingsrichtingen zijn aan te geven.

De Toolkit energieduurzaamheid van historische bebouwing voorziet in oplossingsrichtingen die inzicht geven in de situatieproblematiek en de diverse maatregelen die een antwoord kunnen zijn. Als uitgangspunt van deze Toolkit is het te behalen effect van de verschillende maatregelen, waarbij het principe van de zwakste schakel in de energiehuishouding van een object geldt: wat heeft het grootste effect en levert het grootste rendement. Van belang hierbij is de onderlinge samenhang ofwel de balans tussen de afzonderlijke oplossingsrichtingen. De Toolkit genereert op deze manier een praktisch pakket van verantwoorde energieduurzame oplossingen voor historische gebouwen die als leidraad kan fungeren voor zowel kleinschalige initiatieven van particulieren als grootschalige renovatie- en restauratieprojecten. De nadruk ligt op de mogelijkheden waarbij is gestreefd alternatieven aan te reiken wanneer een maatregel vanuit monumentaal oogpunt ongeschikt of onwenselijk is.

Doelgroep

De Toolkit richt zich primair op monumentale woonhuizen en is bedoeld voor particuliere woonhuisbezitters en woningcorporaties. Tevens is de Toolkit een beleidsinstrument voor ambtenaren.

¹ Project uit 2003 waarbij in het oudste deel van Amsterdam is geëxperimenteerd met diverse thermische en geluidsisolerende maatregelen.

Opzet Toolkit

De indeling van de Toolkit geschiedt op basis van het rendement; en dus begint het met de zwakste schakel:

- 1) Bouwkundige schil
 - a. Kierdichting
 - b. Ventilatie
 - c. Ramen en beglazing
 - d. Daken
 - e. Vloeren
 - f. Gevel
- 2) Voorzieningen
 - g. Eenvoudige techniek
 - h. Installaties

De drie te hanteren beoordelingscriteria van energiebesparende maatregelen in oplopende eisen:

- | | | | |
|----|---------------------|---|---|
| 1) | Technisch (fysisch) | → | geldt algemeen voor historische bebouwing |
| 2) | Beeldkwaliteit | → | afhankelijk van welstandsnota/beeldkwaliteit omgeving |
| 3) | Intrinsiek | → | beschermde monumenten |

De aard van de Toolkit is algemeen, dat wil zeggen dat er geen onderscheid wordt gemaakt in woningtypologieën. Per onderwerp zullen de verschillende aspecten uiteen worden gezet en diverse oplossingsrichtingen worden uitgewerkt. De Toolkit werkt als een stroomdiagram waarbij per onderdeel varianten worden aangereikt die op hun beurt leiden tot de bijbehorende oplossingsrichtingen. Zowel beschermde monumenten als panden met een beeldbepalende kwaliteit hebben monumentale waarden. Wanneer een richtlijn specifiek geldt voor een pand met een monumentenstatus wordt gesproken over een beschermd monument.

De afgelopen jaren is er al veel kennis ontwikkeld over de diverse aspecten die met energieduurzaamheid te maken hebben. De Toolkit is ontwikkeld op basis van deze beschikbare kennis; er heeft slechts in beperkte mate aanvullend onderzoek plaats gevonden. Gezien de digitale vorm kan de Toolkit in reactie op nieuwe ontwikkelingen steeds worden geoptimaliseerd. De Toolkit geeft in beginsel denkrichtingen en oplossingen aan. Bij de aangedragen oplossingen worden productnamen of gelijkwaardige varianten op een product genoemd en bewust niet de merknamen om het risico tot willekeur te vermijden. Ook zijn er oplossingsrichtingen denkbaar die een groot scala aan producten toelaten waarvan de verschillen functioneel gering zijn zoals bij isolatiematerialen (glaswol, steenwol, PUR, Polystyreen, geëxtrudeerd PS, calcium silicaat, etc.). Hier zal in algemeenheid worden gesproken over het type oplossing en in mindere mate een product gerelateerd antwoord worden gegeven.

Leeswijzer

De Toolkit is onderverdeeld in *Richtlijnen* en *Uitgangspunten en toelichting*. De opzet is vergelijkbaar met het Bouwbesluit waarbij de richtlijnen de algemene criteria bevatten waar vanuit kan worden doorverwezen naar de toelichting met aanvullende informatie, voorbeelden, uitgangspunten en aanwijzingen. De hoofdstukken krijgen een opeenvolgende letter a,b,c, enz. De verdere onderverdeling in een hoofdstuk geschiedt in cijfers. De eventueel daaropvolgende onderverdeling geschiedt weer in letters enz. Zo ontstaat per paragraaf een codering zoals bijvoorbeeld *a.1.a.1*. Indien er een verwijzing naar een toelichting wordt gedaan, wordt deze als volgt aangegeven: *001. De desbetreffende toelichting geeft op zijn beurt de paragrafen weer waarop de toelichting betrekking heeft.

Richtlijnen

a. Kierdichting

Inleiding

In de regel is de zwakste schakel in de energiehuishouding van woonhuizen de kierdichting. Omdat de zwakste schakel sterk bepalend is voor de totale energieprestatie van een woning moet bij het na-isoleren allereerst naar de verbetering van de kierdichting worden gekeken. Het effect van andere maatregelen is immers beperkt wanneer de kierdichting niet toereikend is.

Bij kierdichting moet in eerste instantie gedacht worden aan de kieren bij ramen en deuren. Afhankelijk van het type raam kunnen tochtwerende voorzieningen worden aangebracht. Bij sommige ramen zoals draairamen kan dit eenvoudig door het aanbrengen van tochtstrips. Bij schuiframen ligt dit complexer en zal naar geïntegreerde oplossingen moeten worden gezocht.

In dit hoofdstuk is ook het achterzetraam als oplossing mee genomen. Een achterzetraam heeft naast de verbetering van de kierdichting ook voordelen op het gebied van de totale isolatie van ramen.

Oplopend in mate van complexiteit van de ingreep en de bijkomende kosten kan globaal een onderscheid worden gemaakt tussen:

- permanent dichtzetten of tochtstrips
- geïntegreerde kierdichting
- binnenvoorzetraam

Technisch doen de verschillende oplossingen, mits goed uitgevoerd, weinig voor elkaar onder; ze zijn even efficiënt. Zo is het permanent dicht zetten van een raam of de toepassing van een geïntegreerde kierdichting technisch nagenoeg gelijkwaardig. Het permanent dichtzetten van een raam is echter wel een eenvoudige en goedkopere oplossing maar daar tegenover staat het nadeel dat het raam niet meer open kan. De keuze tussen de oplossingen is daarom gelegen in het comfort en de gebruikswens van de bewoner. Wanneer ook de wens voor isolerende beglazing aanwezig is kan de keuze van het type kierdichting gekoppeld zijn aan de mogelijkheden die het raam op het gebied van beglazing biedt. Het is dan ook zaak de oplossingen in samenhang te bepalen (zie hoofdstuk *c. Ramen en beglazing*).

Naast ramen en deuren bestaan er ook andere naden in een constructie, zoals bijvoorbeeld bij kappen of vloeren.

Bij de verbetering van kierdichting is het is van groot belang om ook de ventilatievoorziening aandacht te geven. De natuurlijke ventilatie via de kieren vervalt. Ventilatie is echter essentieel voor een gezond binnenklimaat en om vocht uit een gebouw af te voeren. De afvoer van vocht is niet alleen van belang voor het binnenklimaat en het gebouw zelf, het is ook van belang voor het energieverbruik. Het kost immers veel meer energie om vochtige lucht op te warmen dan droge lucht. Voor de verschillende maatregelen en oplossingen hiervoor, zie hoofdstuk *b. Ventilatie*.

Voor de diverse, toe te passen maatregelen van kierdichting kunnen de volgende onderdelen worden onderscheiden:

- 1 draairamen en deuren in hout
- 2 schuiframen in hout
- 3 stalen ramen
- 4 naden
- 5 overig

a.1 Draairamen en deuren in hout

Er kan een keuze worden gemaakt tussen een bestaand raam of deur handhaven of vervangen volgens de volgende indeling:

- a. raam of deur met monumentale waarden (materieel en beeldkwaliteit)
- b. raam of deur met monumentale waarden in technisch slechte staat (raam of deur is niet redelijkerwijs te herstellen)
- c. raam of deur van belang voor de beeldkwaliteit maar geen materiële waarden
- d. raam of deur zonder monumentale waarden

a.1.a Houten draairamen en deuren met monumentale waarden:

De bestaande ramen of deuren dienen te worden gehandhaafd; de volgende opties kunnen worden gekozen:

- 1 Tochtstrips aanbrengen
- 2 Achterzetraam

a.1.a.1 Tochtstrips

- a Strips zichtbaar aan de binnenzijde plaatsen. De tochtstrips worden aan de binnenzijde op het kozijn of raam gemonteerd waardoor een ingreep in het kozijn of raamhout achterwege kan blijven. Een nadeel is dat de strips bij interieurwaarden mogelijk hinderlijk zichtbaar zijn.
- b De strips blind monteren. De sponning van het kozijn wordt uitgefreesd voor de plaatsing van de strip. De ingreep is niet reversibel en daarmee nadelig bij een hoge monumentale waarde van het kozijn.
- c Stolpstel. In de holling of bij de aanslag van het stolpstel kan door infrezing een tochtstrip worden aangebracht.*001

a.1.a.2 Binnenvoorzetraam

In een achterzetraam kan eenvoudig dubbele kierdichting worden doorgevoerd. Wel moet het kozijn kiervrij aansluiten op de bestaande constructie om ongewenste infiltratie van binnenlucht te voorkomen. Wanneer de aansluiting niet naadloos is kan tussen de ramen condensvorming optreden. De ruimte tussen het nieuwe raam aan de binnenzijde en het oorspronkelijke raam aan de buitenzijde moet met buitenlucht worden geventileerd door bijvoorbeeld het oorspronkelijke raam licht kierend te plaatsen. In geval van een monumentaal interieur kan een binnenvoorzetraamconstructie onwenselijk zijn.*002 *003
Aanwijzingen:

- Buitenvoorzetramen zijn ontsierende elementen die het beeld van een pand aantasten en daarmee vanuit monumentaal oogpunt en/of beeldkwaliteit onwenselijk..

a.1.b Draairamen en deuren met monumentale waarden in technisch slechte staat:

- 1 Vervangen van een enkel raam: het raam kan vervangen worden door een nieuw exemplaar dat een exacte kopie is van het bestaande raam. De oplossing voor kierdichting is overeenkomstig de te handhaven ramen.*004
- 2 Integraal vervangen van ramen. De ramen kunnen vervangen worden door een nieuw exemplaar dat in beeld een exacte kopie is van het bestaande raam. De nieuwe ramen kunnen hierbij van een kierdichting worden voorzien.*005
Aanwijzingen:
 - Het raamtype dient te worden gehandhaafd; draai-kiepramen zijn in beginsel niet toegestaan.
 - Een aanslagstuk in de vorm van een wellat is in beginsel niet toegestaan.

- De materialisering moet aansluiten bij het karakter van het monument. Kunststof ramen zijn niet toegestaan.

a.1.c Draairamen en deuren van belang voor de beeldkwaliteit maar geen materiele waarde:
 Bij het handhaven van de ramen: zie a.1.a.
 Bij het vervangen van ramen: de ramen kunnen vervangen worden door nieuwe exemplaren die in beeld een exacte kopie zijn van de bestaande ramen. De ramen kunnen hierbij van een kerdichting worden voorzien.*006

Aanwijzingen:

- Bij beschermde monumenten dient het raamtype te worden gehandhaafd; draai-
kiepramen zijn in beginsel niet toegestaan.
- Een aanslagstuk in de vorm van een wellat is bij beschermde monumenten in
beginsel niet toegestaan.
- De materialisering moet aansluiten bij het karakter van het monument. Kunststof
ramen zijn niet toegestaan.

a.1.d Ramen en deuren zonder monumentale waarden:
 Bij het handhaven van de ramen of deuren: zie a.1.a.
 Bij vervangen van ramen of deuren: een raam of deur kan vervangen worden door een bij
de karakteristiek van het pand passend raam of deur. De nieuwe elementen kunnen hierbij
van een kerdichting worden voorzien.*006

Aanwijzingen:

- De materialisering moet aansluiten bij het karakter van het monument. Kunststof
ramen zijn niet toegestaan.

a.2 Schuiframen in hout

Er kan een keuze worden gemaakt tussen een bestaand raam handhaven of vervangen volgens de volgende indeling:

- a. raam met monumentale waarden (materieel en beeldkwaliteit)
- b. raam met monumentale waarden in technisch slechte staat (raam is niet redelijkerwijs te herstellen)
- c. raam van belang voor de beeldkwaliteit maar geen materiële waarde
- d. raam zonder monumentale waarden

a.2.a Schuiframen met een monumentale waarde:

De bestaande ramen dienen te worden gehandhaafd; de volgende opties kunnen worden gekozen:

- 1 Afdichting door middel van borstels
- 2 Geïntegreerde kierdichting
- 3 Achterzetraam

a.2.a.1 Afdichting door middel van borstels

De borstels zijn zonder aanpassingen aan het raam aan te brengen. De kierdichting is bij veelvuldig schuiven echter niet optimaal doordat de borstelharen 'open' gaan staan; ook is de duurzaamheid van de borstels in verhouding laag.

a.2.a.2 Geïntegreerde kierdichting

- a Raam gangbaar houden: ter hoogte van de wisseldorpel en de onderdorpel van het raam kunnen rubberen afdichtingsstrips worden aangebracht. Deze strips worden dichtgedrukt onder het eigen gewicht van het raam. De dichting aan de zijkant van het schuifraam vindt plaats via de knellat die verstelbaar wordt gemaakt door middel van een scharnier en een hendel.*007
- b Raam permanent dichten: wanneer een schuifraam niet of nauwelijks wordt geopend kan ook het raam permanent worden dichtgezet waarbij dichtingsband in de sponning wordt aangebracht en het raam 'dicht' wordt geschilderd.

a.2.a.3 Binnenvoorzetraam

In een achterzetraam kan eenvoudig dubbele kierdichting worden doorgevoerd. Wel moet het kozijn kiervrij aansluiten op de bestaande constructie om ongewenste infiltratie van binnenlucht te voorkomen. Wanneer de aansluiting niet naadloos is kan tussen de ramen condensvorming optreden. De ruimte tussen het nieuwe raam aan de binnenzijde en het oorspronkelijke raam aan de buitenzijde moet met buitenlucht worden geventileerd door het oorspronkelijke raam bijvoorbeeld licht kierend te plaatsen. In geval van een monumentaal interieur kan een binnenvoorzetraamconstructie onwenselijk zijn.*002 *003

Aanwijzingen:

- buitenvoorzetramen zijn ontsierende elementen die het beeld van een pand aantasten en daarmee vanuit monumentaal oogpunt onwenselijk.

a.2.b Schuiframen met een monumentale waarde in slechte technische staat:

- 1 Vervangen van een enkel raam: het raam kan vervangen worden door een nieuw exemplaar dat een exacte kopie is van het bestaande raam. De oplossing voor kierdichting is dan overeenkomstig de te handhaven ramen zie a.2.a *004.
- 2 Integraal vervangen van ramen. De ramen kunnen vervangen worden door nieuwe exemplaren die in beeld exacte kopieën zijn van de bestaande ramen. De ramen kunnen hierbij van een kierdichting worden voorzien.*005

Aanwijzingen:

- Het raamtype dient te worden gehandhaafd; draai-kiepramen zijn in beginsel niet toegestaan.
- Een aanslagstuk in de vorm van een wellat is in beginsel niet toegestaan.

- De materialisering moet aansluiten bij het karakter van het monument. Kunststof ramen zijn niet toegestaan.

a.2.c Schuiframen van belang voor de beeldkwaliteit zonder materiële waarde:

Bij het handhaven van de ramen: zie a.2.a.

De ramen kunnen vervangen worden door nieuwe exemplaren die in beeld een exacte kopie zijn van de bestaande ramen. De nieuwe ramen kunnen hierbij van een kierdichting worden voorzien.*006

Aanwijzingen:

- Bij beschermde monumenten dient het raamtype te worden gehandhaafd; draaikiepramen zijn in beginsel niet toegestaan.
- Een aanslagstuk in de vorm van een wellat is bij beschermde monumenten in beginsel niet toegestaan.
- De materialisering moet aansluiten bij het karakter van het monument. Kunststof ramen zijn niet toegestaan.

a.2.d Schuiframen zonder monumentale waarden:

Bij het handhaven van de ramen: zie a.2.a.

De ramen kunnen vervangen worden door een bij de karakteristiek van het pand passend raam. De nieuwe elementen kunnen hierbij van een kierdichting worden voorzien.*006

Aanwijzingen:

- De materialisering moet aansluiten bij het karakter van het monument. Kunststof ramen zijn niet toegestaan.

a.3 Stalen en ijzeren ramen en deuren

Er kan een keuze worden gemaakt tussen een bestaand raam of deur handhaven of vervangen volgens de volgende indeling:

- a. raam of deur met monumentale waarden (materieel en beeldkwaliteit)
- b. raam of deur met monumentale waarden in technisch slechte staat (raam is niet redelijkerwijs te herstellen)
- c. raam of deur van belang voor de beeldkwaliteit maar geen materiele waarde
- d. raam of deur zonder monumentale waarden

a.3.a Stalen raam (of deur) met monumentale waarden:

- 1 Tochtstrips
- 2 buitenvoorzetraam

a.3.a.1 Tochtstrips

In het draaiende deel van een stalen profiel kan een tochtstrip worden geplakt. Bij ramen of deuren met een grotere speling behoort een plaatsing van een dichtingsband op de aanslag tot de mogelijkheden. *008

a.3.a.2 Buitenvoorzetraam

In een achterzetraam kan eenvoudig dubbele kierdichting worden doorgevoerd. Wel moet het kozijn kiervrij aansluiten op de bestaande constructie om ongewenste infiltratie van binnenlucht te voorkomen. Wanneer de aansluiting niet naadloos is kan condensvorming tussen de ramen optreden. De ruimte tussen het nieuwe raam aan de binnenzijde en het oorspronkelijke raam aan de buitenzijde moet met buitenlucht worden geventileerd door het oorspronkelijke raam bijvoorbeeld licht kierend te plaatsen. Bij stalen en gietijzeren ramen kan het ventileren met buitenlucht lastig zijn. Gezien de samenstelling van de ramen of bij vaste gietijzeren ramen kunnen ventilatievoorzieningen tot inwatering leiden. Een oplossing is een bescheiden ventilatievoorziening in het glas te plaatsen. In geval van een monumentaal interieur kan een binnenvoorzetraam-constructie onwenselijk zijn. *002 *003

Aanwijzingen:

- Buitenvoorzetramen zijn ontsierende elementen die het beeld van een pand aantasten en daarmee vanuit monumentaal oogpunt onwenselijk.
- Gezien de rankheid van stalen ramen is het van belang dat de binnen voorzetramen zo slank mogelijk zijn gedimensioneerd en verdekt worden geplaatst om hinderlijke zichtbaarheid vanaf de buitenzijde te voorkomen.

a.3.b Stalen raam of deuren met monumentale waarden in slechte technische staat

- 1 Vervangen van een enkel raam: het raam kan vervangen worden door een nieuw exemplaar dat een (nagenoeg) exacte kopie is van het bestaande raam. De oplossing voor kierdichting is overeenkomstig de te handhaven ramen, zie a.3.a. *004 *009
- 2 Integraal vervangen van ramen: de ramen kunnen vervangen worden door nieuwe exemplaren die in beeld exacte kopieën zijn van de bestaande ramen. De ramen kunnen hierbij van een kierdichting en koudebrugonderbreking worden voorzien. *005 *010

Aanwijzingen:

- Het raamtype dient te worden gehandhaafd.
- In beginsel moet een nieuw raam in staal worden uitgevoerd. Aluminium profielen zijn zwaarder dan de rankere staalprofielen en doen daarmee overwegend afbreuk aan de architectonische verschijningsvorm.

- a.3.c Stalen ramen van belang voor de beeldkwaliteit maar geen materiele waarde:
Bij het handhaven van de ramen: zie a.3.a
Bij Integraal vervangen van ramen: de ramen kunnen vervangen worden door nieuwe exemplaren die in beeld exacte kopieën zijn van de bestaande ramen. De ramen kunnen hierbij van een kierdichting en koudebrugonderbreking worden voorzien.*006
Aanwijzingen:
- Het raamtype dient te worden gehandhaafd.
 - In beginsel moet een nieuw raam in staal worden uitgevoerd. Aluminium profielen zijn breder dan de rankere staalprofielen en doen daarmee overwegend afbreuk aan de architectonische verschijningsvorm.
- a.3.d Stalen ramen of deuren zonder monumentale waarden:
Bij het handhaven van de ramen of deuren: zie a.3.a
Bij Integraal vervangen van ramen of deuren: de ramen of deuren kunnen vervangen worden door een bij de karakteristiek van het pand passend raam of deur. De nieuwe elementen kunnen hierbij van een kierdichting en koudebrugonderbreking worden voorzien.*006
Aanwijzingen:
- De materialisering moet aansluiten bij de architectonische verschijningsvorm van het historische pand of monument.

a.4 Naden

- a Naden langs kozijnen
- b Naden bij kapconstructies
- c Naden bij vloeren

a.4.a Naden langs kozijnen:

Luchtinfiltratie als gevolg van naden bij bestaande kozijnen is zeer beperkt. Bij scheefstand of later geplaatste kozijnen kunnen echter wel naden ontstaan.*011 Naden kunnen eventueel aan de binnenzijde worden afgekit. Let wel, de buitenzijde dient ademend te blijven, dus niet te worden afgekit om verstikking te voorkomen. Bij grotere naden als gevolg van scheefstand is het vullen van de naad met een vulmiddel, bijvoorbeeld een schuimrubberachtig product te prevaleren boven PUR-schuimen die minder reversibel zijn en als milieuonvriendelijk te boek staan. Het schuimrubber kan als rugvulling dienen voor de mortelvoeg aan de buitenzijde en aan de binnenzijde kan een afdeklát worden geplaatst.

a.4.b Naden bij kapconstructies:

Kapconstructies dienen goed geventileerd te blijven. Het afdichten met bijvoorbeeld PUR-schuim verstoort de ventilatie en kan tot verstikking en houtrot leiden. Eventuele kierdichting moet in samenhang met het isoleren van de kap worden aangebracht. Voor meer verantwoorde oplossingen zie het hoofdstuk over het isoleren van het dak.

a.4.c Naden bij vloeren:

Door het toepassen van dichtingsband bij de plinten kunnen naden worden gedicht. Dit kan door het loshalen van de bestaande plinten of het aanbrengen van een voorzetplint. Grotere kieren kunnen eerst vol gezet worden met stroken van een schuimrubberachtig materiaal zoals foamglas. Naden zijn ook te vullen met PUR-schuim maar het nadeel is dat deze oplossing wat minder reversibel is en daarmee niet de voorkeur geniet.*012

a.5 Overig

- a postkasten en brievenbussen
- b rookkanalen

a.5.a Postkasten en brievenbussen

- 1 Aan de binnenzijde van brievenbussen kunnen borstels of een tochtklep worden aangebracht die enige tochtwering oplevert.
- 2 Achter een brievenbus kan een geïsoleerde postkast worden aangebracht. Bestaande ingebouwde brievenkasten kunnen worden geïsoleerd.

a.5.b Rookkanalen

- 1 Rookkanaal in gebruik:
Een regelklep die de trek in de schoorsteen regelt kan, wanneer een haard niet in gebruik is, het rookkanaal afsluiten. Een andere oplossing is een gesloten haard of kachel.
- 2 Rookkanaal niet in gebruik:
Een rookkanaal dat niet meer in gebruik is kan aan de bovenzijde afgedicht worden. Een andere oplossing is een zogenaamde rookkanaalballon. De ballon wordt in het rookkanaal opgeblazen en sluit daarmee het rookkanaal af. Wanneer het rookkanaal weer geopend moet worden is het weer eenvoudig te verwijderen. Aan te bevelen is een combinatie van beide toe te passen met name wanneer er zich op meerdere verdiepingen haarden bevinden.

b. Ventilatie

Ventilatie is essentieel voor een gezond binnenklimaat en om vocht uit een gebouw af te voeren. De afvoer van vocht is niet alleen van belang voor het binnenklimaat en het gebouw zelf, het is ook van belang voor het energieverbruik. Het kost immers veel meer energie om vochtige lucht op te warmen dan droge lucht. Wanneer de kierdichting van een pand is verbeterd, verdient de ventilatievoorziening dan ook extra aandacht.

Ventilatie kan op een natuurlijke wijze plaats vinden en/of aangestuurd worden door een inblaas en/of afzuigunit. Volledig natuurlijke ventilatie is het meest eenvoudig en daarmee minder kostbaar dan volledig mechanische (geavanceerde) ventilatie. Bij volledig mechanisch is de aan- en afvoer van lucht geregeld. Er wordt dan gesproken over een gebalanceerd ventilatiesysteem. Het nadeel van natuurlijke ventilatie is dat het minder goed gecontroleerd is. Een nadeel van volledig mechanische ventilatie daarentegen is dat een bewoner minder invloed heeft op de ventilatie en dat de systemen onderhoud behoeven.

In gebieden met een hogere geluidsbelasting is een natuurlijke ventilatievoorziening vaak gekoppeld aan een zogenaamde suskast. Een suskast is een voorziening om het geluid van buiten te reduceren.

Een nadeel van ventilatie is dat het tot energieverlies leidt, immers de verwarmde lucht wordt afgevoerd ten behoeve van verse koude lucht. Om dit te voorkomen kunnen volledig mechanische systemen gekoppeld worden aan een Warmte Terug Win systeem, een zogenaamde WTW, waarbij de uitgaande lucht de inkomende lucht verwarmt in een warmtewisselaar. Deze systemen zijn tot dusverre relatief kostbaar.

In de wijze van ventilatie kan het volgende onderscheid worden gemaakt:

1. natuurlijke ventilatie
2. combinatie van mechanische en natuurlijke ventilatie
3. volledig mechanische (gebalanceerde) ventilatie

b.1 Natuurlijke ventilatie

- a Ventilatie via raam
- b Ventilatie via deur
- c Ventilatie via gevel
- d Ventilatie via dak

b.1.a Ventilatie via raam

- 1 Draairamen in hout
- 2 Schuiframen in hout
- 3 Stalen ramen
- 4 Achterzetraam

b.1.a.1 Draairamen in hout:

- a Raam van belang voor de beeldkwaliteit
- b Raam zonder beeldkwaliteit

b.1.a.1.a Draairaam van belang voor de beeldkwaliteit

Ventilatioeroosters in de glassponning zijn niet toegestaan.

- 1 Raam met hoge monumentale waarden:
Het raam is niet geschikt voor een ventilatievoorziening. De ventilatie dient op een andere manier tot stand te komen.*013
- 2 Raam met beperkte of geen monumentale waarden:
In de bovendorpel van het raam of bovenlicht kan een ventilatievoorziening worden aangebracht in de vorm van een sleuf met een schuifrooster.*014
Suskasten kunnen gezien hun omvang en aantasting van de beeldkwaliteit niet goed worden gecombineerd met bovengenoemde oplossing. Wel kan bij ramen zonder monumentale waarden eventueel een ventilatiesleuf tussen het kozijn en het bovenlicht worden aangebracht met daarachter een suskast.*015

b.1.a.1.b Draairaam zonder beeldkwaliteit

In de glassponning kunnen ventilatioeroosters worden aangebracht. Wanneer een gebruiker vanuit bijvoorbeeld het binnenaanzicht geen roosters in het raam wil, behoren de oplossingen van b.1.a.1.a.2 *Raam met beperkte of geen monumentale waarden* ook tot de mogelijkheden.

b.1.a.2 Schuiframen in hout

- a Raam van belang voor de beeldkwaliteit
- b Raam zonder beeldkwaliteit

b.1.a.2.a Schuifraam van belang voor de beeldkwaliteit

Ventilatioeroosters in de glassponning zijn niet toegestaan.

- 1 Raam met hoge monumentale waarden:
Het raam is niet geschikt voor een ventilatievoorziening. De ventilatie dient op een andere manier tot stand te komen.*013
- 2 Raam met beperkte of geen monumentale waarden:
Ter hoogte van de wisseldorpel kan in de bovendorpel van het schuifraam een ventilatievoorziening worden aangebracht in de vorm van een sleuf met een schuifrooster.*016
Suskasten kunnen gezien hun omvang en aantasting van de beeldkwaliteit niet goed worden gecombineerd met bovengenoemde oplossing. Wel kan bij ramen zonder monumentale waarden eventueel een ventilatiesleuf tussen het kozijn en het bovenlicht worden aangebracht met daarachter een suskast. *015

b.1.a.2.b Schuifraam zonder beeldkwaliteit

In de glassponning kunnen ventilatieroosters worden aangebracht. Wanneer een gebruiker vanuit bijvoorbeeld het binnenaanzicht geen roosters in het raam wil behoren de oplossingen van b.1.a.2.a.2 *Raam met beperkte of geen monumentale waarden* ook tot de mogelijkheden.

- b.1.a.3 Stalen ramen
 - a Raam van belang voor de beeldkwaliteit
 - b Raam zonder beeldkwaliteit
- b.1.a.3.a Stalen raam van belang voor de beeldkwaliteit
Ventilatieroosters in de glassponning zijn niet toegestaan. Er zijn geen mogelijkheden om ventilatievoorzieningen aan te brengen.*013
- b.1.a.3.b Stalen raam zonder beeldkwaliteit
In de glassponning kunnen ventilatieroosters worden aangebracht. Wanneer een gebruiker vanuit bijvoorbeeld het binnenaanzicht geen roosters in het raam wil, zijn er geen alternatieven.
- b.1.a.4 Buitenvoorzetraam
Bij de toepassing van een Buitenvoorzetraam kan de ventilatie in de regel niet via het raam plaats vinden. Warme binnenlucht kan dan immers in de ruimte tussen het oorspronkelijke buitenraam en het binnenvoorzetraam aan de binnenzijde infiltreren hetgeen tot condensvorming kan leiden.*002 *003
- b.1.b Ventilatie via deur:
 - 1 Deur van belang voor de beeldkwaliteit
 - 2 Deur zonder beeldkwaliteit
- b.1.b.1 Deur van belang voor de beeldkwaliteit
 - a Deur met hoge monumentale waarden
De deur is niet geschikt voor een ventilatievoorziening. De ventilatie dient op een andere manier tot stand te komen.*013
 - b Deur met beperkte of geen monumentale waarden
Een bescheiden sleuf met een welkapje en een rooster aan de binnenzijde kan in de bovendorpel van de deur worden aangebracht. Eventueel kan een bescheiden rooster mits niet hinderlijk zichtbaar in de onderzijde van de deur worden aangebracht.
- b.1.b.2 Deur zonder beeldkwaliteit
In de deur of in de glassponning van de deur kunnen ventilatieroosters worden aangebracht. Wanneer een gebruiker vanuit bijvoorbeeld het binnenaanzicht geen roosters in de glassponning van de deur wil, behoren de oplossingen van b.1.b.1.b *Deur met beperkte of geen monumentale waarden* ook tot de mogelijkheden.
- b.1.c Natuurlijke ventilatie via de gevel:
 - 1 Gevels van belang voor de beeldkwaliteit
 - 2 Gevels zonder beeldkwaliteit
- b.1.c.1 Gevels van belang voor de beeldkwaliteit
 - a Gevels met een hoge monumentale waarde
De gevel is niet geschikt voor een ventilatievoorziening. De ventilatie dient op een andere manier tot stand te komen.*013
 - b Gevels met een beperkte of geen monumentale waarde
In de gevel kan aan de buitenzijde een gemetseld rooster komen door het plaatsen van verticale bakstenen met daartussen open stootvoegen; aan de binnenzijde kan een rooster worden geplaatst. Daar waar metselwerkbanden in een gevel zijn opgenomen, zoals bij architectuur uit de jaren '20 en '30 van de 20^e eeuw, zijn de roosters nagenoeg onzichtbaar weg te werken.*017

Bij 19^e eeuwse en vroeg 20^e eeuwse panden kunnen gietijzeren ronde roosters voor een geboord ventilatiekanaal, ter hoogte van de vloerconstructie, een bevredigende oplossing bieden. Aan dergelijke kanalen zijn vaak eenvoudig suskasten te koppelen.*018

- b.1.c.2 Gevels zonder beeldkwaliteit:
 - a Gevels met een hoge monumentale waarde
De gevel is niet geschikt voor een ventilatievoorziening. De ventilatie dient op een andere manier tot stand te komen.*013
 - b Gevels met een beperkte of geen monumentale waarde
In de gevel kan een ventilatierooster worden aangebracht.

- b.1.d Natuurlijke ventilatie via dak:
Natuurlijke ventilatie via het dak wordt overwegend gecombineerd met ventilatie via een raam, deur of gevel. De combinatie biedt immers doorstroming. Vaak kan een ventilatievoorziening worden aangebracht in leidingschachten of kan een rookkanaal dat niet meer in gebruik is, dienst doen als ventilatiekanaal.
Voor zolders kan in het dakbeschoot een ventilatierooster worden aangebracht; bij een pannendak kan dit middels een ventilatiepan. Een andere optie is een ventilatiekanaal. Bij daken die prominent in het zicht liggen is deze laatste oplossing echter minder wenselijk.
*019

b.2 Combinatie van mechanische en natuurlijke ventilatie

- a mechanische inblaas (overdruk)
- b mechanische afzuiging (onderdruk)

b.2.a Mechanische inblaas

Mechanisch wordt er lucht in een vertrek geblazen. Door de overdruk die ontstaat, wordt de lucht via ventilatieroosters afgevoerd. De aanvoer geschiedt via ventilatoren in het glas van ramen, de buitengevel en eventueel via het dak. Voor de afvoerroosters zie hoofdstuk b.1. *Natuurlijke ventilatie.*

- 1 Ventilatoren in ramen
Vaak worden de ventilatoren in bovenlichten geplaatst. De ventilatoren zijn detonerende elementen waardoor ze alleen op locaties zonder beeldkwaliteit en/of monumentale waarden kunnen worden toegepast.
- 2 Ventilatoren in gevels
Een gemetselde ventilatievoorziening beperkt de luchtaanvoercapaciteit aanzienlijk waardoor doorgaans de ventilatievoud niet toereikend is en een rooster wordt toegepast. Omdat roosters detonerende elementen zijn kunnen ze alleen worden toegepast bij gevels zonder beeldkwaliteit en/of monumentale waarden.
- 3 Ventilatoren bij het dak
Door het dak wordt een aanvoerkanaal aangebracht. In tegenstelling tot luchtaanvoervoorzieningen in ramen en gevels is deze oplossing vaak minder hinderlijk zichtbaar. Bij daken die prominent in het zicht liggen is deze oplossing echter ook minder wenselijk. Mogelijk kan de voorziening worden opgenomen in rookkanalen die niet meer in gebruik zijn of in dakvlakken die minder in het zicht liggen.

b.2.b Mechanische afzuiging

Mechanisch wordt er lucht uit een vertrek gezogen. Door de onderdruk die ontstaat, wordt lucht via ventilatieroosters aangevoerd. De afvoer vindt plaats via afzuigunits in het glas van ramen, de buitengevel en meest voorkomend, bij het dak. Voor de aanvoerroosters zie het hoofdstuk b.1. *Natuurlijke ventilatie.* Mechanische afzuiging is de meest voorkomende vorm van mechanische ventilatie bij woonhuizen. Het zijn overwegend afzuigunits die naar het dak afvoeren of naar een gevelrooster, vergelijkbaar met een wasemkap boven een kooktoestel.

- 1 Afzuigunits in ramen
Vaak wordt de afzuigunit in bovenlichten geplaatst. De units zijn detonerende elementen waardoor ze alleen op locaties zonder beeldkwaliteit en/of monumentale waarden kunnen worden toegepast.
- 2 Afzuigunits in gevels
Gezien de benodigde afvoercapaciteit is een gemetselde ventilatievoorziening niet toereikend en is een extra uitblaasrooster aan de buitenzijde noodzakelijk. Daarnaast zal de vervuilde lucht, met name bij de afvoer van keukens, het metselwerk vervuilen. Omdat roosters detonerende elementen zijn kunnen ze alleen worden toegepast bij gevels zonder beeldkwaliteit en/of monumentale waarden.
- 3 Ventilatoren bij het dak
Bij het dak komt een afzuigunit die de lucht via een kanaal afvoert. In tegenstelling tot afzuigunits in ramen en gevels is deze oplossing vaak minder hinderlijk zichtbaar. Bij daken die prominent in het zicht liggen is deze oplossing echter ook minder wenselijk. Mogelijk kan de voorziening worden opgenomen in rookkanalen die niet meer in gebruik zijn of in dakvlakken die minder in het zicht vallen.
Aanwijzingen:
 - Bij beschermde monumenten kunnen nieuwe ventilatiekanalen de aanwezige interieurwaarden aantasten. Een nieuw kanaal mag dan ook geen gevolgen hebben voor het historisch casco of de aanwezige interieurwaarden.

b3 Volledig mechanische (gebalanceerde) ventilatie

Een volledig mechanisch ventilatiesysteem wordt in de regel gekoppeld aan een Warmte Terug Win systeem (WTW.) De aan- en afvoer van de lucht is daarbij mechanisch geregeld waarbij de inkomende ventilatielucht wordt verwarmd met de uitgaande lucht. Voor de zomer is wel een zogenaamde bypass aan te bevelen, die voorkomt dat de verse buitenlucht door de af te voeren lucht wordt voorverwarmd. Het is tevens van belang dat het ventilatiesysteem regelmatig wordt onderhouden om het binnenklimaat gezond te houden.*020

1 Ventilatiesysteem per ruimte

De ventilatie-units worden per ruimte tegen een buitenmuur geplaatst, vaak in combinatie met speciale radiatoren. Naast warmte terugwinning wordt de inkomende lucht direct bijverwarmd. De voorziening vraagt om in- en uitblaasroosters in de buitengevel. Aangezien roosters detonerende elementen zijn kunnen ze alleen worden toegepast bij gevels zonder beeldkwaliteit en/of monumentale waarden.

Een nadeel van het systeem is dat het geluid produceert. Een voordeel is dat er geen luchtkanalen nodig zijn.

2 Centraal ventilatiesysteem

De afvoer van de units vindt in de regel plaats via het dak. In tegenstelling tot een ventilatiesysteem per ruimte waarvoor roosters in de gevels noodzakelijk zijn, is deze oplossing vaak minder hinderlijk zichtbaar. Bij daken die prominent in het zicht liggen is deze oplossing echter ook minder wenselijk. Mogelijk kan de voorziening worden opgenomen in rookkanalen die niet meer in gebruik zijn of in dakvlakken die minder in het zicht vallen.

Een nadeel van het systeem is dat er luchtkanalen door het pand moeten worden aangebracht terwijl het systeem als voordeel heeft dat het minder geluid produceert dan een unit in de ruimte.

Aanwijzingen:

- Bij beschermde monumenten kunnen nieuwe ventilatiekanalen de aanwezige interieurwaarden aantasten. Een nieuw kanaal mag dan ook geen gevolgen hebben voor het historisch casco of de aanwezige interieurwaarden.

c. Ramen en beglazing

De detaillering van ramen is sterk bepalend voor de uitstraling van een cultuurhistorisch waardevol pand. Veel oude ramen zijn echter te rank gedetailleerd voor het dubbel glas dat tegenwoordig in de handel is. Om HR++ glas te kunnen plaatsen moeten ramen overwegend worden vervangen. Naast dat het bij monumenten ten kosten kan gaan van een historisch waardevol raam hebben de voor het standaard dubbel glas noodzakelijke, zwaardere profielen een andere uitstraling van het pand tot gevolg.

Er zijn echter alternatieve beglazingssystemen in de handel die in veel gevallen wel verenigbaar zijn met de historische detaillering of er kan gekozen worden voor een binnenvoorzetraam-systeem. De verschillende oplossingen verschillen niet alleen in kosten maar ook in rendement.

Een punt van aandacht bij beglazing is de spiegeling. Het ouderwetse getrokken glas spiegelt veel minder dan het moderne floatglas. Bij dubbel glas is deze spiegeling hoger door de dubbele breking van het licht (twee ruiten). Zo kan het zijn dat omwille van het monumentale karakter of de beeldkwaliteit, een hogere spiegeling als ongewenst wordt beschouwd.

Het is aan te bevelen om per gevel of pand eenzelfde beglazingssysteem te kiezen omwille van de uniformiteit. Verschillende soorten glas kunnen immers een verschil in spiegeling en kleur opleveren.

De mogelijkheden van de toepassing van isolerende beglazing wordt deels ook bepaald door de mogelijkheden op het gebied van kierdichting; zie hoofdstuk *a. Kierdichting*.

Een onderscheid kan gemaakt worden in:

- 1 Houten ramen
- 2 Stalen ramen
- 3 Glas-in-lood
- 4 Overig

c.1 Houten ramen

Er kan een keuze worden gemaakt tussen een bestaand raam handhaven of vervangen volgens de volgende indeling:

- a. raam met monumentale waarden (materieel en beeldkwaliteit)
- b. raam met monumentale waarden in technisch slechte staat (raam is niet redelijkerwijs te herstellen)
- c. raam van belang voor de beeldkwaliteit maar geen materiële waarden
- d. raam zonder monumentale waarden

c.1.a. Houten raam met monumentale waarden

De bestaande ramen dienen te worden gehandhaafd. Hieronder vallen ook de roeden. Het toepassen van schijnroeden is bij beschermde monumenten niet toegestaan. Daarnaast mag de glassponning niet worden uitgediept. Nieuw glas moet op een traditionele manier met een stoppasta worden geplaatst. Het toepassen van glaslatten aan de buitenzijde is niet toegestaan tenzij er zich in de oorspronkelijke situatie glaslatten bevinden. In voorkomende gevallen kan het bij monumenten zijn dat aan het oude glas een waarde wordt toegekend en dat het niet zondermeer mag worden vervangen. In dat geval is alleen een binnenvoorzetraam een optie.

De mogelijkheden om isolerend glas te plaatsen zijn afhankelijk van de sponningdiepte. Het standaard dubbel glas (HR++) heeft een dikte van ca 22 mm en is gezien de ranke detaillering van historische ramen (meest voorkomende sponningdiepte is 8 tot 17 mm) zelden toepasbaar. Voor de noodzakelijke sponningdiepte moet men de dikte van het glas nemen plus 10 mm. Voor dikkere varianten geldt plus 12 mm.*021

Wanneer niet overgegaan kan worden tot het plaatsen van standaard dubbel glas, kunnen de volgende alternatieven worden bekeken:

- 1 Gelaagd glas met een warmte reflecterende coating
- 2 Dun dubbel glas
- 3 Vacuüm glas
- 4 Binnenvoorzetraam

c.1.a.1 Gelaagd glas met een warmte reflecterende coating:

In een gelaagde, enkele glasplaat is een warmte reflecterende coating opgenomen. De ruiten zijn ca 4 tot 8 mm dik en kunnen derhalve in de meest historische ramen worden geplaatst. Het glas is geschikt vanaf een sponningdiepte van minimaal 14 mm tot 18 mm voor de dikkere variant.*021

Omdat het op maat gesneden wordt is een eventuele scheefstand eenvoudig te ondervangen. Het glas is duurzaam en gaat voor zover bekend, lang mee. Omdat het enkel glas betreft, blijft het nadeel van condensvorming echter wel bestaan. Bij ruiten die vier mm dik zijn en waar de coating aan de binnenzijde zit, kan zelfs extra condensvorming optreden. De ruit blijft door de warmtereflectie van de coating kouder waardoor sneller condensvorming optreedt.

De verbetering van de isolatiewaarde ten opzichte van standaard enkel glas is ca 38%.*022

Aanwijzingen:

- Het glas is ook verkrijgbaar met getrokken glas dat minder spiegelt.
- Zonwerende coatings in of op het glas geven een extra spiegelen effect. Bij monumenten of panden met een hoge beeldbepalende kwaliteit is dit sterk spiegelen effect onwenselijk. Slechts een beperkte reductie van de licht toetredingsfactor (LTA) en de zon toetredingsfactor (ZTA) is dan ook toegestaan; het glas dient de uitstraling van gewoon blank glas te hebben.

- Bij de dikkere varianten gelaagd glas wordt het raam zwaarder; dit kan voor draairamen betekenen dat de scharnieren moeten worden vervangen. Bij schuiframen moeten de contragewichten worden vervangen door veren. Er zijn ook veersystemen die onzichtbaar in de belegkast kunnen worden geplaatst.
- Ook als een roede voldoende sponningdiepte heeft kan het zijn dat de roede onvoldoende stijfheid heeft om het zwaardere glas te dragen. Een eventuele mogelijkheid dan is het aanbrengen van een stalen verstijving aan de achterzijde op de kruisingen van de roeden.

c.1.a.2 Dun dubbel glas

Er bestaan dunne, dubbele glassoorten van 10 tot zelfs 7 mm dik. Deze ruiten bevatten een edelgasvulling. Er bestaan tevens varianten die gecombineerd worden met een warmte reflecterende coating en die een wat hogere isolatiewaarde hebben. De mogelijkheden hangen af van de grootte van de ruit. De 7 mm variant is toepasbaar tot een maximaal glasoppervlak van ca. 0,6 m², de 9 mm variant tot ca. 1,0 m² en de 10 mm variant tot ca 1,2 m². De minimale sponningdiepte is 17 tot 20 mm.*021

De ruiten kunnen tegen een meerprijs ook niet-haaks besteld worden indien er sprake is van scheefstand. De duurzaamheid van dubbel glas is (afhankelijk van de kwaliteit van de ruit en de plaatsing) ca 15 tot 20 jaar omdat de gasspouw dan lek zal zijn waardoor de isolatiewaarde beduidend lager wordt.

De verbetering van de isolatiewaarde ten opzichte van standaard enkel glas bij 10 mm dubbel glas is bij aanvang ca 67%.*022 *023

Aanwijzingen:

- Dubbel glas is ook verkrijgbaar met getrokken glas dat minder spiegelend is.
- De omranding van dubbel glas kan ook zwart of in kleur worden geleverd waardoor het minder opvalt.
- Zonwerende coatings in of op het glas geven een extra spiegelend effect. Bij monumenten of panden met een hoge beeldbepalende kwaliteit is dit sterk spiegelende effect onwenselijk. Slechts een beperkte reductie van de licht toetredingsfactor (LTA) en de zon toetredingsfactor (ZTA) zal worden toegestaan en het glas dient de uitstraling van gewoon blank glas te hebben.
- Bij de dikkere varianten dubbel glas wordt het raam zwaarder; dit kan voor draairamen betekenen dat de scharnieren moeten worden vervangen. Bij schuiframen moeten de contragewichten worden vervangen door veren. Er zijn ook veersystemen die onzichtbaar in de belegkast kunnen worden geplaatst.
- Ook als een roede voldoende sponningdiepte heeft kan het zijn dat de roede onvoldoende stijfheid heeft om het zwaardere glas te dragen. Een eventuele mogelijkheid is het aanbrengen van een stalen verstijving aan de achterzijde op de kruisingen van de roeden.
- Bij glas met een hogere isolatiewaarde (vanaf een U-waarde van 1,6 W/m²K en lager) kan er bij steens muren condensvorming optreden op het geveloppervlak. Het isoleren van de gevel kan dit voorkomen. Gevelisolatie kan echter weer bouwfysische problemen geven. Voor richtlijnen zie hoofdstuk *f*, *Wanden*.

c.1.a.3 Vacuümglas

De ruimte tussen de twee glasplaten wordt vacuüm gezogen. Kleine pilaartjes houden de twee glasplaten van elkaar. Wel zijn deze afstandhoudertjes op kleine afstand zichtbaar. Een ventiel ter grootte van een knoop op elke ruit zorgt voor het vacuüm trekken. Het glas is ca 7 mm dik en de minimale vereiste sponningdiepte is 17 mm.*021

Vacuümglas is een hoogwaardig product maar is relatief kostbaar. Een nadeel is dat het vacuüm in de loop der jaren verdwijnt waardoor de isolatiewaarde sterk daalt. De ruit kan echter opnieuw vacuüm getrokken worden.

De verbetering van de isolatiewaarde ten opzichte van standaard enkel glas is ca 72 %.*022
*023. Door het vacuüm is de koudestraling van de ruit in tegenstelling tot andere glassoorten zeer klein.

Aanwijzingen:

- Zonwerende coatings in of op het glas geven een extra spiegelen effect. Bij monumenten of panden met een hoge beeldbepalende kwaliteit is dit sterk spiegelen effect onwenselijk. Slechts een beperkte reductie van de licht toetredingsfactor (LTA) en de zon toetredingsfactor (ZTA) zal worden toegestaan en het glas dient de uitstraling van gewoon blank glas te hebben.
- Het glas is zwaarder dan standaard enkel glas waardoor het raam zwaarder wordt; dit kan voor draairamen betekenen dat de scharnieren moeten worden vervangen. Bij schuiframen moeten de contragewichten worden vervangen door veren. Er zijn ook veersystemen die onzichtbaar in de belegkast kunnen worden geplaatst.
- Ook als een roede voldoende sponningdiepte heeft kan het zijn dat de roede onvoldoende stijfheid heeft om het zwaardere glas te dragen. Een eventuele mogelijkheid is het aanbrengen van een stalen verstijving aan de achterzijde op de kruisingen van de roeden.
- Door het vacuüm heeft vacuümglas een zeer hoge geluidsisolatie.
- Bij glas met een hogere isolatiewaarden (vanaf een U-waarde van 1,6 W/m²K en lager) kan er bij steeds muren condensvorming optreden op het geveloppervlak. Het isoleren van de gevel kan dit voorkomen. Gevelisolatie kan echter weer bouwfysische problemen geven. Voor richtlijnen zie hoofdstuk *f*, *Wanden*.

c.1.a.4 Binnenvoorzetraam

Een binnenvoorzetraam is een goed alternatief wanneer het bestaande historische raam de plaatsing van isolerende beglazing niet toelaat of wanneer men een hoger isolerend niveau wil bereiken. Het binnenvoorzetraam kan voorzien worden van hoog rendementsglas en een hoogwaardige kierdichting. Wel moet het kozijn kiervrij aansluiten op de bestaande constructie om ongewenste infiltratie van binnenlucht te voorkomen. Wanneer de aansluiting niet naadloos is kan condensvorming tussen de ramen optreden. De ruimte tussen het nieuwe raam aan de binnenzijde en het oorspronkelijke raam aan de buitenzijde moet met buitenlucht worden geventileerd door het oorspronkelijke raam bijvoorbeeld licht kierend te plaatsen.*002

De verbetering van de isolatiewaarde ten opzichte van standaard enkel glas is ca 82 %.*022

Aanwijzingen:

- Buitenvoorzetramen aan de buitenzijde zijn ontsierende elementen die het beeld van een pand aantasten en daarmee vanuit monumentaal oogpunt onwenselijk.
- Bij interieurs met een hoge monumentale waarde kan een binnenvoorzetraam onwenselijk zijn.
- De beglazing van het binnenvoorzetraam mag geen zonwerende coating bevatten omdat de temperatuur tussen de ruiten hierdoor te hoog kan oplopen hetgeen tot een thermische breuk kan leiden en slecht is voor de duurzaamheid van het verwerk.
- Een tweede glasplaat op het bestaande raam plaatsen, zowel aan de buiten als aan de binnenzijde, heeft een minder groot effect en kan sneller tot

condensvorming leiden aangezien de ruimte tussen de ruiten niet is geventileerd. In theorie werkt de oplossing als de aansluitingen luchtdicht zijn. De uitvoering laat echter vaak te wensen over en/of de aansluiting is door ongelijkheden niet 100% luchtdicht te krijgen.

- Bij binnenvoorzetramen met een hogere isolatiewaarden (vanaf een U-waarde van 1,6 W/m²K en lager) kan er bij steeds muren condensvorming optreden op het geveloppervlak. Het isoleren van de gevel kan dit voorkomen. Gevelisolatie kan echter weer bouwfysische problemen geven. Voor richtlijnen zie hoofdstuk *f, Wanden*.

c.1.b Houten raam met monumentale waarden in technisch slechte staat

- 1 Vervangen van een enkel raam: het raam kan vervangen worden door een nieuw exemplaar dat een exacte kopie is van het bestaande raam. De oplossing voor kierdichting is dan overeenkomstig de te handhaven ramen zie c.1.a *004
- 2 Integraal vervangen van ramen. De ramen kunnen vervangen worden door nieuwe exemplaren die in beeld exacte kopieën zijn van de bestaande ramen. De ramen kunnen hierbij van isolatieglas en een kierdichting worden voorzien.*005
Overwegend blijft hoog rendementsglas te zwaar om redelijkerwijs het bestaande beeld te kunnen handhaven en zal met een dunnere variant glas genoeg moeten worden genomen. Een mogelijkheid is om het raamhout op te dikken. Om geen diepere negge te krijgen kan bij draairamen ter plaatse van de onderdorpel van het bovenlicht en de bovendorpel van het draairaam een bajonet-achtige constructie worden toegepast. Bij schuiframen is dit niet mogelijk en is het bestaande raamhout leidend.*024
Wanneer het raam roeden heeft is de roede bepalend voor de dikte van het glas. De roede moet een echte glasdragende roede blijven. Het toepassen van schijnroeden is niet toegestaan. Voor de noodzakelijke sponningdiepte moet men de dikte van het glas nemen plus 10 mm. Voor dikkere varianten geldt plus 12 mm.*021
Bij integraal vervangen van de ramen is het toepassen van een binnenbeglazingssysteem toegestaan. Wel dient de afschuining van het raamhout dan 35° te zijn in plaats van de gebruikelijke 30°. Hierdoor lijkt de afschuining meer op een stopverfnaad.*025

Aanwijzingen:

- Het raamtype dient te worden gehandhaafd; draai-kiepramen is in beginsel niet toegestaan.
- Een aanslagstuk in de vorm van een wellat is in beginsel niet toegestaan.
- Het toepassen van schijnroeden is niet toegestaan.
- De materialisering moet aansluiten bij het karakter van het monument. Kunststof ramen zijn niet toegestaan.
- Zonwerende coatings in of op het glas geven een extra spiegeland effect. Bij monumenten of panden met een hoge beeldbepalende kwaliteit is dit sterk spiegeland effect onwenselijk. Slechts een beperkte reductie van de licht toetredingsfactor (LTA) en de zon toetredingsfactor (ZTA) zal worden toegestaan en het glas dient de uitstraling van gewoon blank glas te hebben.
- Bij glas met een hogere isolatiewaarden (vanaf een U-waarde van 1,6 W/m²K en lager) kan er bij steeds muren condensvorming optreden op het geveloppervlak. Het isoleren van de gevel kan dit voorkomen. Gevelisolatie kan echter weer bouwfysische problemen geven. Voor richtlijnen zie hoofdstuk *f, Wanden*.

c.1.c Houten raam van belang voor de beeldkwaliteit zonder materiële waarden

- 1 Bij het handhaven van de ramen: zie ook c.1.a. voor glaskeuze. Het uitfrezen van de sponning om een dikkere variant glas aan te brengen behoort tot de mogelijkheden.

- 2 De ramen kunnen vervangen worden door nieuwe exemplaren die in beeld een exacte kopie zijn van de bestaande ramen. De nieuwe ramen kunnen hierbij van isolatieglas en een kierdichting worden voorzien.*006

Overwegend blijft hoog rendementsglas te zwaar om redelijkerwijs het bestaande beeld te handhaven en zal met een dunnere variant genoeg moeten worden genomen. Een mogelijkheid is om het raamhout op te dikken. Om geen diepere negge te krijgen kan bij draairamen ter plaatse van de onderdorpel van het bovenlicht en de bovendorpel van het draairaam een bajonet-achtige constructie worden toegepast. Bij schuiframen is dit niet mogelijk en is het bestaande raamhout leidend.*024

Wanneer het raam roeden heeft is de roede bepalend voor de dikte van het glas. Bij monumenten moet de roede een echte glasdragende roede blijven. Het toepassen van schijnroeden is bij beschermde monumenten niet toegestaan. Bij panden die alleen van belang zijn vanwege de beeldkwaliteit is een schijnroede wel mogelijk. Het heeft hierbij sterk de voorkeur dat een verbindingstrook tussen het dubbele glas wordt aangebracht.*026 Als uitgangspunt moet men voor de sponningdiepte nemen de dikte van het glas plus 10 mm. Voor dikkere varianten geldt plus 12 mm.*021

Bij integraal vervangen van de ramen is het toepassen van een binnenbeglazingssysteem toegestaan. Het is aan te bevelen de afschuining van het raamhout 35° te houden in plaats van de gebruikelijke 30°.*025

Aanwijzingen:

- Bij beschermde monumenten dient het raamtype te worden gehandhaafd; draaikiepramen zijn in beginsel niet toegestaan. Bij panden van belang vanwege de beeldkwaliteit is een ander raamsysteem wel toegestaan mits het uiterlijk ongewijzigd blijft.
- Een aanslagstuk in de vorm van een wellat is bij beschermde monumenten in beginsel niet toegestaan.
- De materialisering moet aansluiten bij het karakter van het monument. Kunststof ramen zijn niet toegestaan.
- Zonwerende coatings in of op het glas geven een extra spiegelen effect. Bij monumenten of panden met een hoge beeldbepalende kwaliteit is dit sterk spiegelen effect onwenselijk. Slechts een beperkte reductie van de licht toetredingsfactor (LTA) en de zon toetredingsfactor (ZTA) zal worden toegestaan en het glas dient de uitstraling van gewoon blank glas te hebben.
- Bij glas met een hogere isolatiewaarden (vanaf een U-waarde van 1,6 W/m²K en lager) kan er bij steens muren condensvorming optreden op het geveloppervlak. Het isoleren van de gevel kan dit voorkomen. Gevelisolatie kan echter weer bouwfysische problemen geven. Voor richtlijnen zie hoofdstuk *f, Wanden*.

c.1.d Houten raam zonder monumentale waarden

- 1 Bij het handhaven van de ramen: zie ook c.1.a voor glaskeuze. Naast het uittreken van de sponning bestaat de mogelijkheid om een glaslat aan de buitenzijde aan te brengen zodat dikker glas toegepast kan worden.*027
- 2 De ramen kunnen vervangen worden door een bij de karakteristiek van het pand passend raam. De nieuwe elementen kunnen hierbij van isolerend glas en kierdichting worden voorzien. Hierbij behoort standaard HR++ tot de mogelijkheden.*006

Aanwijzingen:

- De materialisering moet aansluiten bij het karakter van het monument. Kunststof ramen zijn niet toegestaan.
- Bij glas met een hogere isolatiewaarden (vanaf een U-waarde van 1,6 W/m²K en lager) kan er bij steens muren condensvorming optreden op het geveloppervlak.

Het isoleren van de gevel kan dit voorkomen. Gevelisolatie kan echter weer bouwfysische problemen geven. Voor richtlijnen zie hoofdstuk *f*, *Wanden*.

c.2 Stalen en ijzeren ramen

Er kan een keuze worden gemaakt tussen een bestaand raam handhaven of vervangen volgens de volgende indeling:

- a. raam met monumentale waarden (materieel en beeldkwaliteit)
- b. raam met monumentale waarden in technisch slechte staat (raam is niet redelijkerwijs te herstellen)
- c. raam van belang voor de beeldkwaliteit maar geen materiële waarden
- d. raam zonder monumentale waarden

c.2.a Stalen raam met monumentale waarden

De bestaande ramen dienen in hun geheel te worden gehandhaafd. Nieuw glas moet op een traditionele manier met een stoppasta worden geplaatst. In voorkomende gevallen kan het bij monumenten zijn dat aan het oude glas een waarde wordt toegekend en dat het niet zondermeer mag worden vervangen. In dat geval is alleen een binnenvoorzetraam een optie.

De mogelijkheden om isolerend glas te plaatsen zijn afhankelijk van de sponningdiepte. Het standaard dubbel glas (HR++) heeft een dikte van ca 22 mm en is gezien de ranke detaillering van historische ramen zelden toepasbaar. Als uitgangspunt moet men voor de sponningdiepte nemen de dikte van het glas plus 10 mm. Voor dikkere varianten geldt plus 12 mm.*021

De stalen profielen geleiden koude en vormen dus kleine koudebruggen. Hoogwaardig isolatieglas heeft dan ook een relatief lager effect door deze profielen. Daarnaast treedt op de profielen extra condensvorming op hetgeen weer sneller tot roest kan leiden. Met name met roeden van het in de jaren '30 en '50 veelvuldig toegepaste systeem 'Fenestra' kan dit het geval zijn. De naden kunnen een capillaire werking hebben waardoor er vocht in de verbindingen kan komen.*028 Een volgend nadeel is de mogelijke optreding van thermische spanningen in het glas als gevolg van de koudebrug hetgeen zelfs tot breuk kan leiden. Daarnaast is isolerend glas zwaarder dan enkel glas waardoor het bestaande hang- en sluitwerk mogelijk te licht is om het raam te dragen. Aangezien het hang- en sluitwerk overwegend in de ramen en kozijnen is geïntegreerd zal voor een lichter glas moeten worden gekozen.

Wanneer niet overgegaan kan worden tot het plaatsen van standaard dubbel glas kunnen de volgende alternatieven worden bekeken:

- 1 Gelaagd glas met folie
- 2 Dun dubbel glas
- 3 Vacuüm glas
- 4 Binnenvoorzetraam

c.2.a.1 Gelaagd glas met warmte reflecterende coating:

In een gelaagde enkele glasplaat is een warmte reflecterende coating opgenomen. De ruiten zijn ca 4 tot 8 mm dik en kunnen derhalve in de meeste historische ramen worden geplaatst. Het glas is geschikt vanaf minimaal 14 mm tot 18 mm voor de dikkere variant.*021 Het glas is duurzaam en gaat voor zover bekend, lang mee. Omdat het enkel glas betreft, blijft het nadeel van condensvorming echter wel bestaan.

De verbetering van de isolatiewaarde ten opzichte van standaard enkel glas is bij stalen ramen ca 30%.*022 *023

Aanwijzingen:

- Het glas is ook verkrijgbaar met getrokken glas dat minder spiegelt.

- Zonwerende coatings in of op het glas geven een extra spiegelen effect. Bij monumenten of panden met een hoge beeldbepalende kwaliteit is dit sterk spiegelen effect onwenselijk. Slechts een beperkte reductie van de licht toetredingsfactor (LTA) en de zon toetredingsfactor (ZTA) zal worden toegestaan en het glas dient de uitstraling van gewoon blank glas te hebben.

c.2.a.2 Dun dubbel glas

Er bestaan dunne, dubbele glassoorten van 10 tot zelfs 7 mm dik. De ruiten bevatten een edelgasvulling. Er bestaan tevens varianten die gecombineerd worden met een warmte reflecterende coating en die een wat grotere isolatiewaarde hebben. De mogelijkheden hangen af van de grootte van de ruit. De 7 mm variant is toepasbaar tot een maximaal glasoppervlak van ca. 0,6 m², de 9 mm variant tot ca. 1,0 m² en de 10 mm variant tot ca. 1,2 m². De minimale sponningdiepte is 17 tot 20 mm.*021

De ruiten kunnen tegen een meerprijs ook niet-haaks besteld worden indien er sprake is van scheefstand. De duurzaamheid van dubbel glas is (afhankelijk van de kwaliteit van de ruit en de plaatsing) ca 15 tot 20 jaar omdat de gasspouw dan lek zal zijn waardoor de isolatiewaarde beduidend lager wordt.

De verbetering van de isolatiewaarde ten opzichte van standaard enkel glas bij 10 mm dubbel glas is bij stalen ramen bij aanvang ca 57 %.*022 *023

Door de koudebruggen van de stalen profielen kan bij de randen van de ruit condens optreden.

Aanwijzingen:

- Dubbel glas is ook verkrijgbaar met getrokken glas dat minder spiegelt.
- De omranding van dubbel glas kan ook zwart of in kleur worden geleverd waardoor het minder opvalt.
- Zonwerende coatings in of op het glas geven een extra spiegelen effect. Bij monumenten of panden met een hoge beeldbepalende kwaliteit is dit sterk spiegelen effect onwenselijk. Slechts een beperkte reductie van de licht toetredingsfactor (LTA) en de zon toetredingsfactor (ZTA) zal worden toegestaan en het glas dient de uitstraling van gewoon blank glas te hebben.
- Bij glas met een hogere isolatiewaarden (vanaf een U-waarde van 1,6 W/m²K en lager) kan er bij steeds muren condensvorming optreden op het geveloppervlak. Het isoleren van de gevel kan dit voorkomen. Gevelisolatie kan echter weer bouwfysische problemen geven. Voor richtlijnen zie hoofdstuk *f*, *Wanden*.

c.2.a.3 Vacuümglas

De ruimte tussen de twee glasplaten wordt vacuüm gezogen. Kleine pilaartjes houden de twee glasplaten van elkaar. Wel zijn deze afstandhouders op kleine afstand zichtbaar. Een ventiel ter grootte van een knoop op elke ruit zorgt voor het vacuüm trekken. Het glas is ca 7 mm dik en de minimale vereiste sponningdiepte is 17 mm.*021

Vacuümglas is een hoogwaardig product maar relatief kostbaar. De hoogwaardige eigenschappen worden enigszins teniet gedaan door de koudebruggen van de stalen ramen die bij de randen van de ruit condens als gevolg kunnen hebben. Ook verdwijnt het vacuüm met de loop der jaren waarmee de isolatiewaarde sterk daalt. De ruit kan echter opnieuw vacuüm getrokken worden.

De verbetering van de isolatiewaarde ten opzichte van standaard enkel glas is bij stalen ramen ca 60 %.*022 *023 Door het vacuüm is de koudestraling van de ruit in tegenstelling tot andere glassoorten nagenoeg verwaarloosbaar.

Aanwijzingen:

- Zonwerende coatings in of op het glas geven een extra spiegeland effect. Bij monumenten of panden met een hoge beeldbepalende kwaliteit is dit sterk spiegeland effect onwenselijk. Slechts een beperkte reductie van de licht toetredingsfactor (LTA) en de zon toetredingsfactor (ZTA) zal worden toegestaan en het glas dient de uitstraling van gewoon blank glas te hebben.
- Door het vacuüm heeft vacuümglas een zeer hoge geluidsisolatie.
- Bij glas met een hogere isolatiewaarden (vanaf een U-waarde van 1,6 W/m²K en lager) kan er bij steeds muren condensvorming optreden op het geveleppervlak. Het isoleren van de gevel kan dit voorkomen. Gevelisolatie kan echter weer bouwfysische problemen geven. Voor richtlijnen zie hoofdstuk *f*, *Wanden*.

c.2.a.4 Binnenvoorzetraam

Een binnenvoorzetraam is een goed alternatief wanneer het bestaande historische raam de plaatsing van isolerende beglazing niet toelaat of wanneer men een hoger isolerend niveau wil bereiken. Het binnenvoorraam kan voorzien worden van hoog rendementsglas en een hoogwaardige kierdichting. Wel moet het kozijn kiervrij aansluiten op de bestaande constructie om ongewenste interventie van binnenlucht te voorkomen. Wanneer de aansluiting niet naadloos is kan tussen de ramen condensvorming optreden. De ruimte tussen het nieuwe raam aan de binnenzijde en het oorspronkelijke raam aan de buitenzijde moet met buitenlucht worden geventileerd door het oorspronkelijke raam bijvoorbeeld licht kierend te plaatsen. Bij stalen en gietijzeren ramen kan het ventileren met buitenlucht lastig zijn. Gezien de sluitingswijze van de ramen of bij vaste gietijzeren ramen kunnen ventilatievoorzieningen tot inwatering leiden. Een oplossing hiervoor is de plaatsing van een bescheiden ventilatievoorziening in het glas.*002

De verbetering van de isolatiewaarde ten opzichte van standaard enkel glas is ca 79 %.*022
Aanwijzingen:

- Binnenvoorzetramen aan de buitenzijde zijn ontsierende elementen die het beeld van een pand aantasten en daarmee vanuit monumentaal oogpunt onwenselijk.
- Bij interieurs met een hoge monumentale waarde kan een binnenvoorzetraam onwenselijk zijn.
- De beglazing van het binnenvoorzetraam mag geen zonwerende coating bevatten omdat de temperatuur tussen de ruiten hierdoor te hoog kan oplopen hetgeen tot een thermische breuk kan leiden.
- Bij binnenvoorzetramen met een hogere isolatiewaarden (vanaf een U-waarde van 1,6 W/m²K en lager) kan er bij steeds muren condensvorming optreden op het geveleppervlak. Het isoleren van de gevel kan dit voorkomen. Gevelisolatie kan echter weer bouwfysische problemen geven. Voor richtlijnen zie hoofdstuk *f*, *Wanden*.

c.2.b Stalen raam met monumentale waarden in slechte technische staat

- 1 Vervangen van een enkel raam: het raam kan vervangen worden door een nieuw exemplaar dat een (nagenoeg) exacte kopie is van het bestaande raam. De oplossing voor kierdichting is overeenkomstig de te handhaven ramen, zie c.2.a.*004 *009
- 2 Integraal vervangen van ramen: de ramen kunnen vervangen worden door nieuwe exemplaren die in beeld exacte kopieën zijn van de bestaande ramen. De ramen kunnen hierbij van isolatieglas en eventueel van een koudebrugonderbreking worden voorzien.*005 *010 Bij gietijzeren ramen is het in de regel niet mogelijk met een vergelijkbaar uiterlijk een koudebrugonderbreking aan te brengen.

Aanwijzingen:

- Het raamtype dient te worden gehandhaafd.
- In beginsel moet een nieuw raam in staal worden uitgevoerd. Aluminium profielen zijn breder dan de rankere staalprofielen en doen daarmee overwegend afbreuk aan de architectonische verschijningsvorm.
- Zonwerende coatings in of op het glas geven een extra spiegeland effect. Bij monumenten of panden met een hoge beeldbepalende kwaliteit is dit sterk spiegeland effect onwenselijk. Slechts een beperkte reductie van de licht toetredingsfactor (LTA) en de zon toetredingsfactor (ZTA) zal worden toegestaan en het glas dient de uitstraling van gewoon blank glas te hebben.

c.2.c Stalen ramen van belang voor de beeldkwaliteit zonder materiële waarde:

- 1 Bij het handhaven van de ramen: zie c.2.a.
- 2 Bij Integraal vervangen van ramen: de ramen kunnen vervangen worden door nieuwe exemplaren die in beeld exacte kopieën zijn van de bestaande ramen. De ramen kunnen hierbij van een kierdichting en koudebrugonderbreking worden voorzien.*006 Bij gietijzeren ramen is het in de regel niet mogelijk met een vergelijkbaar uiterlijk een koudebrugonderbreking aan te brengen.

Aanwijzingen:

- Het raamtype dient te worden gehandhaafd.
- In beginsel moet een nieuw raam in staal worden uitgevoerd. Aluminium profielen zijn zwaarder dan de rankere staalprofielen en doen daarmee overwegend afbreuk aan de architectonische verschijningsvorm.

c.2.d Stalen ramen zonder monumentale waarden:

- 1 Bij het handhaven van de ramen: zie c.2.a.
- 2 Bij Integraal vervangen van ramen: de ramen kunnen vervangen worden door een bij de karakteristiek van het pand passend raam. De nieuwe elementen kunnen hierbij van isolatieglas en koudebrugonderbreking worden voorzien.*006

Aanwijzingen:

- De materialisering moet aansluiten bij de architectonische verschijningsvorm van het historische pand of monument.

c.3 Glas-in-lood

Glas in loodramen vormen een bijzonder thema bij na-isolatie doordat er veel problemen aan kleven. Bij glas in lood bevinden de glazen ruitjes zich in h-vormige loodstrips die op de verbindingpunten zijn gesoldeerd. Het raam wordt vervolgens gekit om het wind- en waterdicht te maken en het te verstevigen. Bij grotere ramen worden ondersteunende brugstaven aangebracht om de ramen te dragen. Er kan, afhankelijk van de omvang van het raam, een aantal oplossingen worden toegepast om de warmte-isolatie met behoud van de ramen, te verbeteren:

- a Buitenvoorzetraam
- b Binnenvoorzetraam
- c Opnemen in dubbel glas
- d Museale opstelling

c.3.a Buitenvoorzetraam bij glas in lood

Aan de buitenzijde wordt een plaat glas of isolerende beglazing voor het glas in lood geplaatst waarbij het glas in lood op zijn oorspronkelijke plek blijft.

- Voordelen: het glas in lood is beschermd en kan op de bestaande plek worden gehandhaafd.
- Nadelen: aan de buitenzijde wordt een mogelijk hinderlijk zichtbaar element (vaak is het glas met glaslatten of in een frame geplaatst waarmee het beeld wijzigt) toegevoegd die het zicht op het glas in lood deels ontnemt. Tevens bestaat het risico tot condensvorming en is de ruimte tussen de ruiten lastig te bereiken.
- Ventilatie: In veel gevallen laat men de ruimte tussen het glas in lood en de voorzetbeglazing ongeventileerd maar dat leidt onherroepelijk tot condensproblemen die bij houten ramen op den duur tot houtrot leiden en bij stalen ramen tot corrosie. De ruimte tussen de twee ramen moet dan ook met lucht moeten worden geventileerd om een stijging van het vochtgehalte te voorkomen. Hierbij kan met binnen- of buitenlucht worden geventileerd. Bij ventilatie met binnenlucht kan echter op de buitenvoorzetbeglazing condensvorming optreden. Bij ventilatie met buitenlucht is de kans op condensatie aan de binnenzijde op het glas en lood weer groot en is het isolerend effect relatief beperkt. Vanuit energetisch oogpunt is ventileren met binnenlucht aan te bevelen. Hiervoor zullen ventilatiesleuven in het raamhout, kozijnhout of gaatjes in het stalen raam moeten worden aangebracht.*029

Bij monumenten en panden met een hoge beeldkwaliteit is buitenvoorzetbeglazing vanwege het ontsierend karakter en mogelijke aantasting van het raam of kozijn in de regel ongewenst. Men kan in buitenvoorzetramen een onderscheid maken tussen:

- 1 Buitenvoorzetraam met enkel glas: op de plaat glas of gelaagd glas met een warmte reflecterende folie kan bij ventilatie met binnenlucht sterke condensvorming op de voorzetbeglazing optreden. De isolatiewaarde is relatief lager en de kans op houtrot of roest is groot. De oplossing is niet aan te bevelen.
In sommige gevallen worden kunststof producten als plexiglas toegepast. Naast het sterk ontsierende karakter voor het aanzicht en gevelbeeld is de kans op condensatie nog steeds groot. Kunststof platen als plexiglas kunnen dan ook alleen op plaatsen zonder monumentale waarden of beeldkwaliteit worden toegepast.
- 2 Buitenvoorzetraam met dubbel glas: de kans op condensvorming is meer beperkt. De isolatiewaarde is relatief hoger. Als richtlijn voor de ruimte tussen het glas en lood en het dubbel glas wordt doorgaans minimaal 15 mm aangegeven om een goede ventilatie te garanderen. Er zijn echter voorbeelden waarbij het dubbel glas probleemloos tegen het glas in lood aan is geplaatst.*030

c.3.b Binnenvoorzetraam bij glas in lood

Aan de binnenzijde van het glas in lood wordt isolerend glas geplaatst. Het plaatsen van ongeïsoleerd enkel glas heeft energetisch relatief een beperkt effect en kan condensvorming aan de binnenzijde veroorzaken. Het is derhalve bij deze oplossing aan te bevelen isolerende beglazing te plaatsen

- Voordeel: er is geen sprake van een ontsierende ruit aan de buitenzijde die het gevelbeeld verstoort. Het glas in lood kan op de bestaande plek worden gehandhaafd. Bij een goede uitvoering treedt er geen condensvorming op.

- Nadeel: het glas in lood wordt niet beschermd van buitenaf en is daardoor kwetsbaarder. Daarnaast is van binnenuit bij (kunstmatige) binnerverlichting het glas in lood door de spiegeling van het binnenvoorzetraam minder goed zichtbaar.
- Ventilatie: het binnenvoorzetraam moet naadloos aansluiten op het kozijn of het raamhout zodat er geen binnenlucht tussen het glas en lood en het binnenvoorzetraam kan komen. Anders is de kans op condensvorming op het glas in lood groot hetgeen nadelige consequenties heeft voor de duurzaamheid ervan. Bovendien kan dit bij houten ramen tot houtrot leiden en bij stalen ramen tot corrosie. De ruimte tussen het glas in lood en het buitenvoorzetraam moet zwak geventileerd worden met buitenlucht.

Bij interieurs met een hoge monumentale waarde kan een binnenvoorzetraam onwenselijk zijn.

Wat betreft de ventilatie kan het volgende onderscheid kan gemaakt worden:

- 1 Bij draaiende of schuivende delen met glas in lood is het ventileren van de ruimte tussen het glas in lood en het binnenvoorzetraam eenvoudig te regelen door het raam bijvoorbeeld kierend te plaatsen.
- 2 Bij een vast glas in loodraam is het ventileren van de ruimte tussen het glas in lood en het binnenvoorzetraam niet eenvoudig te realiseren. Een mogelijkheid is het aanbrengen van een bescheiden rooster bij de houten vensters. Een andere mogelijkheid bij houten of stalen ramen is het boren van kleine gaatjes op plekken die niet regenbelast zijn. Bij houten ramen kunnen dunne flexibele kuststof buisjes worden ingebracht om vochtindringing in het hout te voorkomen. Bij vaste bovenlichten boven een bewegend raam is het aan te bevelen om een binnenvoorzetraam achter het totale raam te plaatsen en de tussenruimte bij het glas in lood van onderuit mee te ventileren.

Aanwijzingen:

- Bij houten of stalen raamkozijnen met een hoge monumentale waarde is het inbrengen van ventilatievoorzieningen niet toegestaan.

c.3.c Glas in lood opnemen in dubbel glas

Het glas in lood wordt uitgenomen en tussen twee glasplaten in een nieuwe loodspinning aangebracht. De totale constructie is minimaal 19 mm dik. Aangezien de spinning van historische ramen doorgaans niet toereikend is, zal het bestaande raam in veel gevallen moeten worden vervangen. Daarnaast moet het glas in lood door de verdikking van het raampakket, bij de randen worden verkleind óf de glasspinning (breedte en hoogte) worden vergroot. Wegens verschillen in thermische uitzetting is bovengenoemde oplossing niet geschikt voor grotere glas in lood oppervlakten. Wanneer brugstaven in het glas in lood zijn toegepast is plaatsing in dubbel glas eveneens niet mogelijk. Glas in lood opnemen in dubbel glas is relatief kostbaarder dan een buiten- of binnenvoorzetraam.

- Voordeel: het glas in lood is goed beschermd en er kan bij een deugdelijke uitvoering geen condensvorming optreden.
- Nadelen: het glas in lood blijft niet op de oorspronkelijke plek gehandhaafd en het raam zal in de regel moeten worden vervangen of worden aangepast om het glas te kunnen herplaatsen. Het glas in lood is bij binnerverlichting door de spiegeling van het dubbel glas zowel van binnen als van buiten uit minder goed zichtbaar en het nieuwe loodsoldeer blijft sterk glimmen. Dit laatste is te ondervangen door het te patineren maar dit moet wel zorgvuldig gebeuren en na toepassing goed schoongemaakt worden anders kan het lood door het zuur in het patineermiddel worden aangetast. Wanneer glas in lood wordt opgenomen in dubbel glas bestaat tevens een risico tot een thermische breuk van het glas in lood aangezien de temperatuur tussen de glasplaten met name bij donkere kleuren sterk kan oplopen. Tot slot is de kans op beschadiging van het glas in lood bij het opnieuw uitnemen erg groot.
- Er hoeven geen ventilatievoorzieningen voor het glas te worden aangebracht.

Aanwijzingen:

Bij beschermde monumenten is het opnemen van glas in lood in dubbel glas niet toegestaan.

c.3.d Museale opstelling van glas in lood

Bij een museale opstelling wordt het glas in lood uitgenomen en in een speciale frame geplaatst. In de originele spinning van het glas komt een beschermende buitenvoorzetbeglazing met daar achter (aan de binnenzijde) het glas in lood. Bij brugstaven

is er een verbinding tussen het voorzetglas en het glas in lood. Deze opstelling wordt overwegend alleen toegepast met glas in loodramen die een hoge kunsthistorische waarde hebben en is in beginsel bedoeld om het glas te beschermen. De oplossing is relatief kostbaar.

- Voordeel: het glas in lood is goed beschermd.
- Nadeel: het glas in lood blijft niet op zijn oorspronkelijke plek bewaard en moet worden uitgenomen. Het aanzicht wijzigt zowel vanaf de buitenzijde als vanaf de binnenzijde. Er kan condens optreden op het buitenraam. Bij een hogere isolatiewaarde van het raam neemt de kans hierop af.
- Ventilatie: de ruimte tussen het glas wordt in de regel geventileerd met binnenlucht. De ruimte tussen het voorzetglas en het glas in lood moet minimaal 15 mm en maximaal 60 mm bedragen.*031

Een museale opstelling is bij beschermde monumenten en panden met een hoge beeldkwaliteit alleen toegestaan als de waarde en kwaliteit van het glas in lood dusdanig hoog is dat een wijziging van het beeld te rechtvaardigen is.

c.4 Overig

c.4.1 Luiken

Ook luiken kunnen een positieve bijdrage leveren aan de energieprestatie. Het gangbaar houden, het opnieuw gangbaar maken van luiken of het opnieuw aanbrengen van luiken die in het verleden zijn verdwenen, kan een goede alternatieve isolerende voorziening zijn. Er zijn ook geïsoleerde luiken in de handel die de warmte binnen kunnen houden en tevens als zonwering kunnen dienen. De luiken hebben alleen een isolerend effect in gesloten toestand en zijn daarmee in de regel alleen tijdens de avond en nacht een aanvullende isolerende voorziening. Een onderscheid kan worden gemaakt tussen:

- a Binnenluiken
- b Buitenluiken

c.4.1.a Binnenluiken

Binnenluiken zijn vaak schuifluiken die uit de voorzetwand naast het raam te voorschijn komen of klapluiken uit samengestelde scharnierende elementen. Aangezien zich tussen het luik en het raam een kouder overgangsgebied bevindt tussen binnen en buiten kan hier sneller condensvorming optreden, immers de warmere binnenlucht koelt af waardoor waterdamp condenseert. Naarmate het buitenraam beter geïsoleerd is zal dit effect echter kleiner zijn. Ondanks bovengenoemde condensvorming, die na opening overigens weer snel verdwijnt, wordt door luiken het warmteverlies aanzienlijk beperkt evenals de koudestraling.

c.4.1.b Buitenluiken

1 Traditionele houten luiken

Eenmaal gesloten beperken de luiken het warmteverlies en de koudestraling van het glas in de ramen. De luiken hebben als nadeel dat ze niet van binnenuit te bedienen zijn. Condensatie komt bij buitenluiken in de regel niet voor. Bij het aanbrengen van nieuwe luiken kan ook overwogen worden om geïsoleerde luiken te plaatsen die het warmteverlies nog meer beperken. Deze luiken zijn echter dikker in opbouw hetgeen een afwijkend gevelbeeld kan opleveren. Aangezien de samenhang tussen isolerende maatregelen bepalend is voor de totale isolatiewaarde van de buitenschil, is de meerwaarde van geïsoleerde luiken bij historische constructies relatief beperkt. Aanwijzingen:

- Bij beschermde monumenten en panden die van belang zijn vanwege de beeldkwaliteit mogen alleen luiken worden toegepast als deze er van origine gezeten hebben. De luiken moeten hierbij aansluiten bij de architectonische verschijningsvorm van het pand.

2 Rollluiken:

Net als traditionele houten luiken beperken rolluiken het warmteverlies en de koudestraling van het glas in de ramen aanzienlijk. Het voordeel van rolluiken is dat ze van binnenuit te bedienen zijn waardoor ze eveneens makkelijk als zonwering dienst kunnen doen. Het grote nadeel is dat rolluiken aan de buitenzijde sterk ontsierend zijn waardoor ze alleen toegepast kunnen worden bij gevels zonder monumentale waarden en/of beeldkwaliteit.

d. Daken

Via daken vindt veel warmteverlies plaats. Voor het na-isoleren van daken bestaan verschillende oplossingen. De keuze ervan hangt af van het type dak, de aansluitingen op goten en gevels en het type dakbedekking.

Het aanbrengen van isolatiemateriaal bij daken kan van buiten af, een zogenaamd warm dak, of van binnen uit, een zogenaamd koud dak. Technisch gezien is een warm dak doorgaans te verkiezen boven een koud dak, omdat de gehele dakconstructie bij deze vorm van dakisolatie aan de warme binnenzijde ligt waardoor geen temperatuurverloop in de constructie kan optreden. Ook is de kans op vochtproblemen bij een koud dak-constructie groter dan bij een warm dak. Bij een koud dak hangt veel af van de deugdelijkheid van de uitvoering. Aan een warm dak-constructie daarentegen kleven ook een aantal nadelen. Zo is een belangrijk nadeel dat de bestaande dakbedekking eraf moet en opnieuw moet worden aangebracht. Dit is een ingrijpender en daarmee ook kostbaardere aangelegenheid dan een koud dak-constructie die eenvoudig van binnenuit kan worden aangebracht.

- 1 platte daken
- 2 hellende daken

d.1. Platte daken

Het aanbrengen van isolatiemateriaal bij platte daken is relatief eenvoudig. Er kan een onderscheid worden gemaakt tussen:

- a. warm dak-constructie
- b. koud dak-constructie

d.1.a Warm dak-constructie bij platte daken

Een beloopbare isolerende beplating wordt aangebracht. Aan de onderzijde van het isolatiemateriaal (de warme zijde) moet een dampremmende folie worden aangebracht of het isolatiemateriaal zelf moet dampwerend zijn. Isolerende folies, ademende of indrukbare isolatiematerialen zijn niet geschikt. Er zijn zeer veel verschillende isolatieplaten in de handel. Het type plaat maakt in beginsel niet uit maar om een zeker isolatieniveau te bereiken maakt het verschil in plaatdikte daarentegen wel uit.*032

Aanwijzingen:

- Bij beschermde monumenten of panden met een hoge beeldkwaliteit mogen de dakranden niet worden aangepast ten behoeve van de toepassing van een isolatiepakket. Dit geldt ook voor panden die onderdeel uitmaken van een ensemble aangezien de aanpassing zal leiden tot een verstoring van het uniforme beeld. De dikte van het isolatiepakket zal in bovengenoemde gevallen daarom moeten worden afgestemd op de bestaande dakrand.

Er kan een onderscheid gemaakt worden tussen:

- 1 Traditioneel geïsoleerd dak:
Op het bestaande platte dak wordt het isolatiemateriaal aangebracht met daar bovenop de dakbedekking. Eventueel kan hierboven nog grindbalast worden aangebracht.*033 Bij een lage dakopstand kan een verdiepte geul rondom de dakranden noodzakelijk zijn ten behoeve van de afwatering.*034
- 2 Extensief sedumdak of groendak:
Bij een sedumdak of groendak wordt op het isolatiemateriaal en de dakbedekking een laag vegetatie aangebracht. Deze laag bestaat doorgaans uit een vegetatiemat (sedum of gras) met een voedingslaag (substraat), een filtervlies en een drainagelaag. Het pakket vervangt de grindlaag.*033 De voordelen van een sedum of groendak is met name de verhoging van de levensduur van de dakbedekking en isolatie tegen de warmte in de zomer. Daarnaast houdt het dak meer water vast zodat er minder regenwater in het riool verdwijnt. Wel zal moeten worden bekeken of de bestaande dakconstructie toereikend is om het zwaardere pakket te dragen.
- 3 Omgekeerd dak:
Het principe van een omgekeerd dak is hetzelfde als bij een traditioneel dak alleen wordt het isolatiemateriaal niet onder maar bovenop de dakbedekking aangebracht. Omdat het isolatiemateriaal nat wordt kunnen alleen materialen worden toegepast die geen water opnemen zoals harde schuimen (PS, XPS, PUR, EPS). Op het isolatiemateriaal moet een ballastlaag worden aangebracht. Het voordeel van deze aanpak is dat de dakbedekking niet hoeft te worden vervangen. Een nadeel daarentegen is dat wanneer er reparaties moeten plaatsvinden of de dakbedekking aan vervanging toe is, het dak deels of geheel moet worden ontmanteld.

d.1.b Koud dak-constructie bij platte daken.

Aan de onderzijde van de dakconstructie wordt van binnen uit isolatiemateriaal aangebracht. Het voordeel is dat de bestaande dakbedekking niet hoeft te worden vervangen. Het type isolatiemateriaal maakt in beginsel niet uit; maar om een zeker isolatieniveau te bereiken maakt het verschil in plaatdikte daarentegen wel uit.*032

Tussen het isolatiemateriaal en de dakplaten dient een met buitenlucht geventileerde spouw te worden aangebracht terwijl aan de onderzijde van het isolatiemateriaal een dampremmende folie moet worden toegepast of het isolatiemateriaal zelf moet dampwerend zijn. Om de ventilatie te realiseren zullen bij de dakranden roosters moeten worden aangebracht of ventilatiepijpjes door het dak heen.

Aanwijzingen:

- Bij monumenten of panden met een hoge beeldkwaliteit mag de ventilatievoorziening niet zichtbaar zijn.

- Bij beschermde monumenten met bijzondere plafonds onder het dak is de toepassing van een koud dak-constructie niet toegestaan.

d.2 Hellende daken

Afhankelijk van de ouderdom zijn pannendaken beschoten of onbeschoten. In de loop van de negentiende eeuw werden kappen standaard beschoten. Oudere panden zijn van origine in de regel onbeschoten (men kijk rechtstreeks tegen de pannen aan) al kwam het beschieten van daken wel voor. Vaak werden er zogenaamde beschotluiken aangebracht om de pannen van binnenuit bij lekkage te kunnen aansmeren. Daken gedekt met koper, zink of leien waren in de regel wel beschoten. Door de verbetering van dakpannen en het afnemende lekkageprobleem was het niet meer noodzakelijk om vanaf de binnenzijde bij de pannen te komen om ze eventueel aan te smeren met een kalkmortel. Het beschieten werd derhalve toen de regel. Traditioneel gebonden rieten daken kennen overigens geen beschot. Ook bij hellende daken kan een onderscheid gemaakt worden tussen een warm en koud dakconstructie.

Een andere oplossing is om, bijvoorbeeld bij een lagere en moeilijk begaanbare zolder niet het dak te isoleren maar de zoldervloer. Zie e.2 *Zoldervloeren*.

Vanuit het oogpunt van thermische isolatie is er geen wezenlijk verschil tussen een warm of koud dakconstructie. De één isoleert niet beter dan de ander. Wel zijn er diverse technische verschillen en verschillen in kosten:

- a Pannendaken
- b Leien daken
- c Zink en koperen daken
- d Rieten daken
- e Dakleer

d.2.a Pannendaken

Een onderscheid kan gemaakt worden tussen:

- 1 warm dak-constructie
- 2 koud dak-constructie

d.2.a.1 Warm dak-constructie bij een hellend pannendak

Aan de buitenzijde wordt op het dakbeschot isolatiemateriaal aangebracht. Onbeschoten kappen zullen hierbij moeten worden beschoten. Vaak wordt een zogenaamd onderdak onder de pannen toegepast, een extra laag in de vorm van bijvoorbeeld een ademende folie om te voorkomen dat het isolatiemateriaal nat wordt bij vochtdoorslag.

Een warm dak is om bouwfysische redenen beter ten opzichte van een koud dakconstructie. Omdat de hele constructie aan de 'warme' zijde, onder het isolatiemateriaal ligt, vindt er geen temperatuurverloop in de dakconstructie plaats en is de duurzaamheid van het dak hoger.

Daarbij leidt het, in tegenstelling tot een koud dakconstructie, veel minder snel tot vochtproblemen. Een bijkomend voordeel is dat de dakconstructie volledig in het zicht blijft. Een nadeel van een warm dak is dat alle pannen eraf moeten waardoor het een ingrijpende en duurdere oplossing is. Een tweede nadeel is dat het dakpakket dikker wordt waardoor aansluitingsproblemen bijvoorbeeld bij goten of geveltoppen kunnen ontstaan.*35 Om dit probleem enigszins te ondervangen kunnen dunnere isolatieplaten of gelaagde folies worden toegepast. Let wel, deze folies kunnen niet rechtstreeks op bijvoorbeeld het beschot worden aangebracht. Er dient aan beide zijden minimaal 15 mm ruimte te worden gehouden.*36 Bij voldoende ruimte maakt het type isolatiemateriaal in beginsel niet uit maar om een zeker isolatieniveau te bereiken maakt het verschil in plaatdikte daarentegen wel uit.*032

Aanwijzingen:

- De 'pannenlijn' van het dakvlak moet altijd lager liggen dan de geveltop. Bij weinig ruimte kan eventueel gewerkt worden met een verholten goot.*37
- De denkbeeldige lijn die men van het dakvlak doortrekt moet in de goot liggen. Een handige maatstaaf is dat wanneer een ladder vlak op het dak wordt geplaatst (t.b.v. onderhoud, schoorsteenvegen etc.) deze nog in op de gootbodem kan rusten.
- Bij meerdere panden onder één dak is het sterk aan te bevelen om het aanbrengen van het isolatiemateriaal collectief te laten plaats vinden. Immers wanneer het ene pand een dikker dakpakket krijgt en het andere niet, ontstaan er sprongen in het dak. Ook is de kans op lekkage op de overgang dan groter. Bij

beschermde monumenten is afzonderlijke isolatie vanaf de buitenzijde van dakvlakken die deel uitmaken van een doorlopend dakvlak niet toegestaan.

d.2.a.2 Koud dak-constructie bij een hellend pannendak

Aan de binnenzijde wordt onder het beschot of op een afstand van de pannen tussen de spanten of gordingen isolatiemateriaal aangebracht. Het voordeel is dat het eenvoudig is aan te brengen vanaf de binnenzijde zonder dat de pannen eraf moeten, waarmee het een minder ingrijpend en goedkopere methode is dan een warm dak-constructie. Daarnaast wordt het dakpakket aan de buitenzijde niet dikker waardoor er geen aansluitingsproblemen kunnen ontstaan bij bijvoorbeeld goten en geveltoppen.*035 Het type isolatiemateriaal maakt in beginsel niet uit maar om een zeker isolatieniveau te bereiken maakt het verschil in plaatdikte daarentegen wel uit.*032

Een koud dak is om bouwfysische redenen minder goed dan een warmdak-constructie. Zo kan in de dakconstructie een temperatuurverloop optreden hetgeen een negatieve invloed kan hebben op de duurzaamheid. Veel hangt bovendien af van een deugdelijke uitvoering. Bij een minder zorgvuldige uitvoering kunnen vochtproblemen ontstaan. Een bijkomend nadeel is dat de dakconstructie deels aan het zicht wordt onttrokken.

Bij beschoten daken zijn er twee manieren om het isolatiemateriaal aan te brengen:

a Rechtstreeks tegen het beschot

Het voordeel is dat het isolatiepakket minder dik wordt en daardoor minder ver naar binnen komt. Wel moet het isolatiemateriaal naadloos aansluiten op het dakbeschot en geen luchtruimtes bevatten. Ook moet de dampremmende laag aan de binnenzijde naadloos doorlopen. Wanneer dit niet het geval is kunnen er vochttoppingen ontstaan waardoor het dakbeschot of de dakconstructie kan gaan rotten. Vaak ontstaan in de praktijk bij deze oplossing veel problemen door een onzorgvuldige uitvoering of het niet volledig vlak zijn van het beschot en het uitzakken van het isolatiemateriaal.*037a

b Met een geventileerde luchtspouw

Een luchtspouw van minimaal 30 mm wordt aangebracht tussen het beschot en het isolatiemateriaal. Deze luchtspouw dient geventileerd te worden met buitenlucht. Het is van belang dat deze ventilatie goed gewaarborgd is omdat anders vochtproblemen kunnen ontstaan die kunnen leiden tot een rottende dakconstructie. In de praktijk is gebleken dat het boren van een paar gaten onder en boven in het dakbeschot op termijn ontoereikend is. De gaten kunnen door o.a. vuil en stof dicht slibben. Het is derhalve aan te bevelen voldoende ventilatieroosters aan te brengen.

d.2.b Leien daken

Leien worden rechtstreeks gespijkerd op het dakbeschot of op leilatten. Vooral bij de bevestiging van leien op het dakbeschot is het ventileren van de dakconstructie van groot belang om verstikking te voorkomen. Er kan een onderscheid worden gemaakt tussen een warm dak en een koud dak-constructie. Gezien de bouwtechnische condities is een koud dak eenvoudiger te realiseren.

- 1 warm dak-constructie
- 2 koud dak-constructie

d.2.b.1 Warm dak-constructie bij leien

Aan de buitenzijde wordt op het dakbeschot isolatiemateriaal aangebracht. Om de leien te kunnen dragen zullen tengels en leilatten moeten worden aangebracht. Het type isolatiemateriaal maakt in beginsel niet uit maar om een zeker isolatieniveau te bereiken maakt het verschil in plaatdikte daarentegen wel uit. 032 De ruimte tussen het isolatiemateriaal en de leien dient goed geventileerd te worden. Ook is een deugdelijke dampwerende laag aan de binnenzijde onder het isolatiemateriaal van groot belang om condensatieproblemen te voorkomen.

Helaas wordt dikwijls in de praktijk het bestaande dakbeschot verwijderd en een geïsoleerde dakplaat aangebracht, waarop de leien worden gespijkerd. Deze methode is sterk af te raden omdat de dakplaat door vocht onder de leien kan verstikken; daarbij wordt de leidekking overmatig aan vocht bloot gesteld hetgeen de levensduur negatief beïnvloedt. De toepassing van een waterkerende laag onder de leien voorkomt dit niet.

Een warm dak is om bouwfysische redenen beter ten opzichte van een koud dak-constructie. Omdat de hele dakconstructie aan de 'warme' zijde onder het isolatiemateriaal ligt, treedt er geen temperatuurverloop op en is de duurzaamheid van de constructie hoger. Ook treden minder snel vochtproblemen op en blijft de dakconstructie volledig in het zicht.

De nadelen van een warm dak zijn echter dat alle leien eraf moeten waardoor het een veel ingrijpende en duurdere oplossing is. Bovendien sneuvelen veel leien wanneer ze van het dak worden afgehaald. Een tweede nadeel is dat het dakpakket aan de buitenzijde dikker wordt hetgeen kan leiden tot aansluitingsproblemen bij bijvoorbeeld goten of geveltoppen.*035

Aanwijzingen:

- Bij beschermde monumenten mag een warm dak alleen toegepast worden wanneer de bestaande leien aan vervanging toe zijn.
- Het dakvlak met leien moet altijd lager liggen dan de geveltop zodat er voldoende ruimte is om een goede loodafdekking te verwezenlijken bij de rand. Verholten goten bij een leien dak zijn bij beschermde monumenten niet toegestaan.
- De denkbeeldige lijn die men van het dakvlak doortrekt moet in de goot liggen. Een handige maatstaf is dat wanneer een ladder vlak op het dak wordt geplaatst (t.b.v. onderhoud, schoorsteenvegen etc.) deze nog in op de gootbodem kan rusten.
- Bij meerdere panden onder één dak is het sterk aan te bevelen om het aanbrengen van het isolatiemateriaal collectief te laten plaats vinden. Immers wanneer het ene pand een dikker dakpakket krijgt en het andere niet, ontstaan er sprongen in het dak. Ook is de kans op lekkage op de overgang dan groter. Bij beschermde monumenten is afzonderlijke isolatie vanaf de buitenzijde van dakvlakken die deel uitmaken van een doorlopend dakvlak niet toegestaan.

d.2.b.2 Koud dak-constructie bij leien:

Aan de binnenzijde wordt onder het beschot of op een afstand van de leilatten isolatiemateriaal tussen de sporen aangebracht. De voordelen van deze aanpak zijn dat het eenvoudig vanaf de binnenzijde is aan te brengen zonder dat de leien eraf moeten, waarmee het minder ingrijpend en goedkoper is dan een warm dak-constructie. Daarnaast blijft het dakpakket aan de buitenzijde hetzelfde en ontstaan er geen aansluitingsproblemen bij bijvoorbeeld goten en geveltoppen.*035

Bij beschoten daken moet tussen het beschot en het isolatiemateriaal een met buitenlucht geventileerde spouw van minimaal 30 mm worden aangebracht. Rechtstreeks het isolatiemateriaal tegen het beschot aanbrengen kan leiden tot de verstikking hiervan. Het is van belang dat deze ventilatie goed gewaarborgd is omdat anders vochtproblemen kunnen ontstaan die leiden tot een rottende dakconstructie. Ten behoeve van de ventilatie zullen ventilatiekappen moeten worden aangebracht.

Een koud dak is om bouwfysische redenen minder goed dan een warm dak-constructie. Zo kan in de dakconstructie een temperatuurverloop optreden hetgeen een negatieve invloed kan hebben op de duurzaamheid. Veel hangt bovendien af van een wel of niet deugdelijke uitvoering. Bij een minder zorgvuldige uitvoering kunnen vochtproblemen ontstaan. Een bijkomend nadeel is dat de dakconstructie deels aan het zicht wordt onttrokken.

d.2.c Zink en koperen daken

Bij zinken en koperen daken kan net als bij de overige dakconstructies een onderscheid worden gemaakt tussen een warm dak en een koud dak-constructie, in de praktijk maakt men echter een ander onderscheid. Er zijn nl. twee manieren om een metalen dak aan te brengen: een geventileerd en een ongeventileerd dak. Een geventileerde onderconstructie is het meest beproefd en roept technisch de minste problemen op. Traditioneel wordt een metalen dak geventileerd geplaatst waarbij er zich naden bevinden tussen de houten planken van het dakbeschot. Dit is gedaan om het eventuele condens tegen het metaal aan te laten verdwijnen. Een geventileerd dak is goed te combineren met een zogenaamd koud dak. Bij een niet geventileerde constructie moet het metaal eraf en wordt het isolatiemateriaal aan de buitenzijde op beschot aangebracht hetgeen leidt tot een warm dak-constructie.

- 1 warm dak constructie
- 2 koud dak constructie

d.2.c.1 Warm dak-constructie bij zink of koperen daken.

Aan de buitenzijde wordt op het dakbeschot isolatiemateriaal aangebracht. Op het isolatiemateriaal wordt een zogenaamde structuurlaag aangebracht (een laag die het eventuele vocht onder het zink of koper kan afvoeren) met daarop rechtstreeks de metalen dakbedekking. Bij deze oplossing moet de dakbedekking goed regendicht te zijn omdat de water afvoerende capaciteit van de structuurlaag beperkt is. Vandaar dat deze oplossing niet geschikt is bij de toepassing van lossanges (ruitvormige zinken of koperen leien) en alleen bij gefelste of roevendaken. Verder is de toepassing van een goede dampwerende laag aan de binnenzijde onder het isolatiemateriaal van groot belang om condensatieproblemen te voorkomen.

Het nadeel van een warm dak is dat de bestaande metalen dakbedekking moet worden vervangen waardoor het een ingrijpende en dure oplossing is. Een tweede nadeel is dat het dakpakket dikker wordt hetgeen kan leiden tot aansluitingsproblemen bij bijvoorbeeld goten of geveltoppen. Het type isolatiemateriaal maakt in beginsel niet uit zolang het isolatiemateriaal een harde plaat en niet te dik is. Om een zeker isolatieniveau te bereiken maakt het verschil in plaatdikte daarentegen wel uit.*032

Een voordeel is dat de dakconstructie in het zicht blijft.

Aanwijzingen:

- Bij beschermde monumenten mag een warm dak alleen toegepast worden wanneer de bestaande dakbedekking aan vervanging toe is.
- Het dakvlak met metaal moet altijd lager liggen dan de geveltop. Bij weinig ruimte kan eventueel gewerkt worden met een verholten goot.*37
- De denkbeeldige lijn die men van het dakvlak doortrekt moet in de goot liggen. Een handige maatstaf is dat wanneer een ladder vlak op het dak wordt geplaatst (t.b.v. onderhoud, schoorsteenvegen etc.) deze nog in op de gootbodem kan rusten.
- Bij meerdere panden onder één dak is het sterk aan te bevelen om het aanbrengen van het isolatiemateriaal collectief te laten plaats vinden. Immers wanneer het ene pand een dikker dakpakket krijgt en het andere niet, ontstaan er sprongen in het dak. Ook is de kans op lekkage op de overgang dan groter. Bij beschermde monumenten is afzonderlijke isolatie vanaf de buitenzijde van dakvlakken die deel uitmaken van een doorlopend dakvlak, niet toegestaan.

d.2.c.2 Koud dak-constructie bij zinken of koperen daken

Onder het beschot wordt in combinatie met een luchtsponw het isolatiemateriaal aangebracht. De ruimte tussen het isolatiemateriaal en het beschot moet goed geventileerd worden met buitenlucht. Het is van belang dat deze ventilatie goed gewaarborgd is omdat er anders vochtproblemen kunnen ontstaan die rotting van de dakconstructie tot gevolg hebben. Het isolatiemateriaal kan niet rechtstreeks tegen het beschot worden aangebracht omdat het tot verstikking van het beschot kan leiden. Het type isolatiemateriaal maakt in beginsel niet uit maar om een zeker isolatieniveau te bereiken maakt het verschil in plaatdikte daarentegen wel uit.*032

Het voordeel is dat de bestaande dakbedekking kan worden gehandhaafd waarmee het minder ingrijpend en goedkoper is dan een warm dak-constructie. Daarnaast wordt het dakpakket aan de buitenzijde niet dikker waardoor er geen aansluitingsproblemen kunnen ontstaan bij bijvoorbeeld goten en geveltoppen.*035 Een nadeel is echter wel dat de dakconstructie deels aan het zicht wordt onttrokken.

d.2.d Rieten daken

Traditioneel zijn rieten daken gebonden. Een rieten dak moet goed worden geventileerd omdat het dak anders verstikt. De isolatiewaarde van een traditioneel gebonden dak zelf is verwaarloosbaar. Naast de traditionele methode wordt tegenwoordig bij woonhuizen vaak ook een onderschoten rietdak, ook wel geschroefd rietdak genaamd, toegepast omdat het een betere brandveiligheid biedt.*038. Sinds enkele decennia wordt een onderschoten dak ook wel gecombineerd met een isolatiepaneel.

- 1 gebonden rieten dak
- 2 onderschoten rieten dak

d.2.d.1 Gebonden rieten dak

Bij een traditioneel gebonden dak kijkt men van onder af tegen het riet en de bindlatten aan. Het rieten dak moet goed geventileerd worden om verstikking te voorkomen. De isolatiewaarde van het gebonden rieten dak zelf is verwaarloosbaar. Voor het na-isoleren moet aan de binnenzijde een achterzetwand worden geplaatst waarbij tussen de achterzetwand en de rietlatten minimaal 15 cm ventilatieruimte moeten worden vrij gehouden om verstikking van het dak te voorkomen. Hierdoor wordt de constructie (nagenoeg) volledig aan het zicht onttrokken. Het voordeel is dat het bestaande riet kan worden gehandhaafd waarmee het een minder ingrijpende en kostbare onderneming is. Het is voor het behoud van het dak van groot belang dat de luchtsponw goed en volledig wordt geventileerd om schimmels etc. door vochtophoping te voorkomen. Mits goed geventileerd is een gebonden dak een beproefde en duurzame oplossing.

d.2.d.2 Onderschoten rieten dak

- a Een bestaand (niet geïsoleerd) onderschoten dak:
Aangezien bij een onderschoten rieten dak een ventilatievoorziening voor een luchtsponw lastig is te realiseren is de meest geëigende methode het isolatiemateriaal rechtstreeks tegen de binnenzijde van de dakplaat aan te brengen. Het isolatiemateriaal moet naadloos aansluiten op de dakplaat. Ook moet de dampremmende laag aan de binnenzijde naadloos doorlopen. Wanneer dit niet het geval is kunnen vochtophopingen ontstaan waardoor het dakbeschot of de dakconstructie kan gaan rotten. In de praktijk ontstaan bij deze oplossing de meeste problemen door een onzorgvuldige uitvoering, het niet volledig vlak zijn van dakplaat en het uitzakken van het isolatiemateriaal.
- b Een nieuw aan te brengen onderschoten dak:
Bij een nieuw onderschoten dak kan gebruik worden gemaakt van een sandwichpaneel waarin de isolatie en dampremmende laag zijn opgenomen. Het riet wordt vervolgens op het geïsoleerde paneel bevestigd. De draagconstructie van het dak blijft dan in het zicht. Met onderschoten daken is weliswaar al ruime tijd ervaring maar een onderschoten dak met geïsoleerde platen is een relatief nieuwe methode zodat er nog weinig bekend is over de levensduur op de lange termijn.
Aanwijzingen:
 - Bij beschermde monumenten is het toepassen van een onderschoten dak pas toegestaan wanneer het bestaande riet aan vervanging toe is. Bij daken met een hoge monumentale waarde wordt het onderschieten niet toegestaan.
 - Bij beschermde monumenten moeten de bindlatten worden gehandhaafd.

d.2.e Hellende daken met dakleer

Bij hellende daken zijn bitumineuze dakbedekkingen meestal in de vorm van shingles toegepast, een dakbedekking die in beperkte mate het uiterlijk heeft van een leidekking. De toepassing van bitumineuze shingels is geen traditionele dakbedekking maar bij oude panden is deze dakbedekking in de plaats gekomen van bijvoorbeeld leien of zink. In de regel wordt een bitumineuze dakbedekking gezien als een verarming. Bij beschermde monumenten geldt dat wanneer de bitumineuze dakbedekking aan vervanging toe is, het sterk de voorkeur heeft deze te vervangen door een voor het pand beter historisch verantwoorde dakbedekking.

Er kan een onderscheid gemaakt worden tussen:

- 1 warm dak-constructie
- 2 koud dak-constructie

d.2.e.1 Warm dak-constructie bij dakleer:

Aan de buitenzijde wordt op het dakbeschot isolatiemateriaal aangebracht. Het dakleer wordt vervolgens rechtstreeks op het isolatiemateriaal aangebracht. Een warm dak is om bouwfysische redenen beter ten opzichte van een koud dak constructie. Zo bestaat er geen temperatuurverloop in de dakconstructie omdat de hele constructie aan de 'warme' zijde, onder het isolatiemateriaal ligt waardoor de duurzaamheid van het geheel toeneemt. Daarbij leidt het, in tegenstelling tot een koud dak, minder snel tot vochtproblemen. Ook is het voordeel dat de dakconstructie volledig in het zicht blijft. De nadelen van een warm dak is echter dat de dakbedekking moet worden vervangen waardoor het een ingrijpendere en daarmee ook duurdere oplossing is. Een tweede nadeel is

dat het dakpakket dikker wordt hetgeen kan leiden tot aansluitingsproblemen bij bijvoorbeeld goten of geveltoppen.*35 Om dit enigszins te ondervangen kunnen dunnere isolatieplaten worden toegepast. Wel is het van belang dat de plaat niet te dik is voor het dak en dat er een hard isolatiemateriaal wordt toegepast. Het type isolatiemateriaal maakt in beginsel niet uit maar om een zeker isolatieniveau te bereiken maakt het verschil in plaatdikte daarentegen wel uit.*032.

Aanwijzingen:

- Bij beschermde monumenten mag er geen nieuwe bitumineuze dakdekking worden aangebracht maar moet deze worden vervangen door een beter historisch verantwoorde dakbedekking.
- Het dakvlak moet altijd lager liggen dan de geveltop.
- De denkbeeldige lijn die men van het dakvlak doortrekt moet in de goot liggen. Een handige maatstaf is dat wanneer een ladder vlak op het dak wordt geplaatst (t.b.v. onderhoud, schoorsteenvegen etc.) deze nog in op de gootbodem kan rusten.
- Bij meerdere panden onder één dak is het sterk aan te bevelen om het aanbrengen van het isolatiemateriaal collectief te laten plaats vinden. Immers wanneer het ene pand een dikker dakpakket krijgt en het andere niet, ontstaan er sprongen in het dak. Ook is de kans op lekkage op de overgang dan groter. Bij beschermde monumenten is afzonderlijke isolatie vanaf de buitenzijde van dakvlakken die deel uitmaken van een doorlopend dakvlak niet toegestaan.

d.2.e.2 Koud dak-constructie bij dakleer:

Aan de binnenzijde wordt isolatiemateriaal onder het beschot aangebracht. Tussen het beschot en het isolatiemateriaal dient een met buitenlucht geventileerde spouw van minimaal 30 mm te worden aangebracht. Rechtstreeks het isolatiemateriaal tegen het beschot aanbrengen leidt tot verstikking ervan. Het is van belang dat deze ventilatie goed gewaarborgd is zodat er geen vochtproblemen en rotting van de dakconstructie kunnen ontstaan.*037a Ten behoeve van de ventilatie zullen ventilatiekappen moeten worden aangebracht. Het type isolatiemateriaal maakt in beginsel niet uit maar om een zeker isolatieniveau te bereiken maakt het verschil in plaatdikte daarentegen wel uit.*032 De voordelen van een koud dak-constructie is dat het eenvoudig is aan te brengen vanaf de binnenzijde zonder dat de dakbedekking eraf moet, waarmee het minder ingrijpend en goedkoper is dan een warm dak-constructie. Daarnaast wordt het dakpakket aan de buitenzijde niet dikker waardoor er geen aansluitingsproblemen kunnen ontstaan bij bijvoorbeeld goten en geveltoppen.*035

Een koud dak is om bouwfysische redenen minder goed ten opzichte van een koud dak-constructie. Zo kan er een temperatuurverloop in de dakconstructie optreden hetgeen een negatieve invloed kan hebben op de levensduur ervan. Daarnaast hangt veel af van de uitvoering. Bij een minder zorgvuldige uitvoering kunnen vochtproblemen ontstaan. Een bijkomend nadeel van een dergelijke toepassing is dat de dakconstructie deels aan het zicht is onttrokken.

e. Vloeren

Het isoleren van vloeren tussen verwarmde en onverwarmde ruimtes, zoals een begane grondvloer of eventueel een zoldervloer, beperkt het warmteverlies aanzienlijk. Het isoleren van vloeren tussen verwarmde ruimtes heeft in verhouding een geringer effect en blijft hier buiten beschouwing. Het isoleren van vloeren kan van boven of van onderaf. Van boven af isoleren heeft gevolgen voor deuren en deurkozijnen door het dikkere vloerpakket. Ook verdwijnen bij deze aanpak eventueel aanwezige bijzondere vloeren als een parket of terrazzovloer. Een ander nadeel kan zijn dat bijvoorbeeld de eerste optrede van een trap lager wordt hetgeen de kans op struikelen verhoogd. De aanwezigheid van monumentale plafonds kunnen daarentegen het isoleren van onder af verhinderen. In beginsel maakt het energetisch niet uit of de isolatie op of onder de vloer wordt aangebracht. Het product en/of de methode is daarentegen wel van invloed op het isolatieniveau.

Er bestaan veel producten en systemen om vloeren na te isoleren. Veel hangt af van het type vloer en de condities van de ruimte eronder. Het isoleren van een begane grondvloer beperkt het warmteverlies met gemiddeld 10%. Het isoleren van een zoldervloer bij een ongeïsoleerde zolder met ca 15%.

- 1 begane grond vloeren
- 2 zoldervloeren

e.1 Begane grondvloeren

Begane grondvloeren kunnen boven een kelder of een kruipruimte liggen maar ook rusten op het onderliggende zandpakket. Bij souterrains die in gebruik zijn als woonverdieping is dit vaak het geval maar het komt ook voor bij een reguliere begane grond. Hoewel er een onderscheid valt te maken tussen houten vloeren enerzijds en betonvloeren en troggewelfvloeren anderzijds, kan alles wat geschikt is voor een houten vloer ook toegepast worden bij een steenachtige vloer, maar niet omgekeerd. Vandaar dat er geen onderscheid wordt gemaakt tussen de soorten vloeren en er alleen wordt aangegeven wanneer een oplossing minder of niet geschikt is voor houten vloeren.

- a Van boven af isoleren
- b Van onder af isoleren

e.1.a Vloer van boven af isoleren:

Boven op de bestaande vloer worden isolatieplaten aangebracht met daarop de afwerkvloer. De isolatieplaten dienen een grote drukvastheid te hebben. De ruimte onder de vloer moet goed geventileerd worden met buitenlucht.

Omdat het vloerpakket dikker wordt kan het zijn dat deuren moeten worden ingekort of dat de deurkozijnen hoger moeten worden geplaatst. Er kunnen eventueel ook aansluitingsproblemen ontstaan bij lambriserings etc. Daarnaast moet rekening gehouden worden dat de aantrede bij een trap naar de verdieping lager wordt en dat de eerste trede van een trap naar een kelder hoger wordt. Ook kunnen bij deze aanpak eventueel aanwezige bijzondere vloeren zoals parket of een terrazzovloer onder de geïsoleerde vloer verdwijnen.

Aanwijzingen:

- Wanneer zich bij beschermde monumenten monumentale binnenkozijnen, deuren of en suite deuren moeten worden aangepast of verplaatst en/of er bijzondere vloeren aanwezig zijn, is het aanbrengen van vloerisolatie van boven af niet toegestaan.
- Bij steenachtige vloeren zonder kruipruimte of kelder (zoals bijvoorbeeld bij souterrainvloeren) kan na-isolatie van de vloer bij de wanden leiden tot een toename van het vochtgehalte hetgeen schimmelvorming bij de plint tot gevolg kan hebben. Om dit te voorkomen moet het isolatiemateriaal worden door gezet tot boven maaiveldniveau.
- Er zijn systemen in de handel die gebruik maken van kleikorrels bedoeld voor het egaliseren van scheve vloeren. Een bijkomende eigenschap van deze kleikorrels is dat ze isoleren. Wanneer een vloer geëgaliseerd moet worden kan een dergelijk systeem bijdragen aan de isolatiewaarde. Dit geldt overigens niet voor egaliserende gietvloeren.
- De afwerkvloeren moeten vaak vrij gehouden worden van de wand zodat de vloer nog kan 'werken'. De naden die hierdoor ontstaan bij bijvoorbeeld houten vloeren moeten vervolgens wel worden gedicht om kou te voorkomen. Zie a.4.c *Naden bij vloeren*.

e.1.b Vloer van onderaf isoleren:

Naast het aanbrengen van het traditionele isolatiemateriaal onder de vloer of tussen de balken, bestaan er ook systemen waarbij de vloer vanaf de onderzijde wordt ingespoten met isolatiemateriaal. Ook zijn er systemen in de handel met warmte reflecterende folies, vaak gecombineerd met luchtkamers, die met name voor kruipruimtes geschikt zijn. Voor kruipruimtes bestaan er tevens systemen met een bodembedekking. Bij houten vloeren is het van groot belang dat het gekozen systeem kan ademen en niet dampdicht is. Zo kan een houten vloer bij de toepassing van een dampdichte isolatielaag aan de onderzijde en een eveneens dampdichte vloerafwerking aan de bovenzijde (zoals een synthetische vloerbedekking, laminaat, linoleum, vinyl of tegels) 'verstikken'. Verder is het van belang dat de kelder of kruipruimte goed wordt geventileerd met buitenlucht. Voor na-isolatie van onderaf kunnen de volgende aanpakken worden onderscheiden:

- 1 Isolatiemateriaal traditioneel onder de vloer bevestigd
- 2 gespoten isolatie systemen
- 3 isolatie met folies en cellen

e.1.b.1 Isolatiemateriaal traditioneel onder de vloer bevestigd

Aan de onderzijde, direct tegen de vloer of tussen de balken, wordt isolatiemateriaal aangebracht al dan niet gecombineerd met een plafond. Het is aan te raden om het isolatiemateriaal direct tegen de vloer aan te brengen en niet een luchtruimte te laten ontstaan. Anders dient de ruimte tussen de vloer en de het isolatiemateriaal geventileerd worden hetgeen doorgaans lastig is. Bij houten vloeren dient het een ademend isolatiesysteem te zijn zonder een dampwerende folie in verband met een eventuele dampdichte vloerafwerking.

Aanwijzingen:

- De ruimte onder het isolatiemateriaal moet goed worden geventileerd met buitenlucht.
- Bij kruipruimtes met een hoge vochtbelasting is het aan te bevelen om een vochtregulerende bodembedekking aan te brengen zoals schelpen, kleikorrels of een bodemafdekker in de vorm van bijvoorbeeld een folie.
- Bij houten vloeren, met name bij de strijk balk (een draagbalk die direct naast de muur ligt) kunnen bij de aansluiting op de wand naden ontstaan waardoor de randen van de vloer vaak kouder zijn. Om dit te voorkomen moet een kierdichting worden aangebracht. Zie a.4.c *Naden bij vloeren*.

e.1.b.2 Gespoten isolatiesystemen

Bij een werkruimte van 50 cm of meer kan isolatiemateriaal dat zich onder tegen de vloer hecht en uithard vanaf de onderzijde tegen de vloer worden gespoten. Het meest toegepast is polyurethaan ofwel PUR maar er zijn ook systemen die uit papiervlokken met een bindmiddel bestaan. Een voordeel is dat de hele vloer naadloos is geïsoleerd. Een nadeel is dat het weer moeilijk te verwijderen is. Bij houten vloeren moet het een ademend systeem zijn in verband met de eventuele aanwezigheid of toepassing van een dampdichte vloerafwerking. Polyurethaan is dampwerend en daarom niet geschikt voor houten vloeren. Papiervlokken zijn daarentegen ademend en kunnen derhalve wel bij houten vloeren worden toegepast.

Aanwijzingen:

- Bij kelders of souterrains van beschermde monumenten met een monumentale balklaag of troggewelven mag geen gespoten isolatie worden toegepast.
- De ruimte onder het isolatiemateriaal moet goed worden geventileerd met buitenlucht.
- Bij kruipruimtes met een hoge vochtbelasting is het aan te bevelen een vochtregulerende bodembedekking aan te brengen zoals schelpen, kleikorrels of een bodemafdekker in de vorm van bijvoorbeeld een folie.
- Bij houten vloeren, met name bij de strijk balk (een draagbalk die direct naast de muur ligt) kunnen bij de aansluiting op de wand naden ontstaan waardoor de randen van de vloer vaak kouder zijn. Om dit te voorkomen moet een kierdichting worden aangebracht. Zie a.4.c *Naden bij vloeren*.

e.1.b.3 Isolatie met folies en cellen

Aan de onderzijde van de vloer worden folies, al dan niet gecombineerd met luchtkamers of luchtcellen, aangebracht. Deze folies reflecteren warmte waardoor de vloer minder warmte naar de onderliggende ruimte kan uitstralen. De luchtkamers zijn nodig om de folie te laten functioneren. Tussen de vloerconstructie en de folie moet een luchtruimte van minimaal 15 mm zitten. Wanneer de folie rechtstreeks op de vloer aansluit vindt er namelijk geen warmtereflectie plaats. De folies hebben een relatief hoge isolatiewaarde (R_d is ca 4,5 m²K/W) en worden meestal gecombineerd met bodemfolies om zo een drogere kruipruimte te krijgen. De folies zijn volledig dampdicht en daarom niet geschikt voor houten vloeren in verband met een eventuele dampdichte vloerafwerking. Wel komt het voor dat de cellenfolies onder het vloerhout tussen de balken wordt geplaatst. De kans op aantasting van de vloerdelen bij de toepassing van een dampdichte vloerafwerking blijft echter aanwezig.

Aanwijzingen:

- Tussen de vloerconstructie en de folie moet een luchtruimte van minimaal 15 mm zitten. Wanneer de folie rechtstreeks op de vloer aansluit vindt er namelijk geen warmtereflectie plaats.
- Bij houten vloeren, met name bij de strijk balk (een draagbalk die direct naast de muur ligt) kunnen bij de aansluiting op de wand naden ontstaan waardoor de randen van de vloer vaak kouder zijn. Om dit te voorkomen moet een kierdichting worden aangebracht. Zie a.4.c *Naden bij vloeren*.

e.1.b.4 Kruipruimte bodemisolatie

De kruipruimte vloer en de zijwanden worden van een isolerende afdekking voorzien. Hierdoor ontstaat een droge kruipruimte. De kruipruimte moet nog wel geventileerd blijven met buitenlucht om eventuele vochtige lucht vanuit de woning af te kunnen voeren. Bodemisolatie is daarmee feitelijk geen thermische isolatie. Aangezien er nog steeds warmte-uitwisseling plaats vindt tussen de kruipruimte en de begane grondverdieping is de isolatiewaarde zeer laag (ca 09 m²K/W). Door de ventilatie en de omliggende isolatie kan de vloer in een winterperiode zelfs kouder zijn dan voor de toepassing van de bodemisolatie. De voorziening is daarom met name bedoeld om vochtproblemen te voorkomen.

e.2 Zoldervloeren

Bij een lage zolder of een kap die niet direct gebruikt wordt, kan er ook worden gekozen om de zoldervloer te isoleren. Het is een goed alternatief voor het isoleren van de dakconstructie en het geringere te isoleren oppervlak maakt het isoleren van de zoldervloer in de regel eenvoudiger en goedkoper dan het isoleren van het gehele dak. Wel moet de zolder geventileerd worden met buitenlucht. Bijkomend voordeel is dat de zolder een extra buffer vormt tussen binnen en buiten en daarmee bijdraagt aan het isolatieniveau.

- a Van boven af isoleren
- b Van onder af isoleren

e.2.a. Zoldervloeren van boven af isoleren

Van boven af isoleren is de meest voorkomende isolatiemethode voor zoldervloeren. Boven op de bestaande vloer worden isolatieplaten aangebracht met daarop een afwerkvloer als de zolder begaanbaar moet blijven. De isolatieplaten dienen dan een grote drukvastheid te hebben. Omdat het vloerpakket dikker wordt kan het zijn dat eventuele deuren moeten worden ingekort of dat de deurkozijnen hoger moeten worden geplaatst. Verder is de bovenste optrede van een eventuele zoldertrap hoger. Aan de warme zijde, dus onder het isolatiemateriaal, moet een dampwerende folie worden aangebracht tenzij het isolatiemateriaal zelf dampwerend is.

e.2.b Zoldervloeren van onderaf isoleren.

- 1 Het isolatiemateriaal wordt rechtstreeks tegen de vloer aangebracht. Het is hierbij van belang dat het isolatiemateriaal goed tegen de onderzijde van de vloer aansluit en dat er geen luchtnaden tussen de vloer en het isolatiemateriaal bestaan. Wanneer het een plankenvloer met open naden betreft, is dit laatste minder relevant. Verder moet er aan de warme zijde, dus onder het isolatiemateriaal, een dampwerende folie worden aangebracht.
- 2 Onder de vloer wordt een geïsoleerd verlaagd plafond aangebracht. De ruimte tussen het isolatiemateriaal en de vloer moet worden geventileerd. Dit kan rechtstreeks met buitenlucht of indirect via de met buitenlucht geventileerde zolder.

Aanwijzingen:

- Bij bijzondere (monumentale) plafonds bestaat ook de mogelijkheid om het vloerhout van de zolderverdieping te verwijderen en een dampwerende folie en een isolatiedeken op het (gepleisterde) plafond aan te brengen waarna de vloerplanken weer kunnen worden bevestigd. Wanneer het oude vloerplanken zijn, is het ontmantelen van de vloer bij beschermde monumenten niet toegestaan.

f. Wanden

Bij oude gebouwen levert het isoleren van buitenmuren relatief de meeste problemen op. Vaak zijn oudere gebouwen zodanig gebouwd dat gevelisolatie doorgaans niet overal kan worden doorgezet. Op de koudere plekken die hierdoor ontstaan, koudebruggen genaamd, kan condens optreden die tot vochtplekken en schimmelvorming kunnen leiden.*040 Ook ontstaat het risico tot inwendige condensatie door de afkoelende warmere lucht die door de ademende constructie heen gaat en water verliest. Plaatselijk kan de constructie hierdoor erg nat worden hetgeen tot bijvoorbeeld rottende houten balken en roestende ijzeren gevelankers leidt. Zo kan een gebouw, dat misschien al honderden jaren in een prima conditie verkeert, in enkele jaren kapot gaan.

Het is belangrijk te realiseren dat isolatie van wanden in verhouding een gering effect heeft als de isolatiewaarde van de ramen niet verbeterd is. De isolatiewaarde van de totale constructie wordt immers bepaald door de zwakste schakel. Ook kan bij een hoge isolatiewaarde van de gevel, ondanks de toepassing van isolerende beglazing, toch condensvorming op het glas blijven optreden. Het is bij het isoleren van de gevels dan ook van belang dat dit in samenhang gebeurt met de ramen. Zie de hoofdstukken *a. kierdichting* en *c. ventilatie*.

Panden van vóór 1900 zijn doorgaans uitgevoerd met massieve muren. Vanaf de eeuwwisseling wordt de spouwmuurconstructie geleidelijk aan toegepast. Vanaf de jaren '30 van de twintigste eeuw voert de spouwmuur de boventoon en vanaf de jaren '40 worden alleen nog maar spouwmuurconstructies toegepast. Tot de jaren '70 zijn spouwmuren in de regel ongeïsoleerd uitgevoerd.

- 1 Massieve muren
- 2 Spouwmuren

f.1 Massieve muren

Er kan een onderscheid gemaakt worden tussen isolatie vanaf de binnenzijde en isolatie vanaf de buitenzijde. Omdat binnenisolatie doorgaans niet bij bijvoorbeeld vloeren kan worden doorgezet kunnen er, in tegenstelling tot buitengevelisolatie, koudebruggen ontstaan. Vanuit technisch oogpunt is buitengevelisolatie daarom een betere oplossing. De hele constructie ligt dan 'warm' achter de isolatie waardoor koudebruggen achterwege blijven. Het grote nadeel van buitengevelisolatie daarentegen is dat het beeld sterk wijzigt. Bij beschermde monumenten en beeldbepalende panden is buitengevelisolatie daarom niet toegestaan. Bij buitenisolatie kan een hoger isolerend niveau bereikt worden dan bij binnenisolatie. Bij binnenisolatie moet het isolerend niveau zijn afgestemd op de omliggende constructie om condensproblemen bij eventuele koudebruggen te voorkomen. Vaak moet er daarom met een wat lager isolatieniveau genoegen worden genomen. Bij buitengevelisolatie geldt deze beperking niet.

- a isolatie aan de binnenzijde
- b buitengevelisolatie

f.1.a. Muurisolatie aan de binnenzijde

Aan de binnenzijde van de wand wordt isolatiemateriaal aangebracht. Dit kan rechtstreeks tegen de muur maar vaak wordt ook een luchtspouw in combinatie met een voorzetwand toegepast. Het isolatiemateriaal kan doorgaans niet doorgezet worden bij vloeren en binnenwanden die aansluiten op de buitenmuur, waardoor op die plekken koudebruggen ontstaan. Bij betonvloeren leidt een koudebrug tot schimmelvorming. Bij houten vloeren kunnen koudebruggen tot houtrot en eventueel roest van ijzeren ankers leiden. Bij vloeren met troggewelven kan een koudebrug tot roest van de stalen liggers leiden. Alleen bij houten vloeren kan het isolatiemateriaal in sommige situaties worden doorgezet en de koudebrug worden voorkomen. De meeste problemen doen zich in de praktijk voor bij de oplegging van houten balken in de buitenmuur en bij houten strijk balken langs een buitenmuur. Daarnaast ontstaan vaak vochtproblemen bij de aansluiting van een binnenwand op een geïsoleerde buitenmuur.

Er zijn veel verschillende isolatiematerialen in de handel. Het type materiaal maakt in beginsel niet uit maar om een zeker isolatieniveau te bereiken maakt het verschil in plaatdikte daarentegen wel uit.^{*032} Het is hierbij van belang dat het isolatieniveau is afgestemd op de constructie.^{*039}

Over het geheel genomen leidt het isoleren van massieve buitenmuren aan de binnenzijde tot veel problemen. De gebouwen worden 'thermisch lek' waardoor koudebruggen bijna niet zijn te voorkomen en het isolatieniveau zal wat lager moeten worden gehouden. De toepassing van een luchtspouw is vaak nog lastiger te realiseren dan de isolatie rechtstreeks tegen de buitenmuur. Dit maakt dat het aanbrengen van isolatiemateriaal aan de binnenzijde voor een gemiddelde woning een energieverbetering betekent van slechts 8%. De investering heeft dus in verhouding een beperkt rendement.

Aanwijzingen:

- Bij monumentale plafonds kan het isolatiemateriaal niet worden doorgezet. Wanneer er toch isolatiemateriaal wordt aangebracht levert dit aansluitingsproblemen op.^{*040}
- Wanneer slechts aan één zijde van een woningscheidende wand isolatiemateriaal wordt aangebracht bestaat bij de burens de kans dat bij de aansluiting van de buitenmuur op de woningscheidende wand condensvorming en schimmelvorming optreedt.
- Naast een voorzetwand bestaat ook het principe van een 'doos in een doos'. In een ruimte wordt dan een volledig nieuwe kamer gebouwd waarbij de nieuwe wanden, plafonds en vloeren zijn geïsoleerd. Deze constructie moet aan alle zijden geventileerd worden met buitenlucht. Voor het gemiddelde woonhuis is dit vanwege ruimteverlies, omvang van de ingreep en kosten, doorgaans geen reële optie.

- 1 isolatie rechtstreeks tegen de muur
- 2 isolatie gecombineerd met een luchtspouw

f.1.a.1 Binnenisolatie rechtstreeks tegen de muur

De isolatieplaten of dekens worden rechtstreeks tegen de muur bevestigd. Dit kan op de traditionele manier met de toepassing van een dampwerende folie, maar er zijn ook vochtregulerende isolatiematerialen in de handel.

Zoals in de inleiding is aangegeven doen zich in de praktijk de meeste problemen voor bij de oplegging van houten balken in de buitenmuur en bij houten strijk balken langs een buitenmuur. Ook ontstaan vaak vochtproblemen bij de aansluiting van een binnenwand op een geïsoleerde buitenmuur.

Opgelegde balken:

Zelfs al is het isolatiemateriaal door te zetten dan kunnen zich bij een opgelegde balk toch problemen voordoen. Zo is de muur gedurende een groot deel van het jaar kouder en daardoor vochtiger hetgeen tot houtrot kan leiden. Als oplossing kan de balk geventileerd worden geplaatst of de muur rond de balkkop plaatselijk worden verwarmd. ^{*041} Bij beschermde monumenten zijn deze oplossingen niet toegestaan.

Strijkbalken:

Bij strijkbalken moet tussen de muur en de balk minimaal 25 mm isolatiemateriaal kunnen worden aangebracht om condensatieproblemen te voorkomen. Is dit niet mogelijk dan moet van wandisolatie worden afgezien. Een oplossing is het verplaatsten van de strijkbalk. ^{*042} Bij beschermde monumenten is dit niet toegestaan. Het inpakken van de strijkbalk en de strijkbalk aan de koude zijde van de isolatie leggen, leidt tot verstikking van de balk en is daarom niet mogelijk.

Aansluiting op wanden:

Bij binnenwanden die aansluiten op een massieve buitenmuur, ontstaan koudebruggen omdat het isolatiemateriaal niet kan worden doorgezet. Bij het koudere vlak kan dan vervolgens condensvorming en schimmel optreden. Als oplossing zou de binnenwand bij de aansluiting op de buitenmuur aan weerszijden met isolatiemateriaal kunnen worden bekleed. In de regel is 500 mm isolatiemateriaal tegen de binnenwand afdoende. ^{*043} Bij lichte, niet dragende, scheidingswanden kan de wand eventueel worden losgehaald van de buitenmuur en het isolatiemateriaal worden doorgezet.

a Traditionele isolatiematerialen

b Vochtregulerende isolatiematerialen

f.1.a.1.a Traditionele isolatiematerialen:

Het isolatiemateriaal wordt rechtstreeks tegen de binnenzijde van de buitenmuur bevestigd waarbij aan de binnenzijde een dampwerende folie wordt aangebracht, tenzij het isolatiemateriaal zelf dampwerend is. De dampwerende folie is noodzakelijk om condensatie in het isolatiemateriaal en de muur te voorkomen. Een nadeel is dat op plekken waar het isolatiemateriaal niet kan worden doorgezet en ook geen dampwering aanwezig is, sneller condensatieproblemen ontstaan dan bij vochtregulerende isolatiematerialen.

f.1.a.1.b Vochtregulerende isolatiematerialen.

Er zijn materialen in de handel die vochtregulerend werken en waarbij geen dampremmende folie hoeft te worden toegepast. Het principe is dat het product damp doorlatend is en zelf vocht vast kan houden waardoor het als vochtbuffer functioneert. Een belangrijk voordeel van deze eigenschap is dat de kans op vochtproblemen veel minder groot is. Waterdamp wordt namelijk opgenomen tijdens vochtige periodes en afgegeven tijdens drogere periodes. Dit proces verandert niets aan de isolerende eigenschappen van de isolatie en het resulteert in een constanter vochtgehalte van zowel de constructie als het binnenklimaat. Een tweede voordeel als gevolg van het vochtregulerend vermogen is dat op plekken waar het isolatiemateriaal niet kan worden doorgezet, ook minder snel vochtproblemen ontstaan. Voorbeelden van dergelijke materialen zijn producten op basis van vlas, cellulose en calciumsilicaat. Vaak worden de systemen gecombineerd met bijvoorbeeld leempleisters die eveneens een hoog vochtregulerend karakter hebben. De uitvoering moet echter zeer zorgvuldig plaatsvinden. Zo moeten de platen naadloos op de muur aansluiten zonder dat lucht wordt ingesloten. Gebeurt dit wel dan kunnen op die plekken vochtophopingen ontstaan. De wand waarop de platen worden bevestigd moet daarom volledig vlak zijn. ^{*032} Aanwijzingen:

- Bij de toepassing van het isolatiemateriaal is het noodzakelijk dat de constructie blijft ademen. Het gebeurt nog vaak dat dit in de praktijk wordt genegeerd en dat bijvoorbeeld een dichte muurverf als latex of een dichte sierpleisterlaag wordt aangebracht waardoor alsnog vochtproblemen ontstaan.
- Een nadeel van leempleisters is dat deze gevoeliger zijn voor beschadiging dan een reguliere pleisterafwerking.

f.1.a.2 Isolatie aan de binnenzijde gecombineerd met een luchtspouw

Aan de binnenzijde wordt een voorzetwand geplaatst waarbij een geventileerde luchtspouw tussen de buitenmuur en voorzetwand aanwezig is. De ventilatie van deze spouwmuur met buitenlucht geeft veel problemen in de praktijk. Zo moeten er in de buitengevel ventilatievoorzieningen worden aangebracht en is de ventilatie bij afzonderlijke spouwen, als gevolg van onderbrekingen door bijvoorbeeld vloeren of binnenwanden, doorgaans niet voldoende. Vochtophoping kan hier een gevolg van zijn. Bij bijvoorbeeld betonnen vloeren of troggewelfvloeren is het niet mogelijk de spouw te laten doorlopen en moeten er meer ventilatievoorzieningen worden aangebracht. Wanneer geen sprake is van de aanwezigheid van bijzondere plafonds ed. kan de luchtspouw bij houten vloeren eventueel wel worden doorgezet. Er doen zich echter diverse aansluitingsproblemen voor bij zowel de oplegging van de balk in de buitenmuur als bij een strijk balk langs een buitenmuur. Gezien de problemen die isolatie met een luchtspouw oproept, is de toepassing hiervan bij beschermde monumenten in beginsel niet toegestaan.

Opelegde balken:

De muur is gedurende een groot deel van het jaar kouder dan een ongeïsoleerde muur en daardoor vochtiger hetgeen tot houtrot kan leiden. Als oplossing kan de balk geventileerd worden geplaatst of de muur rond de balkkop plaatselijk worden verwarmd.*041

In sommige gevallen worden de balken ingekort en een nieuwe dragende binnenwand met isolatie geplaatst. In dat geval moeten er voorzieningen getroffen worden voor de stabiliteit. Ook roept dit vaak weer problemen op bij de dakrand en de oplegging van de dakconstructie. Bij beschermde monumenten zijn deze oplossingen niet toegestaan

Strijkbalken:

De strijk balk moet even ver van de buitenmuur liggen als de grootte van de luchtspouw omdat de balk anders de ventilatie van de spouw te veel hindert. Ook is de kans op houtrot groter als de balk deels in de spouw ligt. Aangezien de spouwbreedte minimaal 30 mm moet bedragen betekent dit in veel gevallen dat de strijk balk moet worden verplaatst.

Aansluiting op wanden:

Bij binnenwanden die aansluiten op een massieve buitenmuur, ontstaan koudebruggen omdat het isolatiemateriaal niet kan worden doorgezet. Bij het koudere vlak kan dan vervolgens condensvorming en schimmel optreden. Als oplossing zou de binnenwand bij de aansluiting op de buitenmuur aan weerszijden met isolatiemateriaal kunnen worden bekleed. In de regel is 500 mm isolatiemateriaal tegen de binnenwand afdoende.*043 Bij lichte, niet dragende, scheidingswanden kan de wand eventueel worden losgehaald van de buitenmuur en het isolatiemateriaal worden doorgezet.

Aanwijzingen:

- Wanneer slechts aan één zijde van een woningscheidende wand isolatiemateriaal wordt aangebracht, bestaat bij de burens de kans dat er bij de aansluiting van de buitenmuur op de woningscheidende wand condensvorming en schimmelvorming optreedt.

f.1.b. Buitengevelisolatie

Het pand wordt vanaf de buitenzijde als het ware volledig ingepakt. Hiervoor worden harde kunststof isolatieplaten op de gevels bevestigd. Vervolgens wordt een dunne sierpleisterlaag aangebracht die voorzien is van een glasvezelwapening. De pleisterlaag wordt doorgaans uitgevoerd in lichte kleuren omdat donkere kleuren meer thermische spanningen oproepen. Een mogelijk nadeel is dat het uiterlijk van het pand volledig wijzigt. Bij beschermde monumenten en panden met een beeldkwaliteit is een buitengevel-isolatiesysteem dan ook niet toegestaan. Bij tussenwoningen zonder beschermde monumentenstatus kan een achtergevel zonder directe beeldkwaliteit eventueel wel van een dergelijk systeem worden voorzien. Het is hierbij sterk aan te bevelen dit collectief te doen. Op de overgangen tussen

geïsoleerde en ongeïsoleerde geveldelen kunnen intern immers vochtproblemen ontstaan die tot schimmelvorming kunnen leiden.

Het nadeel van buitengevelisolatie-systemen is dat ze tot diverse aansluitingproblemen kunnen leiden. Zo moet de isolatie van geveltoppen worden doorgezet en aansluiten op de dakisolatie. Goten kunnen daarbij lastige punten zijn waardoor de gootconstructie in sommige gevallen moet worden aangepast. Ook moet het isolatiemateriaal bij dagkanten van ramen worden omgezet waardoor het kozijn deels weg valt achter de gevelisolatie hetgeen weer lastig is bij schilderbeurten.*044 Daarnaast zijn bestaande lekdorpels niet te handhaven. Een buitengevelisolatie-systeem wordt daarom vaak gecombineerd met het vervangen van alle raamkozijnen. Sommige elementen kunnen echter koudebruggen opleveren zoals bij balkonplaten, die tot en met de jaren '60 vaak van binnen naar buiten door liepen. De enige oplossing hierbij is het balkon van het casco los te koppelen en een aparte draagconstructie aan te brengen of het balkon bij de woning te trekken. Door de lijmlaag is buitengevelisolatie onomkeerbaar.

f.2 Spouwmuren

Het na-isoleren van spouwmuren is in de regel vrij eenvoudig. In de spouw wordt een isolatiemateriaal gespoten. De kosten zijn relatief beperkt en het levert voor een gemiddeld woonhuis een verbetering van de energieprestatie op van 15 tot 20%. Het is echter van belang dat er geen verbindingen bestaan tussen het binnen- en het buitenblad. Verbindingen kunnen gevormd worden door vuilophopingen als gevolg van bijvoorbeeld valspecie of een latei die van binnen naar het buitenblad doorloopt. Wanneer dergelijke verbindingen bestaan, ontstaan als gevolg van de na-isolatie koudebruggen en kan condensatie optreden, hetgeen tot vochtplekken en/of schimmel op het binnenblad kan leiden. Ook vergroot het de kans op houtrot bij de bovendorpels van de houten kozijnen. Spouwankers vormen in de regel geen probleem. Met een endoscoop (een speciale camera) kan de staat van de spouw worden gecontroleerd.*045 Spouwmuurisolatie is onomkeerbaar.

Wanneer de spouw niet volledig vrij is en er verbindingen zijn tussen het binnen- en het buitenblad is de gevel niet geschikt voor spouwmuurisolatie. In dat geval kan gekeken worden of de toepassing van isolatiemateriaal rechtstreeks tegen de binnenzijde van de buitenmuur mogelijk is. Zie: f.1.a.1 *Binnenisolatie rechtstreeks tegen de muur*. De toepassing van isolatie met een tweede spouw (twee met buitenlucht geventileerde spouwen achter elkaar) is niet aan te bevelen.

Aanwijzingen:

- Bij het na-isoleren van de spouw moet de ventilatie van een eventueel aanwezige kruipruimte gewaarborgd blijven.
- Het inspuiten van het isolatiemateriaal is niet volledig controleerbaar. Er bestaat een kans dat het isolatiemateriaal niet overal volledig gelijkmatig is en dat er open plekken optreden. Dit is te controleren door een opname met een infraroodcamera in de winter. De onvoldoende geïsoleerde plekken kunnen dan worden nagevuld.

g. Eenvoudige techniek

Er zijn veel eenvoudige voorzieningen in de handel die het energiegebruik beperken. Naast isolerende maatregelen kan aanvullende techniek worden aangebracht om energieverandering te voorkomen. Tijd klokken, schemerschakelaars, bewegingsmelders en/of een centrale aan/afwezigheid schakelaar bij de entree zijn voorbeelden van middelen die ervoor zorgen dat zaken in en om de woningen in- of uitschakelen. Een ander eenvoudige oplossing is het aanbrengen van deurdrangers waardoor er minder warmteverlies optreedt door openstaande deuren. Dergelijk eenvoudige toepassingen hebben een relatief lage investering en een duidelijk effect. Verder is het aanbrengen van leidingisolatie een middel met een snel rendement. Veel oplossingen zijn uniform toepasbaar en zijn er ten aanzien van oude gebouwen geen specifieke bijzonderheden. In dit hoofdstuk zullen alleen voorzieningen worden aangehaald die gevolgen kunnen hebben voor de historische bebouwing.

Deurdrangers

Doordat een deur automatisch sluit wordt tocht en warmteverlies voorkomen. Een deurdranger kan bij een bestaande deur worden bevestigd met een opdekplaat en een glij-arm of door de bestaande scharnieren te vervangen voor een scharnier met veer. Ook bestaan er systemen waarbij alleen de scharnierpen hoeft te worden vervangen door een veer met scharnierpen. De mogelijkheden hangen af van de zwaarte van de deur. Bij deuren met een monumentale waarde kunnen echter problemen ontstaan; zo is de plaatsing van een deurdranger met een opdekplaat en glijarm niet goed mogelijk wanneer een deur bijvoorbeeld een geprofileerde kozijnlijst bevat. Ook zijn oude scharnieren vaak geprofileerd waardoor het vervangen ervan vanuit monumentaal oogpunt onwenselijk is. Er bestaan echter ook systemen met een glijarm die in de deursponning kunnen worden weggewerkt; het bevestigingspunt zit dan boven op de deur. Hiervoor moet plaatselijk de sponning hoger worden.

Radiatorfolie

Achter verwarmingsradiatoren kan een warmtereflecterende folie worden aangebracht. Achter de radiator verdwijnt veel warmte in de muur. De radiatorfolie kan op de muur worden geplakt maar er bestaan ook systemen waarbij de folie rechtstreeks op de radiator wordt aangebracht. Voor een optimale warmtereflectie is echter een luchtlaag noodzakelijk waardoor de folie op de wand de betere variant is. Het voordeel van de radiatorfolie op de radiator is dat deze niet in het zicht is.

Leidingisolatie

Verwarmingsleidingen en warm waterleidingen lopen via kruipruimtes en zolders. Wanneer een leiding door een koudere ruimte loopt is het na-isoleren van de leiding een eenvoudig en goedkoop middel om energieverlies te besparen.

h. Installaties

Historische panden zijn bijna per definitie minder goed geïsoleerd dan nieuwe woningen. Het gebruik van bepaalde installaties kan dit verschil gedeeltelijk compenseren. Er kan een onderscheid gemaakt worden tussen installaties die bedoeld zijn om het energieverbruik te reduceren en installaties om energie mee te produceren. Bij reductie kan gedacht worden aan verwarmingssystemen zoals een Laag Temperatuur (Water) verwarming (LTW) of Warmte Terug Win systemen (WTW). Bij produceren moet men denken aan zonnecollectoren, zonneboilers en warmtepompen. Hieronder valt ook accumuleren, oftewel de opslag van energie zoals warmte (en koude) opslag.

- 1 Energiegebruik reducerende installaties
- 2 Energie producerende installaties

h.1 Energiegebruik reducerende installaties

Het plaatsen van een hoog rendementsketel (HR-ketel) is inmiddels gemeengoed als het gaat om het reduceren van het gasverbruik. Er zijn daarnaast diverse andere systemen die ervoor zorgen dat de energiebehoefte minder hoog is. Dit kan direct door de toepassing van bijvoorbeeld een verwarmingsysteem dat minder energie verbruikt of indirect door de geproduceerde energie vast te houden dan wel terug te winnen.

- a verwarming
- b warmte terug win systemen

h.1.a Verwarming

Naast reguliere verwarmingssystemen bestaan er ook Laag Temperatuur (Water) verwarmingen. Het water wordt dan slechts verwarmd tot circa 50 °C in plaats van de 90 °C bij een conventionele verwarming. Door de lagere watertemperatuur is bij een LTW wel een grotere warmteafgifte oppervlak nodig dan bij conventionele verwarmingssystemen. De bestaande radiatoren zijn hierbij verre van toereikend. Een LTW is daarom overwegend gekoppeld aan vloer en/of wandverwarming die het bestaande verwarmingsysteem compleet vervangen. Het aanbrengen van een LTW is derhalve een omvangrijke en kostbare aangelegenheid. Overigens moet voor de vloerverwarming boven op de bestaande vloer een geïsoleerde vloer worden geplaatst waarin de vloerverwarming is geïntegreerd; voor richtlijnen zie paragraaf *e.1.a. Vloer van bovenaf isoleren*. Hetzelfde geldt voor wanden die van een geïsoleerde voorzetwand worden voorzien met geïntegreerde wandverwarming; voor richtlijnen zie paragraaf *f.1.a Muurisolatie aan de binnenzijde*. Een LTW is zeer goed te combineren met een Warmtepomp; zie paragraaf h.2.c.

Aanwijzingen:

- Monumentale gietijzeren radiatoren zijn gezien hun omvang vaak lastig te koppelen aan standaard cv-installaties. In tegenstelling tot wat veel installateurs beweren is het wel degelijk mogelijk een speciaal hierop afgestemde HR-ketel te verkrijgen.
- Bij beschermde monumenten met monumentale vloeren en/of interieurs betekent een LTW verwarming in de regel een aantasting van het monument en is derhalve niet toegestaan.

h.1.b Warmte Terug Win systemen

WTW kan op diverse plekken worden toegepast waaronder bij douchekranen maar is het meest toegepast in combinatie met gebalanceerde ventilatie. Een grote verliespost van warmte is vaak ventilatie. De warme gebruikte lucht wordt vervangen door verse koude lucht. Bij een gebalanceerd ventilatiesysteem wordt de aan- en afvoer van de lucht mechanisch geregeld waarbij de inkomende ventilatielucht wordt verwarmd met de uitgaande lucht. Voor de zomer is wel een zogenaamde bypass aan te bevelen, die voorkomt dat de verse buitenlucht door de af te voeren lucht wordt voorverwarmd. Het is tevens van belang dat het ventilatiesysteem regelmatig wordt onderhouden om het binnenklimaat gezond te houden.*020

1 Ventilatiesysteem per ruimte

De ventilatie-units worden per ruimte tegen een buitenmuur geplaatst, vaak in combinatie met speciale radiatoren. Naast warmte terugwinning wordt de inkomende lucht direct bijverwarmd. De voorziening vraagt om de plaatsing van in- en uitblaasroosters in de buitengevel. Aangezien roosters detonerende elementen zijn kunnen ze alleen worden toegepast bij gevels zonder beeldkwaliteit en/of monumentale waarden.

Een nadeel van het systeem is dat het geluid produceert. Een voordeel is dat er geen luchtkanalen nodig zijn.

2 Centraal ventilatiesysteem

De afvoer van de units vindt in de regel plaats via het dak. In tegenstelling tot een ventilatiesysteem per ruimte die plaatsing van roosters in de gevels noodzakelijk maakt, is deze oplossing vaak minder hinderlijk zichtbaar. Bij daken die prominent in het zicht liggen is deze oplossing echter ook minder wenselijk. Mogelijk kan de voorziening worden opgenomen in rookkanalen die niet meer in gebruik zijn of in dakvlakken die minder in het zicht vallen.

Een nadeel van het systeem is dat er luchtkanalen door het pand moeten worden aangebracht terwijl het systeem als voordeel heeft dat het minder geluid produceert dan een unit per ruimte.

Aanwijzingen:

- Bij beschermde monumenten kunnen nieuwe ventilatiekanalen de aanwezige interieurwaarden aantasten. Een nieuw kanaal mag dan ook geen gevolgen hebben voor het historisch casco of interieurwaarden.

h.2 Energie producerende installaties

Voor het opwekken van energie bij woningen wordt in de regel gebruik gemaakt van natuurlijke energiebronnen zoals zonne-energie, windenergie en natuurlijke warmte (en koud) bronnen. Bij zonne-energie kan het gaan om het genereren van warmte door middel van zonnecollectoren of de productie van stroom door middel van zonnecellen. Ook een kleine windturbine wordt toegepast voor het opwekken van stroom. Een warmtepomp daarentegen is voor het opwekken van warmte en maakt gebruik van de warmte van bodem, lucht en water.

- a. Zonnepanelen
- b. Windturbine
- c. Warmtepomp

h.2.a Zonnepanelen

Er is een onderscheid te maken tussen zonnecollectoren en zonnecellen. Zonnecollectoren genereren warmte, meestal ten behoeve van het verkrijgen van warm water, een zogenaamde zonneboiler. Zonnecellen, oftewel foto-voltaïsche cellen, zijn voor de productie van stroom. Vier vierkante meter panelen levert circa tien procent van het stroomverbruik van een gemiddeld gezin. Een standaard zonneboiler heeft een paneel van circa drie vierkante meter en een watervoorraad van 80 tot 120 liter, vaak gecombineerd met een externe naverwarming voor minder zonnige dagen. Inclusief overheidssubsidie zijn de kosten binnen vijftien jaar terugverdiend. Deze berekening is gebaseerd op de capaciteit die een paneel bij plaatsing heeft (deze neemt echter met de jaren geleidelijk af) en een ideale plaatsing ten opzichte van de zon. De levensduur van een paneel is vijftien tot vijfentwintig jaar.

Een nadeel van zonnepanelen is dat men doorgaans vindt dat ze ontsierend werken, zeker bij hellende daken. Bij veel monumenten en beschermde stads- en dorpsgezichten zijn zonnepanelen die je vanaf de openbare ruimte kunt zien, dan ook niet toegestaan
[Richtlijnen door de gemeente afhankelijk van beleid zelf in te vullen]

h.2.b Windturbine

Een windturbine kan op een dak bij een woning worden geplaatst of eventueel los in de tuin. De windturbines zijn verkrijgbaar met verscheidene afmetingen en capaciteit. Standaard wordt gedacht aan molens met een verticale as maar er zijn diverse andere vormen zoals het type Savonius die voorzien is van bolvormige rotorbladen en de Darrieus-typen met gebogen bladen rond een verticale as. Afhankelijk van de vorm hebben ze een hoger rendement maar produceren ze ook meer geluid. De opbrengst in kWh van een kleine windturbine, met name voor de kleinere soorten, weegt niet op tegen de relatief grote investering. Pas vanaf een rotordiameter van 3 meter of meer wordt de opbrengst interessant. Hierbij zijn overigens de verschillen in opbrengst per fabrikant enorm groot. *046

Een nadeel van een windturbine is dat ze hinderlijk zichtbaar kunnen zijn en daarmee afbreuk doen aan een pand of straatbeeld. Daarnaast produceren ze geluid.
[Richtlijnen door de gemeente afhankelijk van beleid zelf in te vullen]

h.2.c Warmtepomp

Een warmtepomp is een systeem dat net als bij een cv-installatie, het huis voorziet van verwarming en warm water. De energiebron is warmte uit bodem, lucht of water. Om die warmte te kunnen verzamelen en verspreiden is er een, door elektriciteit of gas aangedreven, pomp nodig. Het grondwater of de buitenlucht stroomt in de pomp langs een vloeistof die reeds op lage temperatuur verdampt. Tijdens het verdampen neemt de vloeistof warmte op uit het aangevoerde water of de lucht. De pomp drukt de vloeistof vervolgens samen waardoor de druk stijgt en de temperatuur toeneemt. Deze warmte wordt vervolgens afgegeven, bijvoorbeeld aan het leidingensysteem van de verwarming.

Als verwarmingssysteem is een warmtepomp zeer betrouwbaar. De levensduur is bijna twee maal zo lang als die van een cv-ketel en het heeft bovendien minder onderhoud nodig. Het rendement is het hoogst in combinatie met een lage temperatuurverwarming.

In de zomer kan het systeem gebruikt worden om relatief koud grondwater door de vloer- of wandverwarming te pompen. Dit zorgt voor een aangename koeling en is veruit de zuinigste

vorm van koeling. Een warmtepompsysteem is niet goedkoop. Een individuele warmtepomp voor een lage temperatuurverwarming kost al gauw tussen de vijf- en negenduizend euro. Daar zitten de kosten voor de aanleg van de vloer- en/of wandverwarming dan nog niet bij. Voor richtlijnen over de aanleg van een Lage Temperatuur verwarming zie paragraaf h.1.a *Verwarming*.