Memorandum

Datum: 08 mei 2026
Van: V8 Architects
Aan: Monumentenzorg Rotterdam
Onderwerp: reactie Monumentenzorg d.d. 24-11-2025

Dit schrijven is een REVISIE van het eerder ingediende document. Gewijzigde onderdelen in dit verslag zijn aangeduid met een gemarkeerde tekst.

In dit schrijven geeft V8 Architects antwoord op de aandachtspunten uit het verslag van Monumentenzorg d.d. 24-11-2025. In het verslag worden de volgende aandachtspunten benoemd waarvoor de commissie aandacht vraagt. Onderstaand worden de onderdelen puntsgewijs beantwoord.

- Uitwerking kozijnen in de achtergevel van het woonhuis

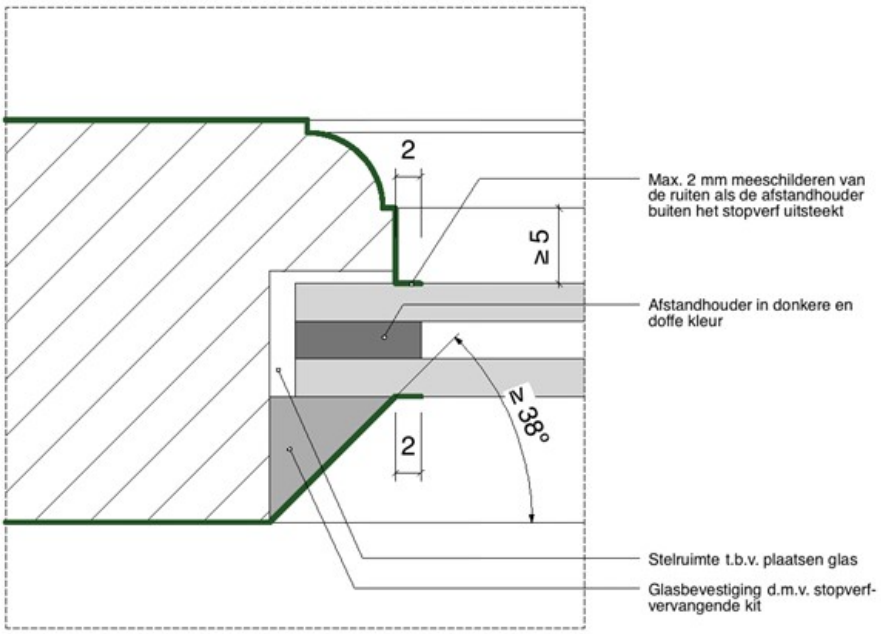
  Antwoord: Er is door de loop der jaren veel gebeurd met de kozijnen (zie foto reportage achtergevel in bijlage 1) in de achtergevel van het woonhuis in het Hulstkampgebouw. Bijvoorbeeld aan de beleglatten op sommige kozijnen kunnen we aflezen dat er ooit schuiframen in hebben gezeten. Vanwege de hoge geluidsbelasting op de achtergevel is het noodzakelijk om achterzetramen toe te passen. Dit voor extra luchtdichting en comfort. De indeling van de achterzetramen wordt geheel afgestemd op de indeling van de bestaande ramen, waardoor er geen extra kozijnprofielen in het zicht komen. De bestaande ramen worden allemaal vastgezet, draaiende delen mogen niet meer.

  Voor start uitvoering zullen we samen met Monumentenzorg de ramen nalopen en gezamenlijk bepalen welke renovatie aanpak per kozijn het meest geschikt is. Uitgangspunt is zoveel als mogelijk behouden en renoveren passend bij het monument. Voor nu stellen we voor om het bestaande glas te vervangen door nieuw isolatieglas. Het vastzetten van de nieuwe beglazing middels stopverf en een duivenjager glaslat aan de binnenzijde. Ook de nieuwe achterzetramen worden met een duivenjager profilering uitgevoerd. Dit is nu zo verwerkt in detail 815 & 816. Vanwege het ontbreken van tekeningen van de bestaande situatie en de hoge verscheidenheid aan kozijntypes, zijn de bestaande kozijnen in het detail schematisch getekend. Zie onderstaand een screenshot van een referentie detail met stopverf en duivenjager glaslat als oplossing voor de bestaande kozijnen.

V8 architects
Vasteland 8
3011 BK Rotterdam

+31 (0) 104123344
v8architects.nl
contact@v8architects.nl

Voorbeeld van acceptabele plaatsing van dubbel glas in een historisch raam



- Afmeting akoestische vensters (Harbour Fensters).

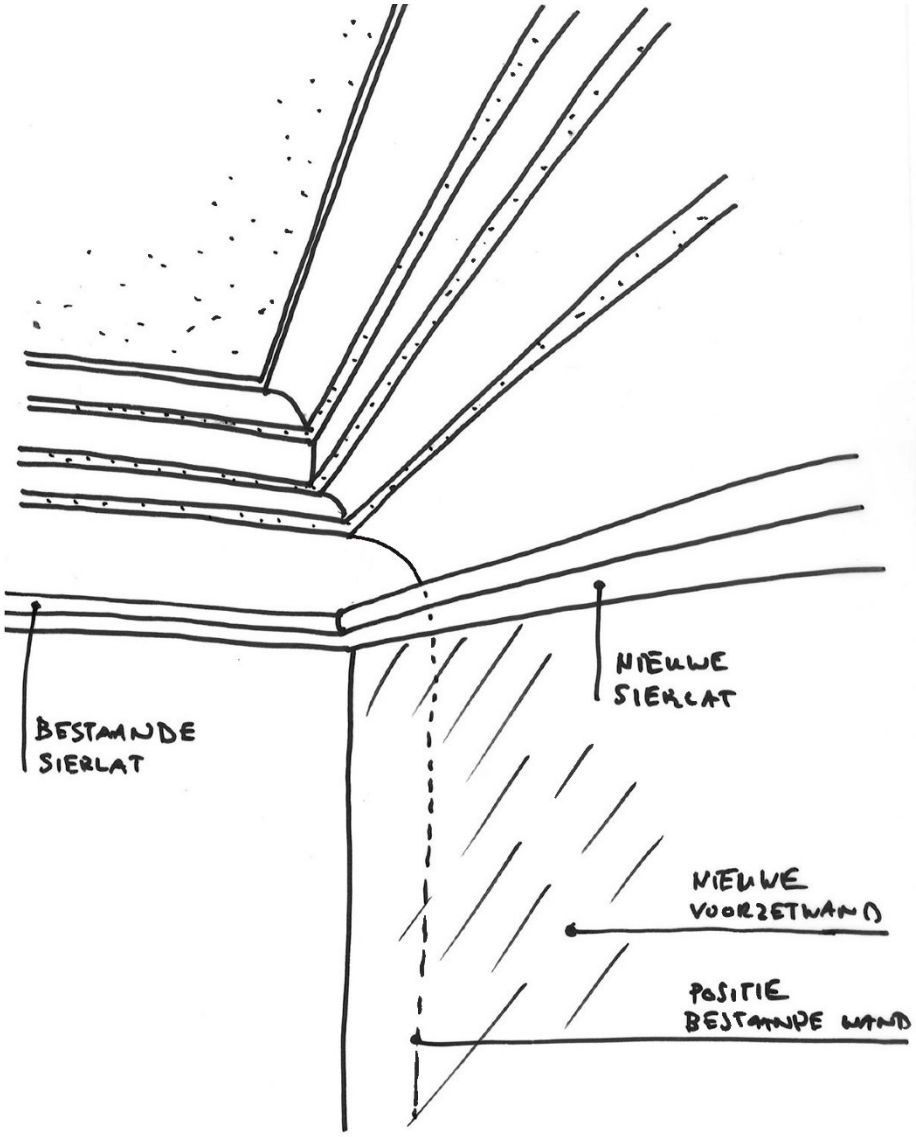
  Antwoord: Zowel bij de leverancier als bij de geluidsadviseur LBP | Sight is nogmaals navraag gedaan of het Harbour Fenster eventueel kan komen te vervallen (zie reactie [redacted] in bijlage 2) of kleiner kan worden uitgevoerd (zie reactie [redacted] in bijlage 3). Vanwege de hoge geluidsbelasting op de achtergevel is het niet mogelijk om hier te openen delen toe te passen om te kunnen spuien. Daarvoor is het Harbour Fenster (akoestische venster) in de zijgevel geplaatst. Met deze maatregel kan er voldaan worden aan de eisen uit het bouwbesluit en kan het monumentale karakter van de achtergevel maximaal in stand gehouden worden. Helaas is het niet mogelijk om een beroep te doen op monument status als het gaat om geluidsbelasting, noch kan het Harbour Fenster kleiner worden uitgevoerd. We hebben ons maximaal ingespannen om dit anders op te kunnen lossen, echter technisch lopen we tegen deze beperkingen aan.

V8 Architects
Vasteland 8
3011 BK Rotterdam

+31 (0) 104123344
v8architects.nl
contact@v8architects.nl

- Aansluiting voorzetwanden gevel met monumentaal plafond.

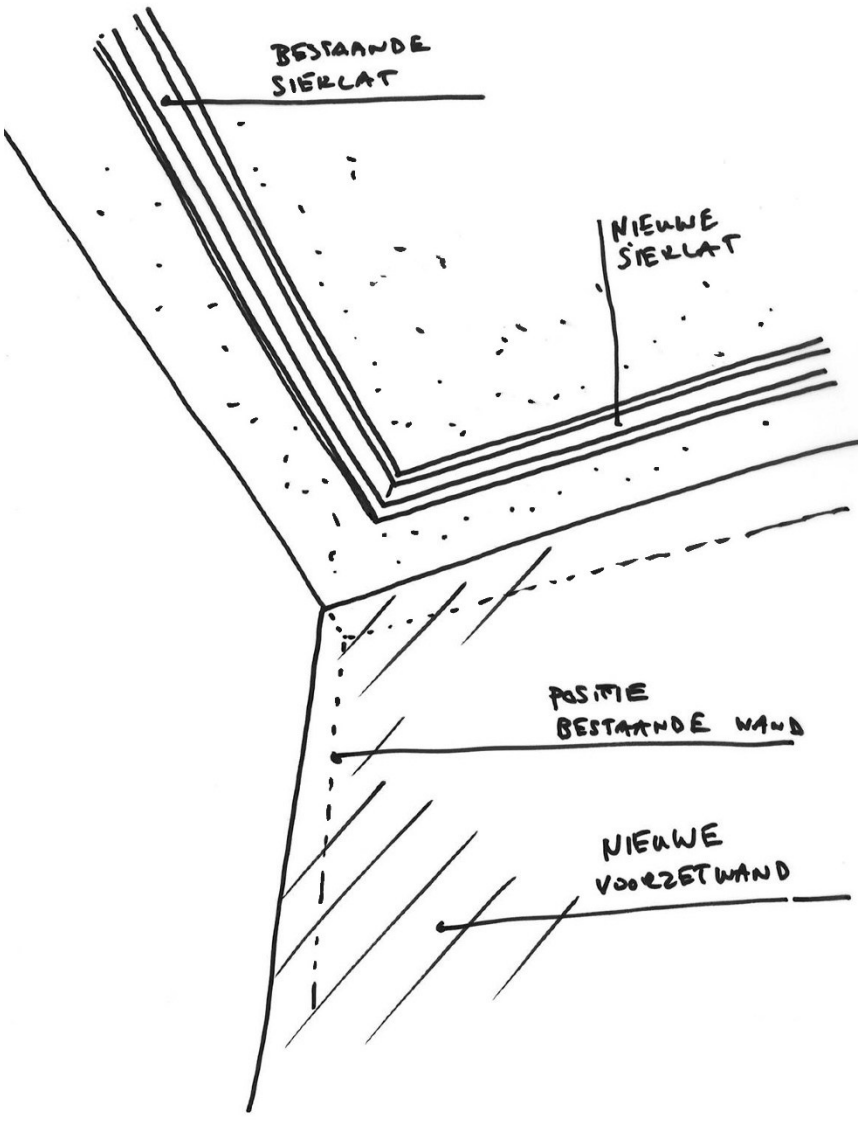
  Antwoord: Er is een oplossing uitgewerkt voor de aansluiting voorzetwand met monumentaal plafond. Zie hiervoor detail 801 en 804. Dit zijn de 2 meest complexe situaties. Ons voorstel (en zo ook vaker uitgevoerd door de beoogde aannemer Van Omme & De Groot) is om alle sierlijsten die achter de voorzetwand verdwijnen na te maken en op de nieuwe voorzetwand te plaatsen. Hierdoor lijkt het optisch alsof het plafond weer 'rondom heel' is. Zie onderstaande schets ter verduidelijking.



V8 Architects
Vasteland 8
3011 BK Rotterdam

+31 (0) 104123344
v8architects.nl
contact@v8architects.nl

Waar de voorzetwand aansluit op een vlak plafond met sierlijsten in het platte vlak, zal per situatie bekeken worden of het nodig is om de sierlat te verplaatsen, zodat het plafond optisch weer gecentreerd in de ruimte ligt. Zie onderstaande schets ter verduidelijking.



V8 Architects
Vasteland 8
3011 BK Rotterdam

+31 (0) 104123344
v8architects.nl
contact@v8architects.nl

- Aansluiting voorzetwanden met kozijnen in de voor- en achtergevel.

  Antwoord: Door het plaatsen van een voorzetwand langs de buitengevel zullen sommige profiellatten, vensterbanken en lambriseringen afgedekt worden. Uitgangspunt wordt om deze detaillering terug te brengen (op dezelfde positie) ter hoogte van de nieuwe voorzetwand. Dit is (schematisch) inzichtelijk gemaakt in detail 813 t/m 816. Bestaande profileringen worden nagemaakt, vensterbanken gelijk aan bestaand verdiept. De bestaande lambrisering onder de ramen aan de voorgevel wordt, indien mogelijk, gedemonteerd en verplaatst naar de achterzetwand. Indien demontage niet mogelijk blijkt zal dit nagemaakt worden als bestaand.

- Bouwfysische gevolgen van na-isoleren.

  Antwoord: In bijlage 4 is de wegwijzer voor na-isolatie van historische woonhuizen toegevoegd. Dit handboek is als richtlijn aangehouden voor de detaillering van de voorzetwanden, vloeren en dak. Daarnaast is Jan-Mark Vink van Van Omme & De Groot aangehaakt als beoogd bouwer. Hij kent het Hulstkampgebouw door en door, omdat hij daar al jaren het onderhoud voor de eigenaar verzorgt. Daarnaast heeft hij ruime ervaring met de renovatie van complexe rijksmonumenten binnen de gemeente Rotterdam. Er is door VODG al gekeken naar oplegging van vloerbalken in buitengevels, ankers, isolatie van vloeren in relatie tot brandveiligheid, etc. Alle kennis is aan boord om duurzame details te maken, zowel ten gunste van het monument als bouwfysica.

- Hoogte box-in-box elementen op de 2^{e} verdieping.

  Antwoord: Op de 2^{e} verdieping zijn de box-in-box elementen (badkamer en toilet/entree) verlaagd, zodat er meer vrije ruimte overblijft tussen het element en het monumentale plafond. Zie de aanpassing op de doorsnede tekeningen.

- Hergebruik paneeldeuren en scheidingswanden 3^{e} verdieping.

  Antwoord: Waar mogelijk zullen elementen met een positieve monumentwaarde hergebruikt worden door het gehele pand. Een en ander wel afhankelijk van de staat van de monumentale elementen, of deze goed opgeknapt kunnen worden en technisch kunnen voldoen aan de nieuwe bestemming. Een dunne paneeldeur kan niet als nieuwe woningtoegangsdeur worden ingezet.

V8 Architects
Vasteland 8
3011 BK Rotterdam

+31 (0) 104123344
v8architects.nl
contact@v8architects.nl

Bijlage 1 - foto reportage achtergevel

Bijlage 2 – email met reactie LBP | Sight op de vraag over de minimale afmeting van de Harbour Fensters met naam: RE_ V8146.251218.ty - harbor fenster woonhuis Hulstkampgebouw_EG

Bijlage 3 - email met reactie LBP | Sight op de vraag over de minimale afmeting van de Harbour Fensters met naam: RE_ V8146.251218.ty - harbor fenster woonhuis Hulstkampgebouw_SV

Bijlage 4 – informatieblad van RCE met aandachtspunten voor na-isolatie van historische woonhuizen met de naam: RCE_na+isolatie_vakmensen_2020

V8 Architects
Vasteland 8
3011 BK Rotterdam

+31 (0) 104123344
v8architects.nl
contact@v8architects.nl

Bijlage 1

V8 Architects
Vasteland 8
3011 BK Rotterdam

+31 (0) 104123344
v8architects.nl
contact@v8architects.nl

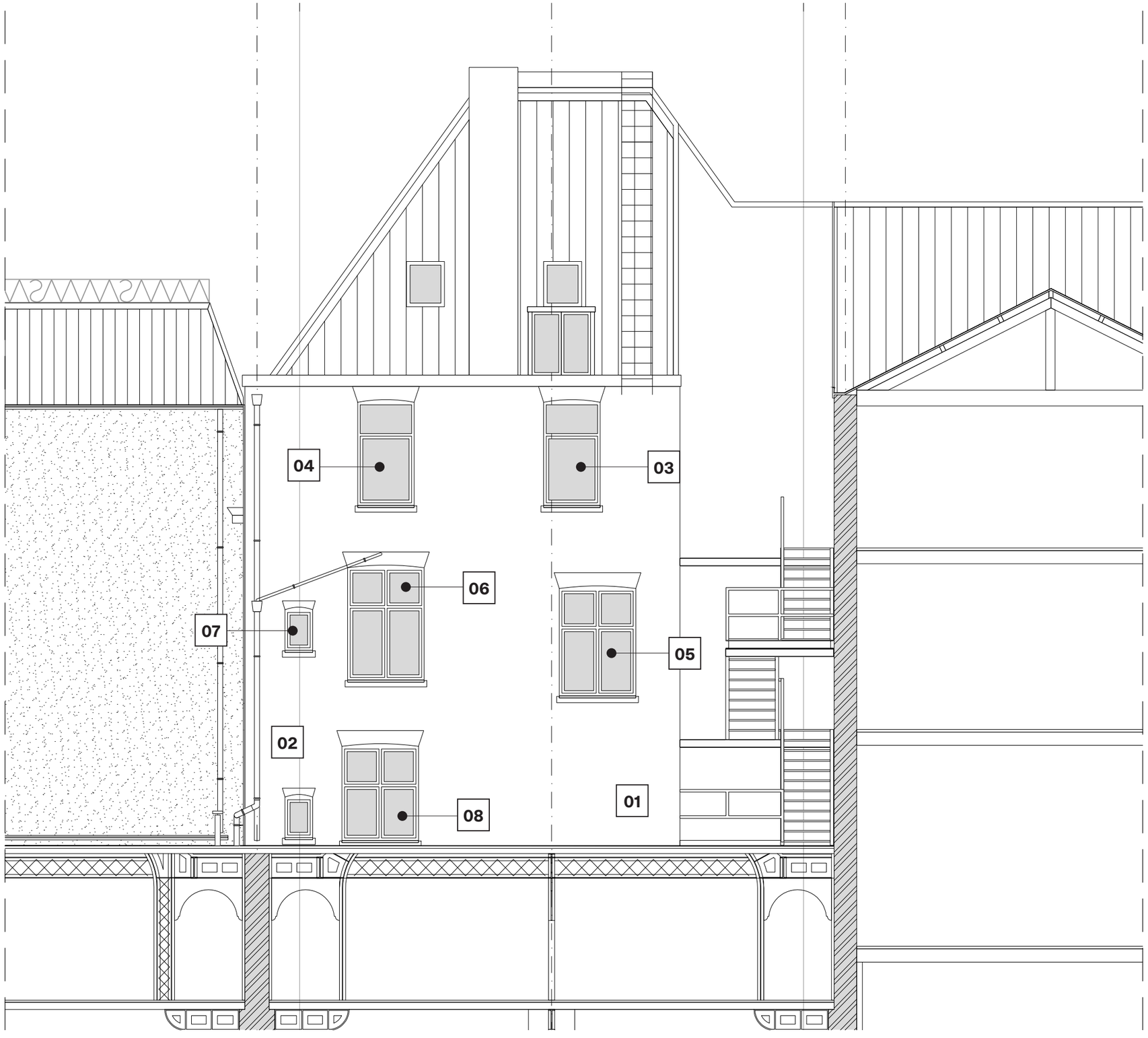
architects

Hulstkamp Properties

Woonhuis Hulstkampgebouw Rotterdam

fotoreportage achtergevel

20.02.2026



tekening achtergevel



01



02

buitenzijde achtergevel


03


04

3e verdieping


04


04



05



06

2e verdieping



07



08

2e verdieping en 1e verdieping

V8 architects
Vasteland 8
3011 BK - Rotterdam

+31 (0) 104123344
v8architects.nl
contact@v8architects.nl



Bijlage 2

V8 Architects
Vasteland 8
3011 BK Rotterdam

+31 (0) 104123344
v8architects.nl
contact@v8architects.nl

Van: [redacted]
Verzonden: woensdag 28 januari 2026 11:48
Aan: [redacted] | V8 Architects; [redacted]
CC: [redacted]
Onderwerp: RE: V8146.251218.ty - harbor fenster woonhuis Hulstkampgebouw

---

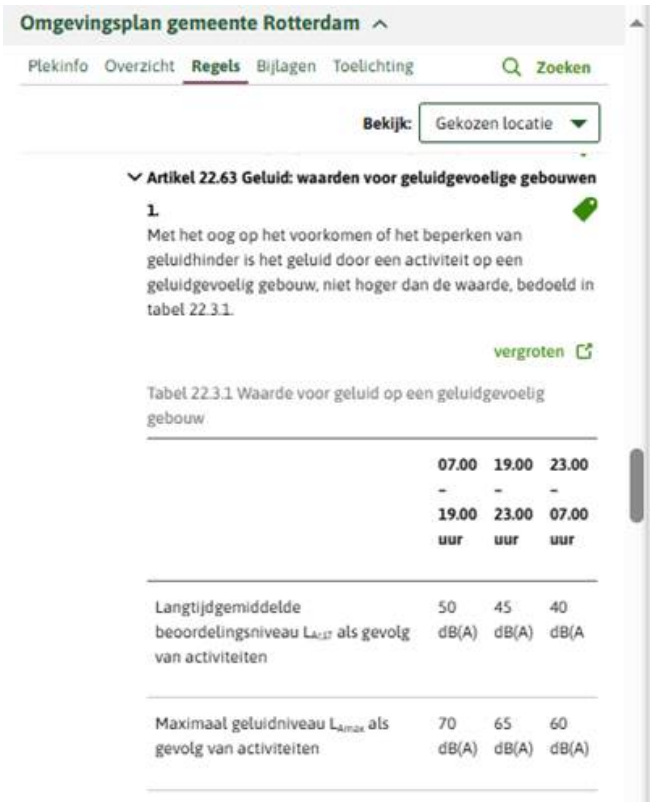
Beste [redacted],

Ten aanzien van het geluidaspect geldt dat er geen onderscheid wordt gemaakt ten aanzien van de optredende geluidbelasting bij bestaande of nieuwe woningen. Ook niet woningen met een bijzondere status als monumentaal.

Het Omgevingsplan stelt geluidregels voor geluidsgevoelige gebouwen.

De achtergevel van de woningen wordt hoofdzakelijk belast door de geluiduitstraling vanuit het Hulstkampgebouw en de zijgevel door de geluiduitstraling van de Airco-units.

Het geluid afkomstig van samenhangende activiteiten moet voldoen aan de geluidvoorschriften uit het omgevingsplan gemeente Rotterdam. Hierin staan de volgende geluideisen opgenomen.



Omgevingsplan gemeente Rotterdam

Plekinfo Overzicht **Regels** Bijlagen Toelichting Zoeken

Bekijk: Gekozen locatie

Artikel 22.63 Geluid: waarden voor geluidgevoelige gebouwen

1.
Met het oog op het voorkomen of het beperken van geluidhinder is het geluid door een activiteit op een geluidgevoelig gebouw, niet hoger dan de waarde, bedoeld in tabel 22.3.1.

vergroten

Tabel 22.3.1 Waarde voor geluid op een geluidgevoelig gebouw

	07.00 - 19.00 uur	19.00 - 23.00 uur	23.00 - 07.00 uur
Langtijdgemiddelde beoordelingsniveau $L_{Ar,LT}$ als gevolg van activiteiten	50 dB(A)	45 dB(A)	40 dB(A
Maximaal geluidniveau L_{Amax} als gevolg van activiteiten	70 dB(A)	65 dB(A)	60 dB(A)

Nu kent de Omgevingswet de term “niet geluidsgevoelige gevel” (vroeger dove gevel genoemd is een gevel zonder te openen delen) en de niet geluidgevoelige gevel met een bouwkundige maatregel.

Als de geluidbelasting op de gevel te hoog is en er niet kan worden voldaan aan de geluidregels (zie hierboven) is een oplossing de toepassing van een niet geluidsgevoelige gevel (gevel zonder te openden delen). Een andere optie is de gevel eventueel voorzien van een bouwkundige maatregel als er in de gevel ook te openen deel is voorzien. De bouwkundige maatregel moet zorgen dat op het te openen deel de geluidbelasting niet hoger is dan in de geluidregels als grenswaarde is opgenomen. Op die wijze is er flexibiliteit ontstaan want de geluidregels gelden niet op de “niet geluidsgevoelige gevel” en daar waar een te openen deel zit gelden de geluidregels wel. De gevel kan op die wijze als het ware worden “opgesplitst’ in

een deel waar de geluidregels van toepassing en een deel waar de geluidregel niet van toepassing zijn. En door die bouwkundig voorziening (geluidscherm, gevelscherm, Harbourfenster etc.) is de mogelijkheid geluidafscherming te creëren waardoor op het te open deel wel wordt voldaan aan de geluidregels.

In eestte termijn is ervoor gekozen om de achtergevel volledig uit te voeren als een niet geluidsgevoelige gevel (dus geen te openen delen) en de zijgevel uit te voeren in een niet geluidgevoelige gevel met een bouwkundige maatregel bij het te openen raam. Die bouwkundige maatregel kan een Harbourfenster zijn maar mag ook een andere oplossing zijn als die oplossing er maar voor zorgt dat de geluidbelasting op het te openen deel niet boven de waarde uitkomt vanuit de geluidregels.

Op de achtergevel is de geluidbelasting 10 dB(A) te hoog dus een optie zou kunnen zijn dat in de achtergevel ook een beweegbaar raam wordt gerealiseerd met een bouwkundige voorziening voor dat raam (Harbourfenster bijvoorbeeld) waardoor je via de achtergevel en zijgevel dan kan spuien. De voorziening moet bij een te openen raam in de achtergevel minimaal 10 dB(A) reduceren en bij de een te openen raam in de zijgevel 8 dB(A).

Dit is vanuit het geluidaspect de enige mogelijkheid.

Met vriendelijk groet,

[redacted]
M (06) 20 54 55 28 | **T** (030) 231 13 77

LBP|SIGHT
Kelvinbaan 40, 3439 MT Nieuwegein | Postbus 1475, 3430 BL Nieuwegein
www.lbpsight.nl | leveringsvoorwaarden

Van: [redacted] | V8 Architects <[redacted]@v8architects.nl>
Verzonden: maandag 26 januari 2026 11:54
Aan: [redacted] <S.[redacted]@lbpsight.nl>
CC: [redacted] <[redacted]@vansteenenstaal.nl>; [redacted] <[redacted]@arconic.com>; [redacted] <E.[redacted]@lbpsight.nl>
Onderwerp: RE: V8146.251218.ty - harbor fenster woonhuis Hulstkampgebouw

Beste [redacted],

Zoals zojuist telefonisch besproken stuur ik je het volgende.

In navolging van onderstaande email (scroll naar beneden) heb ik contact gehad met [redacted] van Kawneer. We hebben telefonisch gesproken over onderstaande casus. De reden dat ik hem heb gebeld is omdat Monumentenzorg de nieuwe Harbor Fenster ramen te groot vindt en vraagt of ze kleiner kunnen.

Uit het gesprek met [redacted] kwamen 2 interessante punten naar voren. Graag leg ik die aan je voor.

1. Kawneer heeft verschillende afmetingen Harbor Fenster laten testen door Peutz. Daarvan zijn gegevens bekend. Zie bijlage. Mogelijk kunnen we voldoen aan het verzoek van [redacted] om het raam kleiner uit te voeren? Met inachtname van jouw berekening voor voldoende ventilatie en uitgangspunten. En het aanvullende rapport van Ed over de geluidsbelasting van de bestaande airco's waarbij het Harbor Fenster ook een actieve rol speelt nu om te voldoen aan de eisen.

2. [redacted] heeft met verschillende geluidsadviseurs contact gehad over de werking en nut van een Harbour Fenster als oplossing voor spui-ventilatie. En allen, behalve DGMR, zeggen dat de spui-ventilatie niet berekend kan worden met een Harbor Fenster. Dit is een kortstondig moment waarbij alle ramen open gezet worden om snel de lucht te verversen. Dat lukt niet via het kleine (max. 40 mm openstand spleet) of grote (max 90 mm openstand spleet) raam. Daarmee haal je niet de gevraagde waarden.

[redacted], wat vind jij van bovenstaande redenatie? En hoe verhoudt dit zich tot de BBL?
Daarin wordt toch omschreven dat de bewoner beschermd moet worden tegen geluid en geluidsluw moet kunnen spuien?

Het installatie concept voor de 3 appartementen is om te ventileren via een WTW systeem. Dit is ook onderdeel van de vergunning. Zie de stukken in de bijlage. Hiermee wordt de functie van het Harbor Fenster dus echt gereduceerd tot spui-ventilatie moment.

Hoe kijken jullie hier tegenaan? Ook in relatie tot de WABO aanpassing dat we nu alle bestaande ramen aan de achterzijde van de woning als niet te openen hebben aangegeven. Om te voldoen aan de te hoge geluidsbelasting van de bestaande zalen. En wat is de logica achter deze redenatie: Mag je vanwege de hoge geluidsbelasting geen te openen ramen hebben, dus de ramen moeten allemaal niet te openen zijn? Of kan je ook redeneren, dat alleen voor het spui-moment je de ramen wel te openen laat? Omdat spuien in de [redacted]is niet kan via een spleet en dus geluidsluw. En omdat het in principe ook maar een kortstondig moment is. Maar dat botst dan weer met de geluidsbelaste gevel…

Net spraken we ook nog even over versoepeling vanwege de monumentenstatus. Zit hier nog een voordeel in? Of hebben we dit al ingezet in dit plan.

We horen graag om een goed einde aan deze casus te kunnen breien…

Met vriendelijke groet | Kind regards

[redacted]
Associate Director

V8 architects

Vasteland 8
3011 BK Rotterdam
+31 (0)10 412 33 44
V8architects.nl

Insta | LinkedIn

Dit e-mailbericht is vertrouwelijk en uitsluitend bestemd voor de geadresseerde(n).
Openbaarmaking, vermenigvuldiging, verstrekking of andere wijzen van verspreiding is niet toegestaan.
This email message is confidential and intended solely for the addressee(s).
Disclosure, reproduction, distribution, or other dissemination is not permitted.

Van: [redacted] | V8 Architects
Verzonden: donderdag 18 december 2025 11:40
Aan: [redacted]' <[redacted]@arconic.com>
CC: [redacted]' <[redacted]@[redacted]steenenstaal.nl>; '[redacted]' <s.[redacted]@lbpsight.nl>
On[redacted]werp: V8146.251218.ty - harbour fenster woonhuis Hulstkampgebouw

Beste [redacted],

Ik weet weer waarom ik je laatst belde.

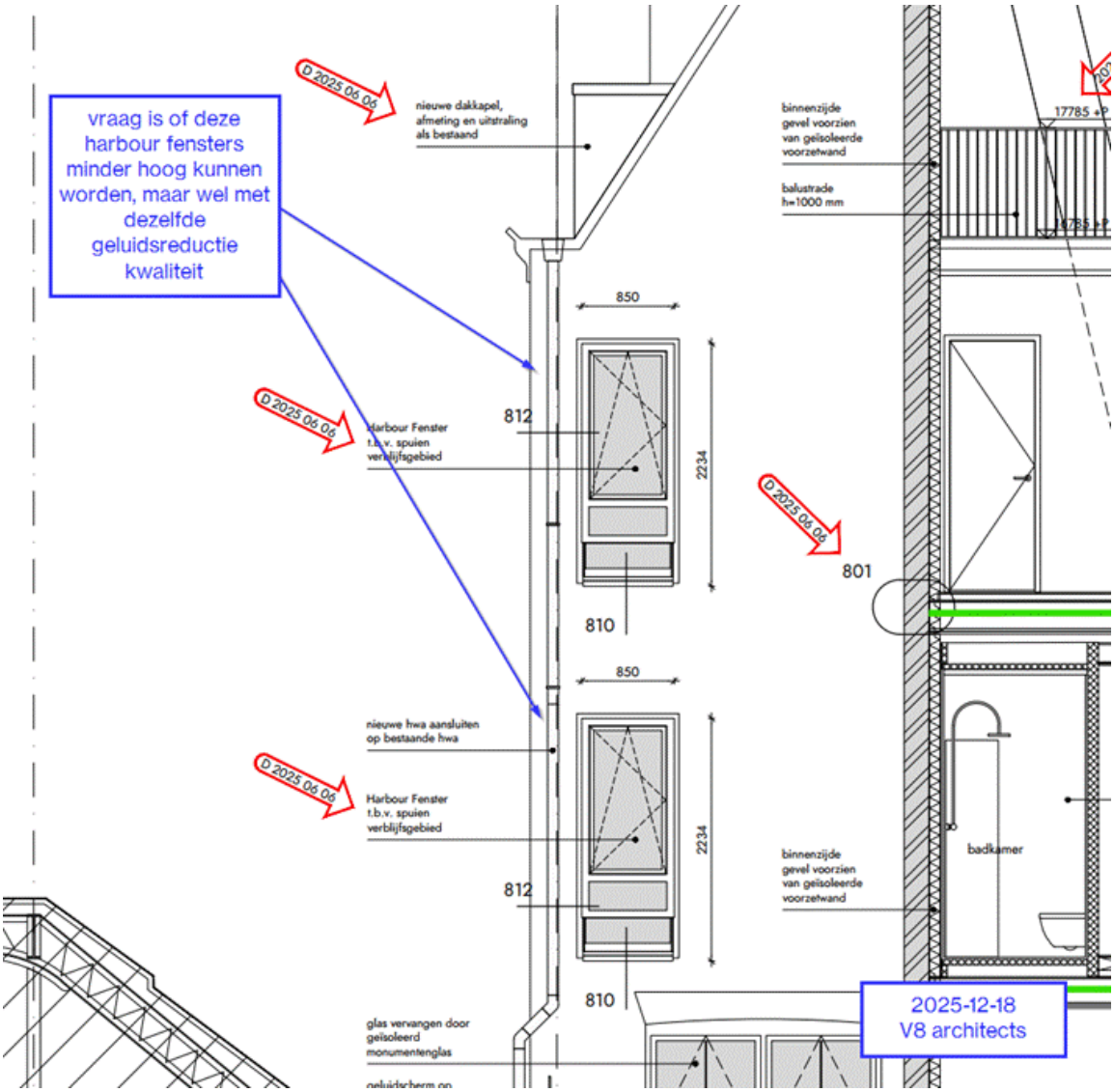
Probeerde het net weer even, maar kreeg voicemail. Daarom nu op de mail.

Het gaat over de werking van het Harbour Fenster, of Noise Kontrol in jullie geval.

In hoeverre heeft de hoogte van het systeem invloed op de geluidsreductie. Met andere woorden, is er een minimale lengte benodigd tussen het open ‘raam’ aan de onderzijde buitenkant en te openen raam aan de binnenkant?

Voor een project in een monumentaal pand willen we 2 harbour fensters toepassen, alleen monumentenzorg vraagt of het raam kleiner (lees minder hoog) kan.

In de huidige situatie is het raam , zie onderstaand screenshot.



We horen graag!

Met vriendelijke groet | Kind regards

[redacted]
Associate Director

Bijlage 3

V8 Architects
Vasteland 8
3011 BK Rotterdam

+31 (0) 104123344
v8architects.nl
contact@v8architects.nl

[redacted]: [redacted]
Verzonden: vrijdag 30 januari 2026 15:40
Aan: [redacted] | V8 Architects
CC: [redacted]
Onderwerp: RE: V8146.251218.ty - harbor fenster woonhuis Hulstkampgebouw

---

Beste [redacted],

Zoals zojuist telefonisch aangegeven:
Op [redacted]is van de gegevens van Kawneer die je mij hebt gestuurd, zullen de Harbour Fensters zeker niet kleiner kunnen. Anders worden de spuiventilatie-eisen niet meer gehaald in de betreffende ruimten.

Ik hoop dat je hiermee voldoende geïnformeerd bent.

Met vriendelijke groet,

[redacted]
LBP|SIGHT

M 06 41 05 34 15 | **T** 030 231 13 77
Aanwezig: ma/di/do/vr

Van: [redacted] | V8 Architects <[redacted]@v8architects.nl>
Verzonden: maandag 26 januari 2026 11:54
Aan: [redacted] <S.[redacted]@lbpsight.nl>
CC: [redacted] <[redacted]@vansteenenstaal.nl>; [redacted] <[redacted]@arconic.com>; [redacted]
<E.[redacted]@lbpsight.nl>
Onderwerp: RE: V8146.251218.ty - harbor fenster woonhuis Hulstkampgebouw

Beste [redacted],

Zoals zojuist telefonisch besproken stuur ik je het volgende.

In navolging van onderstaande email (scroll naar beneden) heb ik contact gehad met [redacted] van Kawneer. We hebben telefonisch gesproken over onderstaande casus. De reden dat ik hem heb gebeld is omdat Monumentenzorg de nieuwe Harbor Fenster ramen te groot vindt en vraagt of ze kleiner kunnen.

Uit het gesprek met [redacted] kwamen 2 interessante punten naar voren. Graag leg ik die aan je voor.

1. Kawneer heeft verschillende afmetingen Harbor Fenster laten testen door Peutz. Daarvan zijn gegevens bekend. Zie bijlage. Mogelijk kunnen we voldoen aan het verzoek van [redacted] om het raam kleiner uit te voeren? Met inachtname van jouw berekening voor voldoende ventilatie en uitgangspunten. En het aanvullende rapport van Ed over de geluidsbelasting van de bestaande airco's waarbij het Harbor Fenster ook een actieve rol speelt nu om te voldoen aan de eisen.

2. [redacted] heeft met verschillende geluidsadviseurs contact gehad over de werking en nut van een Harbour Fenster als oplossing voor spui-ventilatie. En allen, behalve DGMR, zeggen dat de spui-ventilatie niet berekend kan worden met een Harbor Fenster. Dit is een kortstondig moment waarbij alle ramen open gezet worden om snel de lucht te verversen. Dat lukt niet via het kleine (max. 40 mm openstand spleet) of grote (max 90 mm openstand spleet) raam. Daarmee haal je niet de gevraagde waarden.

[redacted], wat vind jij van bovenstaande redenatie? En hoe verhoudt dit zich tot de BBL?
Daarin wordt toch omschreven dat de bewoner beschermd moet worden tegen geluid en geluidsluw moet kunnen spuien?

Het installatie concept voor de 3 appartementen is om te ventileren via een WTW systeem. Dit is ook onderdeel van de vergunning. Zie de stukken in de bijlage. Hiermee wordt de functie van het Harbor Fenster dus echt gereduceerd tot spui-ventilatie moment.

Hoe kijken jullie hier tegenaan? Ook in relatie tot de WABO aanpassing dat we nu alle bestaande ramen aan de achterzijde van de woning als niet te openen hebben aangegeven. Om te voldoen aan de te hoge geluidsbelasting van de bestaande zalen. En wat is de logica achter deze redenatie: Mag je vanwege de hoge geluidsbelasting geen te openen ramen hebben, dus de ramen moeten allemaal niet te openen zijn? Of kan je ook redeneren, dat alleen voor het spui-moment je de ramen wel te openen laat? Omdat spuien in de [redacted]is niet kan via een spleet en dus geluidsluw. En omdat het in principe ook maar een kortstondig moment is. Maar dat botst dan weer met de geluidsbelaste gevel…

Net spraken we ook nog even over versoepeling vanwege de monumentenstatus. Zit hier nog een voordeel in? Of hebben we dit al ingezet in dit plan.

We horen graag om een goed einde aan deze casus te kunnen breien…

Met vriendelijke groet | Kind regards

[redacted]
Associate Director

V8 architects

Vasteland 8
3011 BK Rotterdam
+31 (0)10 412 33 44
V8architects.nl

Insta | LinkedIn

Dit e-mailbericht is vertrouwelijk en uitsluitend bestemd voor de geadresseerde(n).
Openbaarmaking, vermenigvuldiging, verstrekking of andere wijzen van verspreiding is niet toegestaan.
This email message is confidential and intended solely for the addressee(s).
Disclosure, reproduction, distribution, or other dissemination is not permitted.

Van: [redacted] | V8 Architects
Verzonden: donderdag 18 december 2025 11:40
Aan: [redacted]' <[redacted]@arconic.com>
CC: [redacted]' <[redacted]@[redacted]steenenstaal.nl>; '[redacted]' <s.[redacted]@lbpsight.nl>
On[redacted]werp: V8146.251218.ty - harbour fenster woonhuis Hulstkampgebouw

Beste [redacted],

Ik weet weer waarom ik je laatst belde.

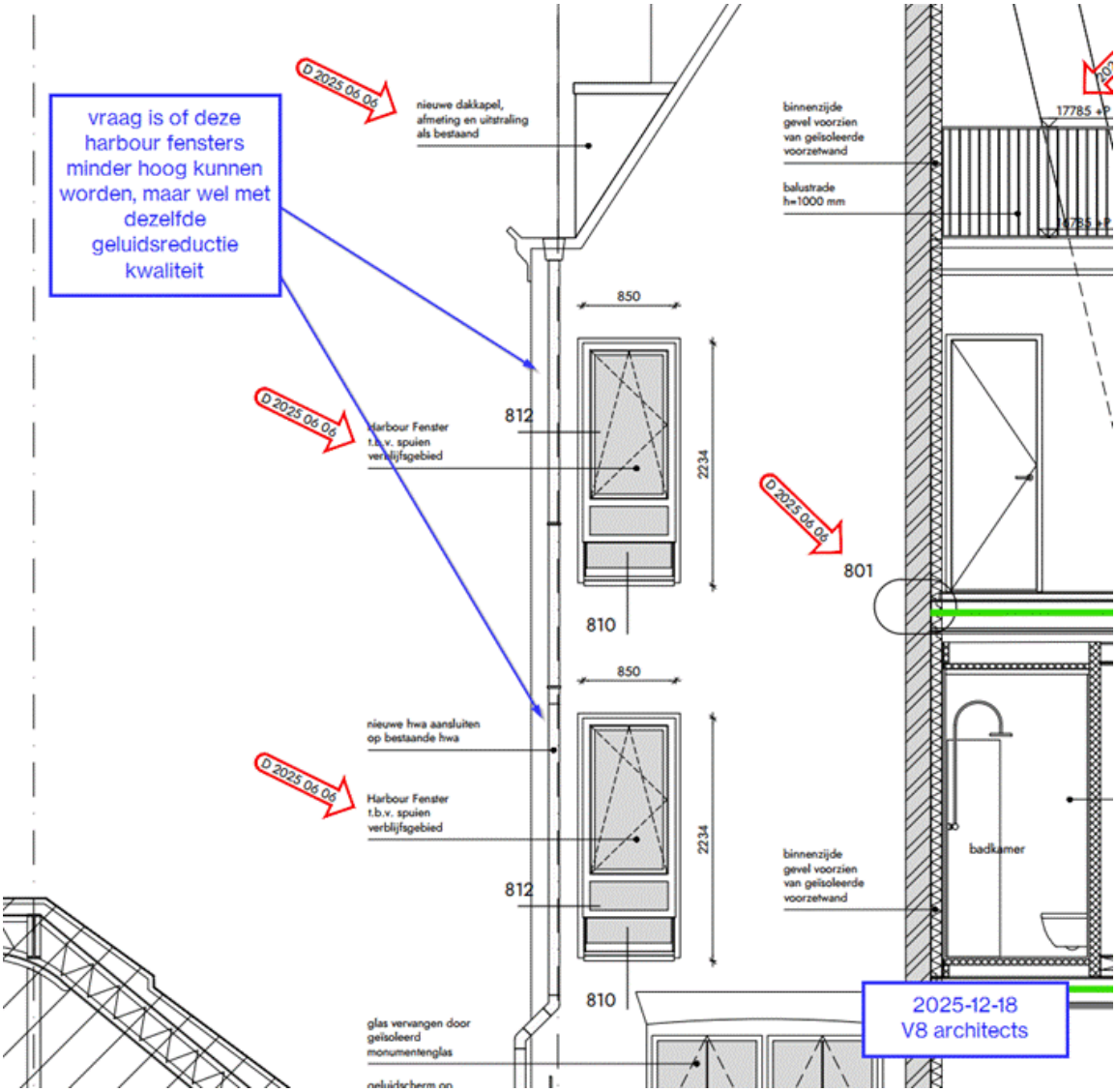
Probeerde het net weer even, maar kreeg voicemail. Daarom nu op de mail.

Het gaat over de werking van het Harbour Fenster, of Noise Kontrol in jullie geval.

In hoeverre heeft de hoogte van het systeem invloed op de geluidsreductie. Met andere woorden, is er een minimale lengte benodigd tussen het open ‘raam’ aan de onderzijde buitenkant en te openen raam aan de binnenkant?

Voor een project in een monumentaal pand willen we 2 harbour fensters toepassen, alleen monumentenzorg vraagt of het raam kleiner (lees minder hoog) kan.

In de huidige situatie is het raam , zie onderstaand screenshot.



We horen graag!

Met vriendelijke groet | Kind regards

[redacted]
Associate Director

V8 architects

Bijlage 4

V8 Architects
Vasteland 8
3011 BK Rotterdam

+31 (0) 104123344
v8architects.nl
contact@v8architects.nl



Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed
Ministerie van Onderwijs, Cultuur en Wetenschap

Groene gids

Na-isolatie van historische woonhuizen

Wegwijzer voor vakmensen

Na-isolatie van historische woonhuizen

Wegwijzer voor vakmensen

Inhoud

1. Inleiding **4**

2. Behoud en duurzaamheid **4**
Erfgoedwet 5
Wabo 5
Bouwbesluit 2012 5
Energielabel 5
Contact met de gemeente 5
Overige wet- en regelgeving 5

3. Wet- en regelgeving **5**

4. Stappenplan **6**
Stap 0: Omvang van het project 6
Stap 1a: Huidige toestand, cultuurhistorische waarden 7
Stap 1b: Huidige toestand, technische staat 7
Stap 2: Nieuwe toestand 7
Stap 3: Uitwerking 7

5. Wanneer wel of niet isoleren 8
Methoden 10

6. Methode en materiaal kiezen 10
Materialen 17
Duurzame isolatiematerialen *18*
Duurzaamheid: voorbeeld voorzetwand *19*
Brandveiligheid *19*
Van ideale naar optimale isolatiedikte *19*
Isolatiedikte en het Bouwbesluit *19*

7 Aandachtspunten **21**
Algemene uitgangspunten monument 21
Algemene bouwfysische uitgangspunten 21
Gevolgen van na-isolatie 21
Plaats van de isolatie 21
Detaillering en uitvoeringskwaliteit 21
Koudebruggen *22*
Luchtdichtheid *23*
Gebouwonderdelen 24
Daken, binnenzijde *24*
Daken, buitenzijde *24*
Zolders *25*
Wanden 25
Wanden, buitenzijde *25*
Wanden: binnenzijde *25*
Wanden, binnenisolatie met spouw (binnenzetwand) *26*
Wanden, binnenisolatie zonder spouw *26*
Wanden: spouwmuur *27*
Vloeren met kruipruimte of kelder *29*
Vloeren zonder kruipruime of kelder *29*
Ventileren en isoleren 29

8. Kosten en opbrengsten **30**
Investeringskosten 30
Besparing 30
Cultuurhistorische waarden 30
Instandhouding en conservering 30

9. Begrippen **31**

1. Inleiding

Na-isolatie van een historisch woonhuis is bij elke restauratie of herbestemming een van de vele uitdagingen. Dat geldt niet alleen voor panden die rijks- of gemeentelijke bescherming genieten. En ook het aanpakken van één ruimte kan aanleiding zijn om na te isoleren. Deze brochure helpt om stap voor stap te komen tot een passende na-isolatieoplossing.

2. Behoud en duurzaamheid

Om ons erfgoed door te geven aan volgende generaties, is aanpassing aan de hedendaagse eisen en wensen van de gebruiker en de leefomgeving een absolute noodzaak. Verduurzaming is een kans het pand klaar te maken voor de toekomst. Duurzaamheid bij gebouwen gaat voornamelijk om energiebesparende materialen, zoals isolatie.

Bij een historisch huis levert dit soms spanning op. Stel, een eigenaar wil zijn woning na-isoleren zodat het energiegebruik afneemt en het binnenshuis behaaglijker aanvoelt. In de woning bevindt zich echter een waardevolle dakconstructie met oeils-de-boeuf. Isolatie aan de binnenkant van het dak gaat ten koste van de beleving en verkleint het zicht via de oeils-de-boeuf. Vanuit de erfgoedzorg is dat onwenselijk. Zijn er dan alternatieven? Misschien is het voldoende de zoldervloer te isoleren in plaats van de hele kap. Of is het dak aan de buitenkant te isoleren. Het is de kunst een compromis te vinden tussen behoud van cultureel erfgoed, behaaglijkheid en energiegebruik.



3. Wet- en regelgeving

Voor de eigenaar of bewoner van een beschermd pand is het lastig de weg te vinden in de veelheid van wet- en regelgeving. Deze brochure schetst de wettelijke kaders en het contact met de gemeente.

Erfgoedwet

De Erfgoedwet geldt voor onder andere gebouwd, archeologisch en roerend cultureel erfgoed. De wet vormt de wettelijke [redacted]is voor bijvoorbeeld het aanwijzen van rijksmonumenten. Ook volgt uit deze wet een verbod op beschadiging of vernieling van rijksmonumenten en op het achterwege laten van noodzakelijk onderhoud. Op grond van de Erfgoedwet worden ook subsidies en laagrentende leningen toegekend.

Wabo

De Wet algemene bepalingen omgevingsrecht (Wabo) vormt de [redacted]is voor de omgevingsvergunning die nodig is voor ingrepen met betrekking tot een rijksmonument. De gemeente is het aanspreekpunt voor vergunningen voor verbouwingen van een monument, zoals bij na-isolatie. De Wabo schetst globaal wanneer een vergunning nodig is. Zo staat in artikel 2.1 lid 1 onder f dat voor het slopen, verstoren, verplaatsen of wijzigen van een rijksmonument een vergunning nodig is, net als voor herstelwerkzaamheden en gebruik van een rijksmonument waarbij monumentale waarden in het geding zijn. Voor sommige werkzaamheden is geen omgevingsvergunning nodig, bijvoorbeeld voor regulier onderhoud waarbij detaillering, profilering, vormgeving, materiaalsoort en kleur niet wijzigen. Denk aan het schilderen van kozijnen in dezelfde kleur. De medewerker monumenten van de gemeente kan vertellen welke werkzaamheden zonder vergunning mogelijk zijn (zie de brochure *Vergunningvrij*, te vinden via: www.cultureelerfgoed.nl).
Ook voor gemeentelijke monumenten is de Wabo van belang. De gemeente geeft aan voor welke werkzaamheden een omgevingsvergunning nodig is en voor welke niet.

Bouwbesluit 2012

Het Bouwbesluit 2012 regelt voor nieuwbouw in hoofdstuk 5 de 'voorschriften vanuit het oogpunt van energiezuinigheid'. Voor nieuwbouw zijn er eisen gesteld aan de minimale R_c-waarde (warmteweerstand van een constructie) van afzonderlijke gebouwonderdelen. Bestaande bouw moet volgens het Bouwbesluit voldoen aan het 'rechtens verkregen niveau'. Als de huidige warmteweerstand lager is dan 1,3 m^2K/W, moet die waarde als ondergrens worden aangehouden. Dit geldt echter niet wanneer een monumentaal gebouw wordt verbouwd, uitgebreid of een nieuwe bestemming krijgt. In dat geval zijn de nieuwbouweisen van kracht. Maar artikel 1.13 van het Bouwbesluit 2012 biedt de mogelijkheid om in een omgevingsvergunning voor wijziging van een beschermd monument voorschriften op te nemen die afwijken van de (strengere) voorschriften uit het Bouwbesluit, waardoor die laatste dan niet gelden.

Energielabel

Elke woning moet bij verhuur of verkoop een energieprestatiecertificaat hebben: het zogeheten energielabel. Daarin staat hoe energiezuinig een woning is. Dit wordt aangegeven met een letter A tot en met G, op [redacted]is van bouwjaar, type, bouwkundige kenmerken, enzovoorts. Een woning met het A-label is het zuinigst; een woning met G-label het minst zuinig. In 2015 hebben alle huiseigenaren een voorlopig energielabel van de Rijksoverheid ontvangen. Bij verkoop of nieuwe verhuur moeten ze een definitief label laten vaststellen. Maar dat hoeft niet bij rijksmonumenten, provinciale en gemeentelijke monumenten[1]. Eigenaren kunnen een beschermd monument dus in de verkoop of verhuur doen zonder energielabel. Ze hoeven het tijdelijke energielabel niet om te zetten in een definitief label.

Contact met de gemeente

De gemeente behandelt de aanvragen om een omgevingsvergunning. De gemeente kan daarbij beleid hanteren op het gebied van verduurzaming. Zo kan ze beperkingen opleggen (bijvoorbeeld waar zonnepanelen wel/niet mogen liggen) en subsidies verlenen. De meeste gemeenten hebben een medewerker die zich deels of geheel bezighoudt met cultureel erfgoed. Die is te bereiken via de telefoon, website of per e-mail. Heeft een gemeente geen medewerker op het gebied van cultureel erfgoed, dan is degene die zich bezighoudt met omgevingsvergunningen het aanspreekpunt. Deze medewerker kan meer informatie geven over de (on)mogelijkheden met betrekking tot een monument.

Overige wet- en regelgeving

Naast de wettelijke eisen uit het Bouwbesluit kan de eigenaar/huurder bij na-isolatie ook te maken krijgen met andere wet- en regelgeving. De twee belangrijkste zijn de Wet natuurbescherming en de Arbeidsomstandighedenwet (Arbowet). De Wet natuurbescherming is van belang wanneer met name verblijfplaatsen van vogels en vleermuizen bedreigd worden door bijvoorbeeld dak- of spouwisolatie. De Arbowet heeft vooral betrekking op de gezondheidsaspecten bij de verwerking van isolatiemateriaal, zoals glaswol en PUR.

[1] Artikel 2.2 van het Besluit energieprestatie gebouwen (http://wetten.overheid.nl/BWBR0023734/2016-07-01#Afdeling2_Artikel2.2)

4 Stappenplan

Het besluit om na te isoleren is snel genomen, maar voor een goede, duurzame oplossing moet over een aantal zaken dieper worden nagedacht. Dit om te voorkomen dat de gekozen oplossing achteraf niet duurzaam blijkt, het budget overschrijdt of tot waardeverlies van het pand leidt. Een stappenplan.

Stap 0: Kijk naar de omvang van de werkzaamheden. Een klein project kan de eigenaar of bewoner misschien zelf uitvoeren. Voor een groot project is het aan te raden deskundige hulp in te schakelen.
Stap 1: Breng de huidige kwaliteit van de woning in kaart – zowel op bouwkundig gebied als qua cultuurhistorische waarden. Op [redacted]is hiervan worden latere keuzes gemaakt en beslissingen genomen.
Stap 2: Stel prioriteiten vast. Wat weegt het zwaarst bij de na-isolatie: de kosten, duurzaamheid in brede zin, comfort, energiebesparing, enzovoorts. Ook dit is van invloed op de keuze van methode en materiaal. Sommige materialen zijn duurder dan andere, en sommige methodes zijn niet uit te voeren door een doe-het-zelver, waardoor ze duurder uitpakken.

Stap 3: De gekozen na-isolatiemethode en -materialisatie moeten goed uitgevoerd worden. Dat begint op de tekentafel, maar wellicht nog belangrijker is de uitvoering in de praktijk. De detaillering moet van papier vertaald worden naar de praktijk en dat brengt risico's met zich mee, zoals vochtophoping en schimmelvorming.

Stap 0: Omvang van het project

De omvang van het project bepaalt mede of de eigenaar of bewoner dit zelf kan uitvoeren. Gaat het om een vliering of de hele woning? Is de eigenaar of bewoner van plan zelf de werkzaamheden uit te voeren of schakelt deze liever professionals in, zoals een restauratiearchitect of bouwfysicus met expertise in historische gebouwen? Misschien worden de werkzaamheden samen met de buren uitgevoerd. Of kiest de eigenaar of bewoner voor een restauratieaannemer die gespecialiseerd is in een specifieke na-isolatiemethode. Speelt de beschikbare tijd nog een rol? Dit soort factoren bepalen de omvang van een project.



Afbeelding 1
Stappenplan voor het na-isoleren van historische gebouwen

Stap 1a: Huidige toestand, cultuurhistorische waarden

Breng de karakteristieken van de woning in kaart. Deze bepalen straks de opties bij de methode- en materiaalkeuze (stap 3).

Stel eerst de cultuurhistorische waarden aan de buiten- en de binnenkant van de woning vast. Deze zijn op diverse manieren te achterhalen. De eigenaar of bewoner kan in eerste instantie het besluit tot aanwijzing van het rijksmonument erop nalezen. De omschrijving van het rijksmonument is ook te raadplegen via www.cultureelerfgoed.nl/monumentenregister.
Is die omschrijving heel summier (vaak bij een oudere aanwijzing) of te globaal, dan zijn de monumentale waarden te bepalen aan de hand van een cultuurhistorisch of bouwhistorisch rapport. Staat een grote ingreep gepland, zoals de buitenschil isoleren, dan kan de gemeente in de vergunningprocedure vragen om een bouwhistorische verkenning of bouwhistorisch onderzoek.
Ook uit het oordeel van de minister op een subsidieaanvraag kan blijken dat bepaalde onderdelen een monumentale waarde hebben.

Zijn er aan een rijksmonument later onderdelen toegevoegd, zoals een keuken, badkamer, gipsplaten, dan hebben die doorgaans geen monumentale waarde. Ze zijn ook niet van belang voor het monument als geheel (tenzij ze bij een eerdere restauratie zijn aangebracht).

Bij een gemeentelijk monument of beeldbepalend pand heeft de gemeente soms een redengevende omschrijving of waardenstelling van het pand laten opstellen. De gemeente kan in veel gevallen ook helpen met het bepalen van de waardevolle onderdelen van het pand.

Stap 1b: Huidige toestand, technische staat

Goed onderhoud is duurzaam. Laat het pand grondig inspecteren op gebreken. Is het wind- en waterdicht? Is de constructie nog stabiel of zitten er grote scheuren in het pand? Zijn er lekkages; is de goot verstopt? Zijn de houten kozijnen in goede staat of bevatten ze rotte plekken? Is er zoutuitbloeiing zichtbaar in de gevel?
Lekkages (ook oude) kunnen leiden tot veel vocht in de woning. Wanneer een vochtige woning na-geïsoleerd wordt, zal dit op relatief korte termijn resulteren in nog grotere problemen.

Een bouwkundige gespecialiseerd in historische gebouwen kan de eigenaar of bewoner helpen. Ook kunnen eigenaren van beschermde monumenten een inspectieabonnement afsluiten bij bijvoorbeeld de Monumentenwacht.

Stap 2: Nieuwe toestand

Bepaal het hoofddoel van het na-isoleren: duurzaamheid, energiebesparing, comfort, instandhouding, conservering of iets anders. Het doel bepaalt in zekere mate de mogelijkheden voor methode en materialen (stap 3). Wanneer het doel voornamelijk energiebesparing is, zal de toe te passen isolatie een lage warmtegeleidingscoëfficiënt moeten hebben en voldoende dik moeten zijn. Is het doel voornamelijk duurzaamheid in de zin van milieubesparing, dan kijken we eerder naar materialen met een lage NIBE-classificering (duurzaamheidsscore). Hierover straks meer.

Stap 3: Uitwerking

De uitwerking gebeurt in eerste instantie in het schetsboek en op de tekentafel. In plattegronden, doorsneden en details worden de mogelijke oplossingen geschetst. De oplossingen moeten ‘maakbaar’ zijn en worden getoetst aan de doelen (stap 2). Dan volgt de vertaling naar de praktijk. De werkzaamheden moeten zeer precies wordt uitgevoerd en ge[redacted]eerd zijn op aandachtspunten uit deze brochure (zie hoofdstuk 7). Bij grote projecten kan het nuttig zijn de detailleringen en uitvoering met de bouwploeg ter plaatse te bespreken: wat staat er op papier, hoe ziet de werkelijkheid eruit en wat zijn de aandachtspunten. Doe dit bij alle lastige details, dit verhoogt de kwaliteit.

5. Wanneer wel of niet isoleren

Er zijn grofweg drie redenen om te isoleren: energiebesparing, comfort en technische staat. De meeste eigenaren willen energie besparen, of beter gezegd de stookkosten omlaag brengen. Energie gaat verloren door transmissie en door (overmatige) ventilatie en in- en exfiltratie. Bij transmissie gaat het om energieverliezen als gevolg van warmtegeleiding door een materiaal heen. Dit is te voorkomen door de warmteweerstand (R_c-waarde) van de gebouwschil te verhogen met een laag isolatiemateriaal van een bepaalde dikte. Exfiltratie is ongecontroleerde luchtuitwisseling van binnen naar buiten[2]. Dit is te beperken door kieren te dichten.

Isolatie verhoogt ook het thermisch comfort. Hogere oppervlaktetemperaturen zorgen voor minder thermisch gedreven luchtstromingen. Koude lucht is zwaarder dan warme lucht en stroomt langs het koude oppervlak naar beneden: de koudeval. Dat kan bij een venster voorkomen, maar ook bij een hoge wand. Hoe kouder de lucht, des te sneller de luchtverplaatsing en dat ervaren we als tocht. Door na te isoleren wordt het oppervlak minder koud en blijven koudeval en tocht beperkt. Een radiator of convector tegen de wand en/of onder het venster helpt de koudeval op te vangen. Een lagere oppervlaktetemperatuur leidt ook tot een grotere stralingsuitwisseling tussen mensen en een wand of een venster. Daardoor koelen ze af en voelt de ruimte minder behaaglijk, ook al is de luchttemperatuur hoog genoeg. De behaaglijkheid hangt namelijk af van de lucht- én stralingstemperatuur. Een hogere stralingstemperatuur kan een lagere luchttemperatuur tot op zekere hoogte compenseren. Zijn de verschillen in stralingstemperaturen in een ruimte te groot, dan zullen mensen aan de ene kant van hun lichaam meer energie afgeven dan aan de andere kant. Bij een verschil groter dan 5 graden Celsius voelt dit oncomfortabel aan.

Thermisch comfort
Naast de luchtvochtigheid (in relatie met luchttemperatuur en vochtigheid) zijn er meer factoren van invloed op het thermisch comfort van de mens.
Ruimtelijke factoren:
- luchttemperatuur, de temperatuur van de lucht;
- relatieve luchtvochtigheid, het percentage waterdamp in de lucht ten opzichte van de maximale hoeveelheid waterdamp;
- stralingstemperatuur, een rekenkundig gemiddelde temperatuur van oppervlakken in de ruimte waarin we ons bevinden; afstand, grootte en hoek spelen hierbij een rol;
- luchtsnelheid, de snelheid van de luchtverplaatsing; snelheden groter dan 0,2 meter per seconde ervaren we al gauw als tocht.

Menselijke factoren:
- metabolisme, een maat voor de menselijke activiteit;
- kleding is voor mensen wat isolatie is voor gebouwen.

Isoleren van een woning heeft vaak gevolgen voor alle ruimtelijke factoren. Door isolatie aan te brengen, gaat de wandtemperatuur omhoog. Tijdens de isolatiewerkzaamheden worden kieren en gaten gedicht, waardoor de luchtstroming vermindert (maar ook de natuurlijke ventilatie).



Afbeelding 2
Direct verlies door kieren (stroming)

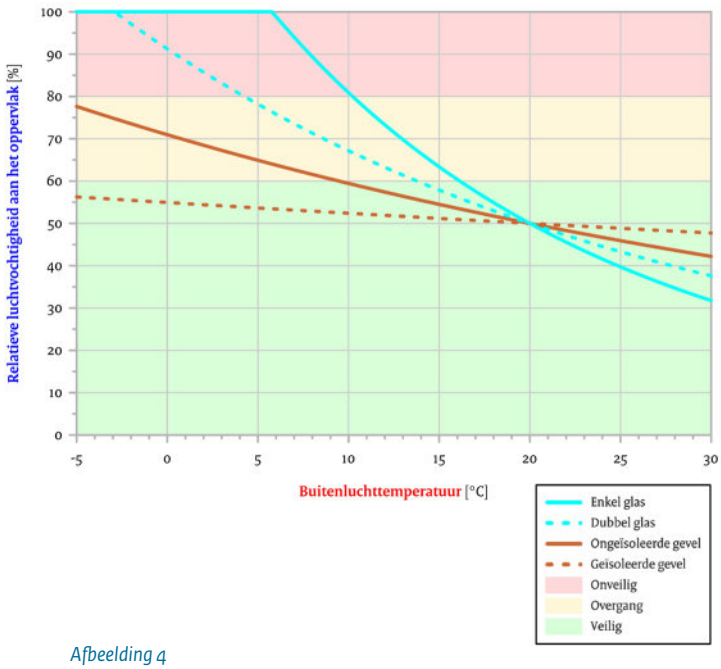


Afbeelding 3
Transmissieverlies door enkel glas

[2] Artikel 2.2 van het Besluit energieprestatie gebouwen (http://wetten.overheid.nl/BWBR0023734/2016-07-01#Afdeling2_Artikel2.2)

Ook de instandhouding van een pand noopt soms tot isoleren. Sommige constructies hebben te lijden van het binnen- of buitenklimaat waardoor er cultuurhistorische waarden verloren gaan. Door thermische isolatie worden constructies warmer (buitenisolatie) of afgeschermd van een vochtig binnenklimaat (binnenisolatie met dampremmer).

De Rijkdienst voor het Cultureel Erfgoed vindt het na-isoleren van historische gebouwen gezien de huidige maatschappelijke ontwikkelingen zeker een optie, mits op de korte termijn geen onaanvaardbaar verlies van cultuurhistorische waarden optreedt en op de langere termijn geen schade aan het monumentale gebouw ontstaat. Wordt aan deze twee voorwaarden voldaan, dan acht de Rijksdienst na-isolatie in veel gevallen acceptabel.



Afbeelding 4
De relatieve luchtvochtigheid nabij het oppervlak van enkel glas, dubbelglas, een ongeïsoleerde en een geïsoleerde gevel als functie van de temperatuur binnen (20°C), de relatieve luchtvochtigheid binnen (50%) en de buitenluchttemperatuur. Het risico op condensatie neemt af met een lagere buitenluchttemperatuur of relatieve luchtvochtigheid binnen

Activiteiten als koken en douchen leiden tot verhoging van de luchtvochtigheid. Ventileren (door bijvoorbeeld een raam te openen en buitenlucht met een lagere absolute luchtvochtigheid te mengen met de binnenlucht) herstelt de balans.

Vocht
Een van de randvoorwaarden voor na-isolatie is dat er op lange termijn geen schade mag ontstaan. Wat zijn precies de risico's?
Muren en daken bieden bescherming tegen regen en ander vocht van buiten. Door een woning te gebruiken, produceren wij ook vocht. Denk aan douchen, koken en slapen. In een ongeïsoleerde woning zitten bovendien veel naden en kieren. En de muren kunnen makkelijk vocht opnemen en afstaan. Het vocht wordt dus afgevoerd naar buiten.
Bij het na-isoleren van een woning is het zaak rekening te houden met dit vocht, anders hoopt het zich op en dat kan leiden tot bijvoorbeeld schimmelgroei. Schimmels zijn slecht voor de gezondheid en kunnen de houten constructie van het gebouw aantasten (zie brochure Schimmels in hout).

In een woning is altijd vocht aanwezig, meestal in de vorm van waterdamp in de lucht. De lucht kan een maximale hoeveelheid waterdamp opnemen. Raakt de lucht verzadigd, dan treedt condensatie op. Dit wordt uitgedrukt in een percentage: de relatieve luchtvochtigheid. Dit percentage heeft een directe relatie met de luchttemperatuur. Warme lucht kan meer vocht bevatten dan koude lucht. Wanneer vochtige warme lucht snel afkoelt op een koud oppervlak, ontstaat condensatie. Dit is duidelijk te zien bij enkele beglazing in de winter.

Afbeelding 4 toont de relatieve luchtvochtigheid nabij een oppervlak van:
- enkel glas (U=5,8 W/m²K),
- dubbelglas (U=3,6 W/m²K),
- een ongeïsoleerde gevel (R=0,3 m²K/W) en
- een geïsoleerde gevel (R=1,55 m²K/W)

bij een binnentemperatuur van 20°C, een relatieve luchtvochtigheid van 50% en een buitenluchttemperatuur van -5°C tot 30°C. De relatieve luchtvochtigheid aan het oppervlak is aangegeven in kleuren. Te zien is dat op glas bij lage temperaturen condensatie kan ontstaan, zelfs op dubbelglas. Op een ongeïsoleerde buitengevel kan bij lage buitenluchttemperaturen schimmelgroei ontstaan. Meubilair tegen zulke gevels kan dit probleem vergroten. Door de gevel na te isoleren neemt de kans op condensatie en schimmelgroei sterk af.

6. Methode en materiaal kiezen

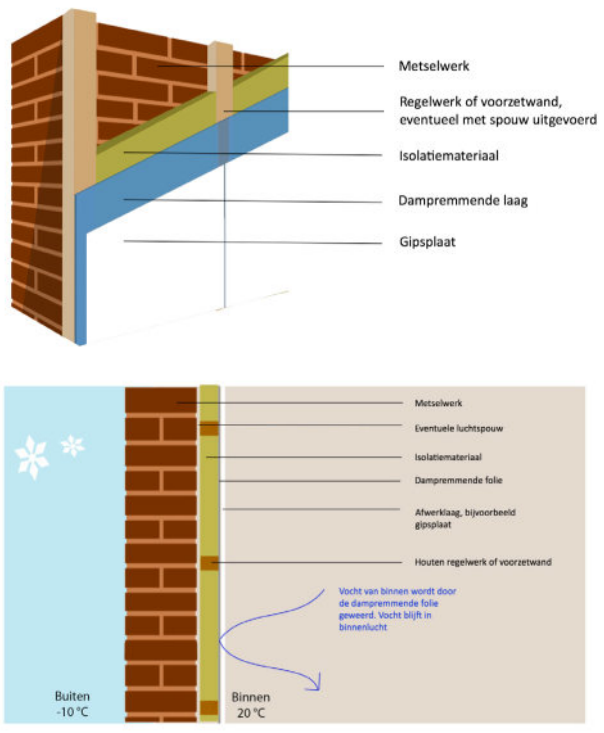
Voor de eigenaar of bewoner is het lastig een overzicht te krijgen van alle producten die er op de markt zijn. Vaak is de productinformatie commercieel verwoord, maar blijft de lezer alsnog met vragen zitten. Hier volgt een overzicht van de beschikbare methoden en materialen, voor- en nadelen en aandachtspunten bij het kiezen.

Methoden

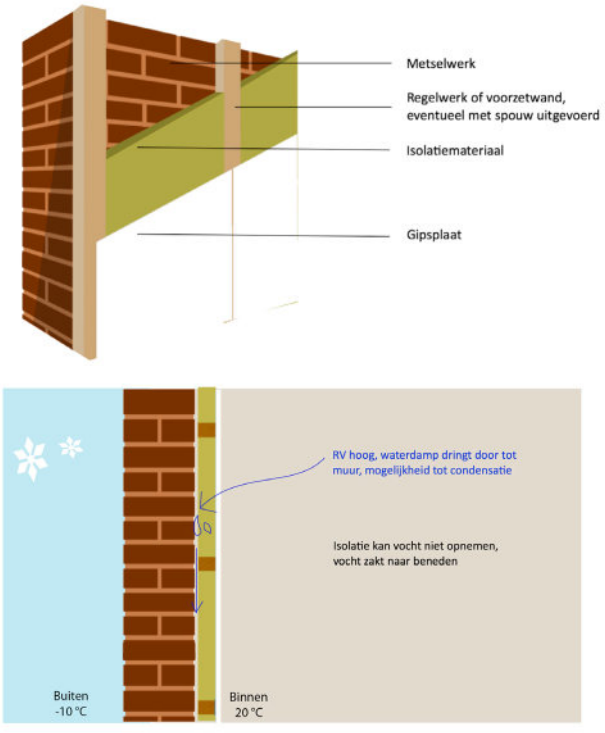
In principe zijn er vijf manieren van na-isolatie:

» **Dampdicht (of traditioneel) isoleren aan de binnenzijde**. De bestaande constructie wordt aangevuld met een isolatielaag met aan de binnen- of warme zijde een dampremmende laag, al dan niet op spouw. Daarna volgt een binnenafwerking.

» **Dampopen isoleren aan de binnenzijde.** Te vergelijken met dampdicht isoleren, maar zonder dampremmende laag. Voor buitenwanden is deze methode zeer risicovol vanwege de inwendige condensatie. Hij wordt om die reden vaak afgeraden bij monumenten.



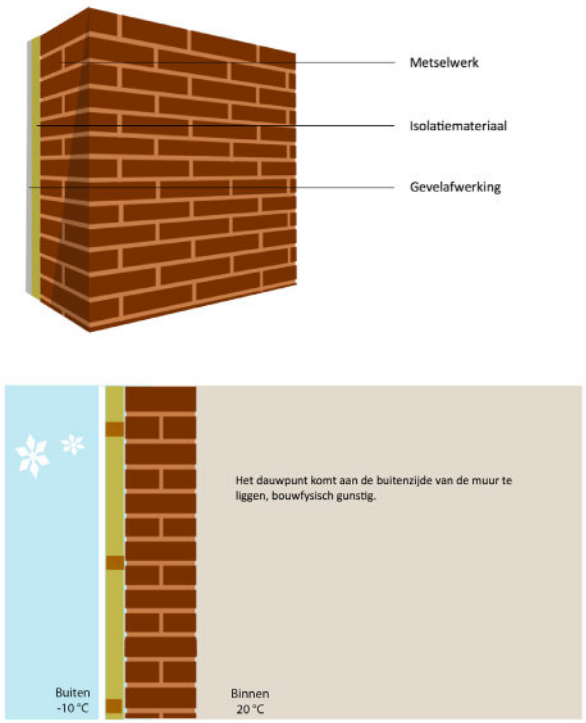
Afbeelding 5A-B
Dampdicht isoleren aan de binnenzijde



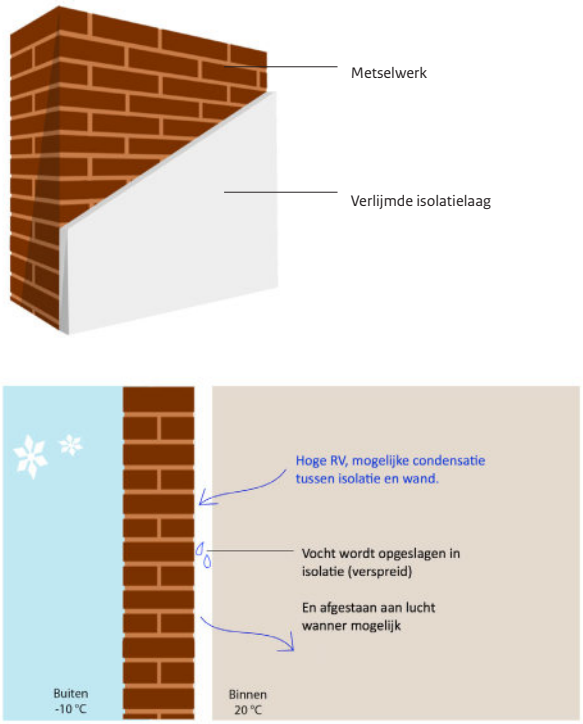
Afbeelding 6A-B
Dampopen isoleren aan de binnenzijde

» **Dampopen isoleren aan de buitenzijde.** Het isolatiemateriaal komt aan de buitenzijde, zonder dampremmende laag. Deze methode is vanwege monumentale waarden vaak niet wenselijk, omdat het beeld van het exterieur sterk wordt aangetast.

» **Capillair actief isoleren.** Op de bestaande constructie komt een nieuwe isolatielaag die in staat is waterdamp door te laten (laag waterdampdiffusieweerstandgetal, zie tabel 1). De isolatielaag wordt volledig verlijmd met de ondergrond; dus zonder spouw of luchtholtes en zonder dampremmende laag. Het isolatiemateriaal moet in staat zijn water vast te houden (hoge waterabsorptiecoëfficiënt, zie tabel 1). De ondergrond moet tegen water kunnen. Metselwerk dus wel, houtskeletbouw niet.

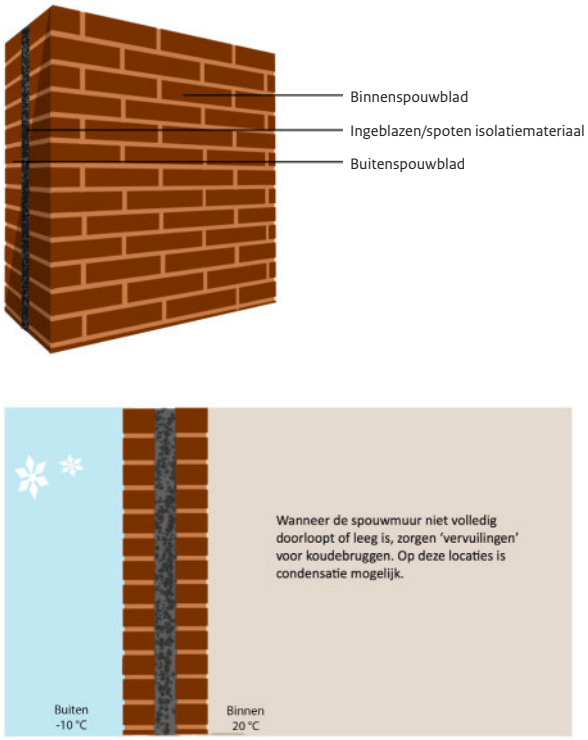


Afbeelding 7A-B
Dampopen isoleren aan de buitenzijde



Afbeelding 8A-B
Capillair actief isoleren

» **Spouwmuurisolatie.** Heeft de woning een (gedeeltelijke) spouwmuur, dan kun je die volspuiten met isolatiemateriaal. Deze methode is relatief definitief. Verwijdering achteraf is kostbaar en leidt tot schade met verlies van cultuurhistorische waarden.



Afbeelding 9A-B
Spouwmuurisolatie

Aan de buitenzijde is het vooral belangrijk te voorkomen dat het isolatiemateriaal water opneemt. Bij de spouwmuur is het belangrijk een materiaal te kiezen dat geen water kan transporteren.

Tabel 1 toont per methode welke eigenschappen het gekozen isolatiemateriaal moet hebben.

Soms zijn de eigenschappen van het isolatiemateriaal niet volledig weergegeven in het informatieblad, of helemaal niet vindbaar. Ga dan te rade bij een bouwfysisch adviesbureau.

Tabel 2 geeft per methode aan welke isolatiematerialen en eventueel dampremmende laag daarbij gebruikt worden, met aandachtspunten voor de uitvoering.

Niet alle methoden zijn geschikt om door de eigenaar of bewoner zelf te worden uitgevoerd. In bepaalde gevallen is het aan te raden het werk uit te besteden aan een gecertificeerd bedrijf met aantoonbare ervaring in historische gebouwen.

Ook zijn niet alle methoden geschikt voor alle gebouwonderdelen. Capillair actieve isolatiemethoden zijn bijvoorbeeld typisch voor wanden. Tabel 3 geeft aan welke methoden voor welk gebouwonderdeel in aanmerking komen, met de voor- en nadelen per methode.

Tabel 1

Karakterisering van beschikbare na-isolatiemethoden

Methode	Warmtegeleidings-coëfficiënt	Waterdampdiffusie-weerstandsgetal	Waterabsorptie-coëfficiënt
Dampdicht (traditioneel, binnenzijde)	Laag, typisch λ≈0,03-0,04 W/mK	Zeer hoog, meestal door toepassing van een dampremmende laag, typisch μ>60.0000	n.v.t.
Dampopen (binnenzijde)	Laag, typisch λ≈0,03-0,04 W/mK	Laag, typisch μ=5-50	n.v.t.
Dampopen (buitenzijde)	Laag, typisch λ≈0,03-0,04 W/mK	Laag tot matig, typisch μ=20-100	Laag
Capillair actief (binnenzijde)	Matig, typisch λ≈0,06-0,065 W/mK	Laag, typisch μ=5-15	Hoog, A>0,2 kg/m^{2}s$^{1/2}$
Spouwmuur (niet partieel)	Laag, typisch λ≈0,03-0,04 W/mK	Laag tot matig, typisch μ=1-200	Laag

Tabel 2

Na-isolatiemethoden, materialen en aandachtspunten

Methode	Materialisatie	Zelf doen	Aandachtspunten
Dampdicht (traditioneel, binnenzijde)	Isolatie, zoals PUR PIR, EPS, XPS of minerale wol met dampremmende laag, bij voorkeur zonder spouw (detail)	Ja, mits uitvoeringskwaliteit voldoende hoog is	Dampremmende laag aan de warme zijde toepassen. Indien mogelijk slimme dampremmende laag gebruiken
Dampopen (binnenzijde)	Isolatie, zoals minerale wol zonder dampremmende laag	Ja, mits uitvoeringskwaliteit voldoende hoog is	Niet toepassen bij buitenwanden vanwege inwendige condensatie
Dampopen (buitenzijde)	Isolatie die geen water opneemt, bijvoorbeeld XPS	Nee	Voorkom beschadiging van de isolatie
Capillair actief (binnenzijde)	Isolatie moet water kunnen absorberen, bijvoorbeeld calcium silicaat	Nee, dit vergt ervaring met het product	Niet alle producten zijn capillair actief. Het materiaal moet in staat zijn water op te nemen. Er mogen nooit holtes of een spouw zijn
Spouwmuur (niet partieel)	Isolatie zonder capillair transport, bijvoorbeeld steenwol, XPS, PUR	Nee	Spouwmuurisolatie is vrij definitief. Verwijderen is niet mogelijk zonder aanzienlijke kosten en schade met verlies van cultuurhistorische waarden

Tabel 3

Geschikte na-isolatiemethoden voor afzonderlijke gebouwonderdelen

Gevelonderdeel		Methode	Voordelen	Nadelen
Dak	Buitenzijde	Dampdicht	» Bouwfysisch de beste oplossing » Behoud esthetische kwaliteit aan de binnenzijde » Bescherming bestaand materiaal, want geen risico's op condensatie	» Verandering van aansluitdetails, beperk de maximale dikte. » Hogere kosten doordat dakbedekking moet worden verwijderd en teruggeplaatst, vooral wanneer geen sprak is van een natuurlijk vervangmoment
	Binnenzijde	Dampdicht	» Bouwfysisch goede oplossing, mits dampremmende laag luchtdicht kan worden uitgevoerd » Eenvoudig aan te brengen » Geen aanvullende kosten door verwijderen en terugplaatsen van bestaande dakbedekking, steiger, enzovoorts	» Dampremmende laag kan bij zichtwerk van sporen niet eenvoudig worden doorgezet » Vergt secure uitvoering. Dampdichte lagen moet ook luchtdicht zijn » Invloed op de esthetische waarden » Genereert veel koudebruggen
Zolder	Buitenzijde (bovenzijde, op de vloer of van bovenaf tussen de vloer)	Dampdicht	» Bouwfysisch goede oplossing.	» Vloerhoogte neemt toe. Dampremmende laag lastig door te zetten wanneer van bovenaf wordt gewerkt » Vergt secure uitvoering. Dampdichte lagen moeten ook luchtdicht zijn » Inkorten van deuren en kozijnen
		Dampopen	» Eenvoudig aan te brengen » Geen lastige uitvoering van een dampremmende laag	» Bij te dampdichte afwerking aan de koude zijde kan alsnog inwendige condensatie ontstaan wanneer de temperatuur op zolder laag is
	Binnenzijde	Dampdicht	» Bouwfysisch goede oplossing » Dampremmende laag beter door te zetten	» Invloed op esthetische elementen, zoals bijzondere plafonds
		Dampopen	Af te raden	

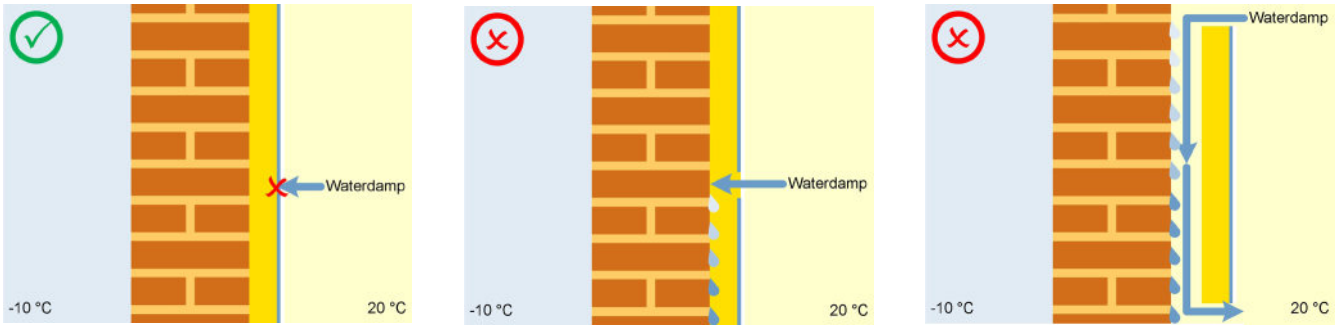
Tabel 3 (vervolg)

Geschikte na-isolatiemethoden voor afzonderlijke gebouwonderdelen				
Gevelonderdeel		**Methode**	**Voordelen**	**Nadelen**
Gevel	Binnenzijde	Dampdicht	» Inwendige condensatie wordt voorkomen, mits ook luchtdicht » Goede oplossing mits de dampremmende laag luchtdicht kan worden aangebracht » Eenvoudig aan te brengen	» Genereert veel koudebruggen » Vergt een secure uitvoering. Dampdichte lagen moet ook luchtdicht zijn » Aansluitingen van balkkoppen zijn aandachts-punten » Esthetische gevolgen aan de binnenzijde
		Capillair actief	» Vochtgedrag van de woning blijft nagenoeg ongewijzigd » Koudebruggen door balkopleggingen iets minder problematisch	» Afwerking aan de binnenzijde moet dampopen blijven. Dit vraagt besef van bewoner (en communicatie bij wijziging gebruiker) » Materiaal moet volledig contact hebben met een vlakke ondergrond. Dat kan bij gebruik van plaatmateriaal verlies van waarden betekenen, door het vlak maken van de ondergrond » Esthetische gevolgen aan de binnenzijde
		Dampopen	Af te raden	
	Spouw	Dampopen	» Alleen onder voorwaarden toe te passen. (zie pagina 23)	
	Buitenzijde	Dampopen	» Bouwfysisch de beste oplossing.	» Beschadigingen aan de buitenzijde moeten voorkomen worden » Waterindringing moet voorkomen worden » Vaak niet mogelijk in verband met veel cultuurhistorische waarden aan buitenzijde
Venster		Zie Gids Cultuurhistorie 21: Historische vensters isoleren (2012)		
Vloer	Buitenzijde (bovenzijde, op de vloer)	Dampdicht	» Inwendige condensatie wordt voorkomen, mits ook luchtdicht	» Verhoging van de vloer met aanpassing aan deuren en interieuronderdelen » Bestaande constructie wordt kouder
		Dampopen	Af te raden	
	Binnenzijde (onderzijde, tussen of onder de vloer)	Dampdicht	» Bouwfysisch beste oplossing, mits van bovenaf gewerkt kan worden	» Vergt een secure uitvoering. Dampdichte lagen moet ook luchtdicht zijn. » Alleen als de vloerdelen verwijderbaar zijn zonder verlies van monumentale waarden, kan van bovenaf gewerkt worden
		Dampopen	» Bouwfysisch goed oplossing » Eenvoudig aan te brengen,	» Werkhoogte van circa 50 cm nodig
Bodem		Waterdicht	» Eenvoudig aan te brengen.	» Mogelijk ontstaan of toename van optrekkend vocht in de wanden
		Dampopen	» Eenvoudig aan te brengen.	» Mogelijk nog steeds een hoge relatieve luchtvochtigheid in de kruipruimte

Tabel 4

Veelvoorkomende isolatiematerialen met hun warmte- en vochteigenschappen

Materiaal		Warmtegeleidings-coëfficiënt	Waterdampdiffusie-weerstandgetal	Waterabsorptie-coëfficiënt
		(λ) [W/mK]	(μ) [-]	A [kg/m^{2}s$^{1/2}$]
Traditioneel	Kurk	0,04-0,045	5-30	
	Cellenglas (schuimglas)	0,042	5000-7000	
	Glaswol	0,04	1,2	0
	Steenwol	0,04	1,5	0
	EPS (piepschuim)	0,035	15-200	1×10^{-5}
	XPS	0,030	200-250	0
	PUR/PIR	0,030	60-80	0
Modern	Aerogel	0,013	3-5	0
	Vacuüm paneel	0,007	$1,5\times10^{6}$	8×10^{-6}
Capillair actief	Calcium silicaat	0,06	6-9	0,8-1,1
	Houtvezelplaat	0,045	10-16	0,2-0,3



Afbeelding 10A-C
A: een binnenzetconstructie zonder spouw met dampremmende laag waarbij het waterdamp niet de constructie kan binnendringen, B: een binnenzetconstructie zonder spouw met geperforeerde dampremmende laag met als gevolg inwendige condensatie door dampdiffusie, C: een niet luchtdichte binnenzetconstructie op spouw met als gevolg oppervlaktecondensatie door dampdiffusie of convectief damptransport

Materialen

Isolatiematerialen beperken het warmteverlies. Tabel 4 toont van een aantal isolatiematerialen de warmtegeleidingscoëfficiënt. Deze varieert globaal van 0,03 tot 0,065 W/mK.

Het risico van isoleren schuilt in de effecten op het vochttransport. Tabel 4 vermeldt daarom voor elke isolatiemethode ook de waterdampdiffusieweerstandsgetallen. Daarin is de spreiding veel groter dan bij de warmtegeleidingscoëfficiënt. Deze getallen zijn heel belangrijk om het risico op vochtschade te kunnen beoordelen, waarbij ook de dikte sterk meetelt. Het gaat dan om dikte keer waterdampdiffusieweerstandgetal, de zogeheten Sd- of mu-d-waarde.

Is de Sd-waarde laag, zoals 8 centimeter steenwol, dan kan waterdamp makkelijk door dit materiaal heen dringen (diffunderen). Komt de damp vervolgens een koud oppervlak tegen, zoals een gemetselde gevel in de winter, dan kan daar condensatie ontstaan. Is de Sd-waarde hoog, zoals 8 centimeter schuimglas, dan kan waterdamp moeilijker door dit materiaal diffunderen. Er is dan geen kans op inwendige condensatie.

Er zijn ook materialen die tussen dampopen en dampdicht in zitten, zoals EPS en XPS. Bij die materialen hangt het sterk af van het buiten- en vooral het binnenklimaat of er inwendige condensatie kan optreden. Dat moet per geval worden bekeken, bijvoorbeeld door een bouwfysicus met expertise in monumentale gebouwen. Kies bij twijfel altijd voor een dampremmende laag of eventueel een slimme dampremmende laag, die waterdamptransport van binnen naar buiten tegen te gaat. Zonder dat kan waterdamp heel makkelijk doordringen en condenseren op de koude buitenmuur, die bij een historisch pand meestal massief is. Dit kan tot schades leiden. Meestal gebeurt dit op plekken die onzichtbaar zijn of onverklaarbaar. Dit komt doordat het condenswater op een vreemde manier afstroomt en ergens anders problemen veroorzaakt. (Afbeelding 10).

Een dampremmende laag kan dit voorkomen, op voorwaarde dat deze luchtdicht is aangebracht. Anders wordt de dampremmende laag als het ware kortgesloten en kan er alsnog waterdamp de

Tabel 5

Veelvoorkomende waterkerende en dampremmende lagen met hun vochteigenschappen

Materiaal	Dikte	Dampdiffusie-weerstandgetal	Sd-waarde
	(d) [mm]	(μ) [-]	[m]
Polyvinylchloride-folie	0,1	9.000-45.000	0,9-4,5
Polyetheen-folie	0,1	45.000-140.000	4,5-14
Polyethyleen folie (tape)	0,1	65.000	6,5
Polyethyleen folie	0,3	34.000	10,2
Polyesterfolie	0,1	14.000	1,4
Polystyreenfolie	0,1	40.000	4
2 lagen dakleer +3 lagen bitumen	5,0	700.000	70



Afbeelding 11
Onzorgvuldig aangebrachte dampremmende laag met scheur. Dit is een veelvoorkomende oorzaak van vochtschade. Andere oorzaken zijn een te weinig of slecht hechtende overlap en doorboringen

constructie binnendringen. Tabel 5 biedt een overzicht van veel voorkomende dampremmende lagen.

Het voordeel van een dampremmende laag is direct ook een nadeel. Als er onverhoeds waterdamp in de constructie komt - bijvoorbeeld door een iets vochtiger binnenklimaat dan aangenomen of door een fout tijdens de uitvoering (bijvoorbeeld een scheur in de folie, Afbeelding 11), kan het water niet weg.

De dampremmende laag zal belemmeren dat de waterdamp de constructie kan verlaten in de zomer. Een slimme dampremmende laag kan hier uitkomst bieden. Deze heeft in de wintermaanden een hoge en in de zomermaanden juist een lage waterdampdiffusieweerstand. Dit kan gunstig zijn, want in de winter moet het transport van waterdamp van de binnenruimte in de constructie worden *voorkomen* en in de zomer moet het transport van waterdamp van de constructie naar de binnenruimte worden *bevorderd*. In de winter is de 'slimme' laag dus beter in staat condensatie te voorkomen en in de zomer kan er toch beperkte droging naar binnen toe plaatsvinden.

Duurzame isolatiematerialen

Door de lage warmtegeleidingscoëfficiënt en daaruit voortvloeiende hoge warmteweerstand leveren isolatiematerialen een positieve bijdrage aan het milieu. Door goed te isoleren is minder fossiele brandstof nodig om huizen te verwarmen en daalt de CO_2-uitstoot. Ergo: een vermindering van de milieubelasting en verlaging van de *carbon footprint*. De productie van isolatiematerialen vergt echter ook grondstoffen en energie. Met een LCA (Life Cycle Assessment) is de milieubelasting van het maken van een product te kwantificeren met medeneming van zo veel mogelijk aspecten, zoals het delven van grondstoffen, het transport tot en met de verwerking wanneer het sloopafval is. In Nederland heeft het Nederlands Instituut voor Bouwbiologie en Ecologie (NIBE)

voor vele isolatiematerialen zulke assessments[3] gemaakt. Het instituut hanteert zeven klassen:

» Klasse 1: beste keuze
» Klasse 2: goede keuze
» Klasse 3: aanvaardbare keuze
» Klasse 4: minder goede keuze
» Klasse 5: af te raden keuze
» Klasse 6: slechte keuze
» Klasse 7: onaanvaardbare keuze

De resultaten van de assessments zijn soms verrassend. Zo leek schapenwol tot voor kort een heel duurzaam product. Dat was het ook toen het nog een restproduct was. Tegenwoordig worden schapen gehouden voor hun wol, en het reinigen van de wol is milieu belastend. Daardoor heeft wol nu een NIBE-classificatie 7 (onaanvaardbare keuze) ongeacht de plaats waar het wordt toegepast. Steenwol daarentegen scoort zeer goed met een NIBE-classificatie 1 (beste keuze). Daarmee is steenwol een van de duurzaamste bouwmaterialen. De plaats van toepassing heeft soms ook invloed op de classificatie. Dat komt dan doordat er ook nog energie moet worden gestopt in hulpvoorzieningen en dergelijke. Zo krijgen pentaan geblazen PIR-platen in een plat dak, een spouwmuur en een binnenwand respectievelijk een NIBE-classificatie 1, 2 en 3.

Duurzaamheid: voorbeeld voorzetwand

Stel, er is gekozen voor een voorzetwand aan de binnenzijde.
Is het doel voornamelijk energiebesparing, dan moet de isolatie een lage warmtegeleidingscoëfficiënt hebben en voldoende dik zijn. Een 5 cm dikke pentaan geblazen PIR-plaat (λ=0,022-0,035 W/mK) met een waterkerende laag aan de koude zijde en een voldoende dampremmende en luchtdichte laag aan de warme zijde, verlaagt de R_c-waarde met 2,3-1,4 m²K/W. De NIBE-classificering is 3c en daarmee een aanvaardbare keuze.
Is het doel voornamelijk duurzaamheid in de zin van verminderde milieubelasting en verlaging van de carbon footprint, dan weegt de (lage) NIBE-classificering zwaar mee. Een 5 cm dikke minerale woldeken (λ=0,04 W/mK) in een stijl en regelwerk met een waterkerende laag aan de koude zijde en een voldoende dampremmende en luchtdichte laag aan de warme zijde, verlaagt de R_c-waarde met 1,25 m²K/W. Energetisch een wat minder goede keuze. Maar de NIBE-classificering is 1a en daarmee vanuit oogpunt van duurzaamheid de beste keuze, ondanks de geringere thermische prestatie.

Brandveiligheid

Brandveiligheid bij historische gebouwen is een belangrijk aandachtspunt. Het inbrengen van bouwmaterialen vergroot de vuurbelasting . Het is belangrijk dat een brand zo weinig mogelijk effect heeft op de toegepaste isolatiematerialen zodat de gevolgen van brand voor het monument worden beperkt. Voor het bereiken van dit doel zijn de eisen in de regelgeving niet toereikend. Bouwmaterialen zijn in de regelgeving ingedeeld volgens Euro-brandklassen: van A1 (onbrandbaar), A2, B, C, D, tot E (zeer brandbaar) en F (niet getest). Pas isolatiematerialen toe met een brandklasse A1, A2 of B, gekenmerkt als ten minste moeilijk ontbrandbaar.

Van ideale naar optimale isolatiedikte

Gaat het erom zo veel mogelijk energie te besparen, dan ligt een zo dik mogelijk isolatiepakket voor de hand. Maar let op. In economische zin heeft de toegepaste dikte een zekere terugverdientijd (TVT). Voor de duurzaamheid zijn hier twee zaken van belang. Ten eerste levert een isolatiepakket een verlaging van het transmissieverlies op waardoor minder (fossiele) brandstoffen nodig zijn om een gebouw te verwarmen. Ten tweede betekent dikker isolatiemateriaal meer gebruik van grondstoffen die met (fossiele) brandstoffen worden verwerkt tot isolatiemateriaal. Ideaal is dus een dikte waarbij de energiebesparing door isolatie even groot is als de energietoename voor de productie van de isolatie. Voor Nederland is dat aan de binnenzijde ongeveer 5-14 centimeter en aan de buitenzijde ongeveer 15-35 centimeter steenwol.

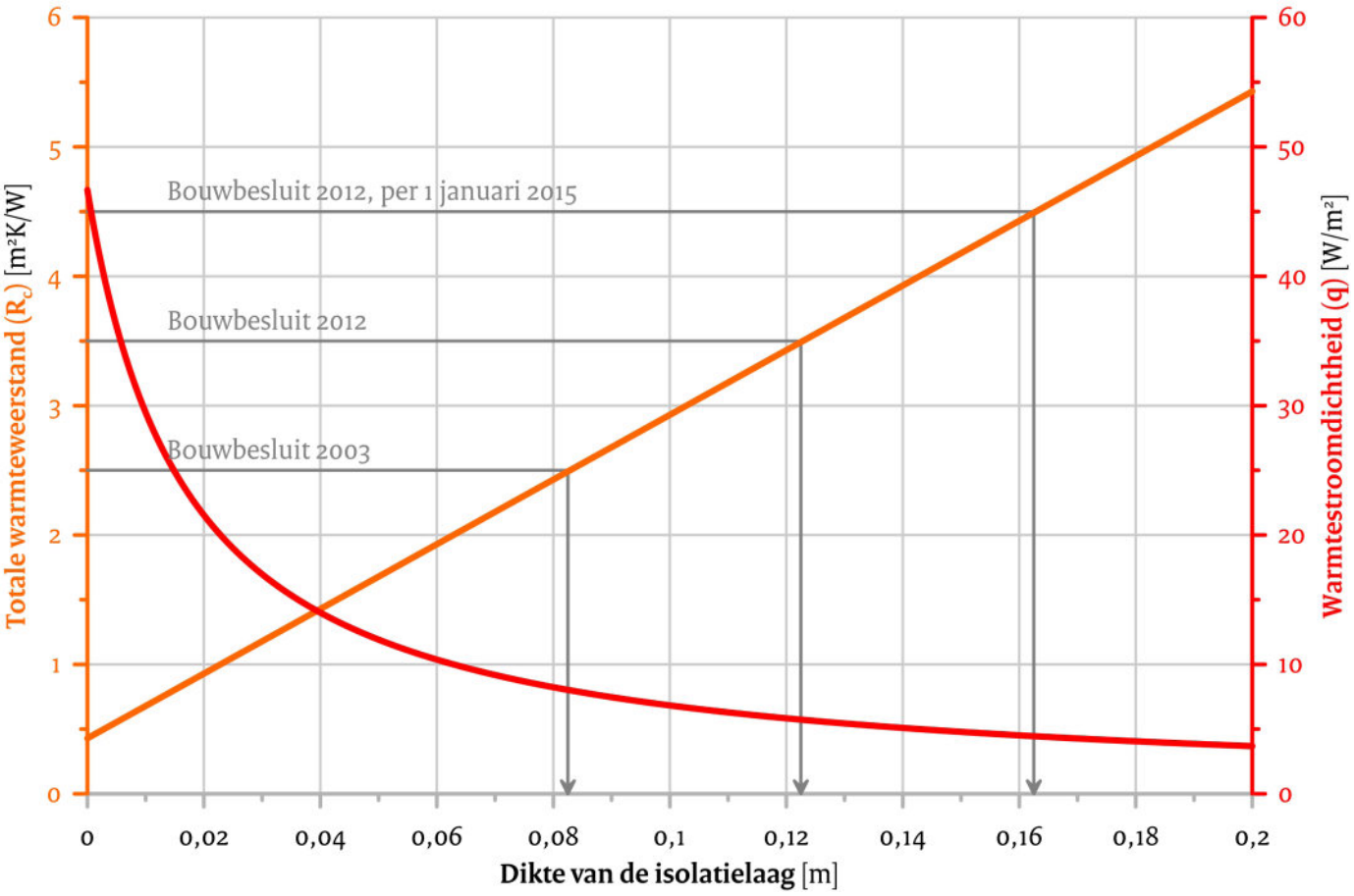
In beschermde monumenten is die dikte echter problematisch. Een dik isolatiepakket geeft praktische problemen en heeft vooral een groot waardeverlies tot gevolg. Daarmee wordt dus niet voldaan aan de doelstelling om monumentale waarden te behouden. Uit oogpunt van monumentale waarde zal het pakket dus veel dunner moeten zijn. De dikte wordt dan bepaald door de beschikbare dikte binnen het detail. Doorgaans is dat 5 centimeter.

Isolatiedikte en het Bouwbesluit

In de aflopen jaren is voor nieuwbouw de eis van de warmteweerstand (R_c-waarde) steeds verder opgeschroefd. Het Bouwbesluit 2012 eist een R_c-waarde van 3,5 m²K/W voor de hele schil. Die eis wordt gedifferentieerd naar type constructie:

» vloer: R_c-waarde minimaal 3,5 m²K/W;
» gevel: R_c-waarde minimaal 4,5 m²K/W;
» dak: R_c-waarde minimaal 6,0 m²K/W.

[3] Voor meer informatie over de gebruikte methode: http://www.nibe.info/nl/methode



Afbeelding 12 (50%)

R_c-waarden-eisen uit het Bouwbesluit en het gevolg voor de dikte van de isolatielaag en de daarmee gepaard gaande energiestroom

Afbeelding 12 laat zien welke isolatiedikte nodig is om de geëiste warmteweerstand te realiseren[4]. Was dat in 2003 nog iets meer dan 8 centimeter, sinds 2015 is het ruim 16 centimeter. Een verdubbeling. Het is dus zaak argumenten te verzamelen vanuit de cultuurhistorische waardestelling van het gebouw om de isolatiedikte te minimaliseren: de maximale dikte is de dikte die de monumentale waarde niet aantast.

Om die reden kijken we niet naar de toename van de warmteweerstand, maar naar de verlaging van de energiestroom door een vierkante meter geïsoleerde muur: de warmtestroomdichtheid. Terwijl de warmteweerstand lineair toeneemt met de dikte (de helling van de oranje lijn blijft hetzelfde), neemt de warmtestroomdichtheid exponentieel af met de toename van de dikte (de helling van de rode lijn wordt steeds minder steil) (zie Afbeelding 12). Elke centimeter extra isolatie is dus steeds minder effectief. Kortom: de eerste centimeters zorgen voor een grote reductie van de energiestroom. Maar dat effect wordt steeds kleiner en er moet verhoudingsgewijs steeds meer isolatiemateriaal toegevoegd worden om nog een merkbare besparing te realiseren. In historische gebouwen die ongeïsoleerd zijn, leveren de eerste paar centimeters al een enorme winst op. Isoleren volgens de eisen uit het Bouwbesluit is dus meestal ongewenst en op [redacted] is van artikel 1.13 zelfs onnodig.

[4] De benodigde isolatiedikte is berekend door een droge metselwerk muur met een warmtegeleidingscoëfficiënt van 0,7 W/mK en een dikte van 30 centimeter te voorzien van een toenemende isolatie van minerale wol met een warmtegeleidingscoëfficiënt van 0,04 W/mK zonder verdere afwerkingslagen. De warmtestroomdichtheid is voor deze constructie bepaald bij een temperatuurverschil van 20°C.

7. Aandachtspunten

Algemene uitgangspunten monument

» Een beschermd monument hoeft niet per definitie te voldoen aan de eisen van het Bouwbesluit 2012.
» Bepaal voorafgaand aan werkzaamheden eerst de cultuurhistorische waarden en technische toestand van het pand.
» De eerste centimeters isolatie geven de grootste reductie van warmteverlies.
» Vanwege cultuurhistorische waarden en detaillering is een isolatiepakket van circa 5 centimeter vaak het uitgangspunt.

Algemene bouwfysische uitgangspunten

» Zorg voor een voldoende dikke en correct uitgevoerde thermische isolatie.
» Zie erop toe dat de gebouwschil luchtdicht is.
» Zorg voor een gecontroleerde, regelmatig onderhouden gebouwventilatie.

Gevolgen van na-isolatie

Energiebesparing is een van de belangrijkste redenen om te isoleren. Die wordt eenvoudig bereikt door de hoge warmteweerstand van isolatiematerialen tegen warmtegeleiding. Door isolatie-ingrepen verandert ook het hygrothermisch evenwicht. Soms is dat gewenst. Wanneer er bijvoorbeeld plaatselijk te veel waterdamp condenseert, zorgt thermische isolatie voor een verhoging van de oppervlaktetemperatuur waardoor condensatie uitblijft. Ook het thermisch comfort neemt toe.

Isolatie kan een aantal negatieve effecten hebben. Door het isoleren van monumentale constructies kunnen koudebruggen ontstaan. Zo kunnen houten of stalen balken van vloeren, kozijnen of spantbenen de isolatielaag doorbreken en een koudebrug vormen. Afhankelijk van het binnenklimaat kan op deze constructieonderdelen waterdamp condenseren of er kan zelfs inwendige condensatie optreden met alle gevolgen van dien.
Isolatie zorgt ook voor kierdichting. Hierdoor vermindert de infiltratie van buitenlucht en zijn wellicht aanvullende natuurlijke of mechanische ventilatievoorzieningen nodig. Het aanbrengen van zulke voorzieningen heeft weer effect op het monumentale gebouw.

Tabel 6 beschrijft een aantal effecten van na-isolatie. Elk effect heeft een gevolg. Dat kan positief of negatief zijn. Voor elk gevolg is een oorzaak te noemen.

Afbeelding 13 laat zien hoe na-isolatie negatieve gevolgen kan hebben. In dit voorbeeld is een spouwmuur na-geïsoleerd. Dat hoeft geen probleem te zijn, zolang aan een aantal voorwaarden is voldaan. Zo moet onder andere de buitengevel in goede staat verkeren, de steen niet vorstgevoelig zijn en niet dampdicht zijn afgewerkt. Daarnaast mag het vulmateriaal niet capillair zijn en moet het patroon van vullen voldoende dicht zijn. In dit voorbeeld werd niet aan de eerste drie voorwaarden voldaan, met onherstelbare schade tot gevolg. Overigens komen spouwmuren in historische gebouwen niet veel voor en zijn ze vaak partieel, wat het lastig maakt om ze goed te vullen.

Plaats van de isolatie

Vanuit de bouwfysica is isoleren aan de buitenzijde van een pand het gunstigst. De kwetsbare constructieonderdelen bevinden zich altijd aan de warme zijde van de isolatielaag. Je loopt dus niet het risico dat het materiaalvochtgehalte of de relatieve luchtvochtigheid nabij het binnenoppervlak stijgt. Maar omdat de monumentale waarden grotendeels aan de buitenkant van het pand zitten, is isolatie daar meestal niet mogelijk.
Isolatie aan de binnenzijde vergt vanuit de bouwfysica en het behoud van het monument extra aandacht als het gaat om detaillering en uitvoeringskwaliteit (zie hierna). Anders is schade op termijn onvermijdelijk. Een bouwfysische toets vooraf is aan te bevelen. Vooral bij isolatie aan de binnenzijde kan zo'n toets een hoop ellende voorkomen.

Detaillering en uitvoeringskwaliteit

Bij het isoleren van een monumentaal pand – of het nu gaat om wanden, daken, vloeren of fundering – is de detaillering van groot belang om schade te voorkomen. Een belangrijk aandachtspunt bij isoleren zijn de koudebruggen. Die kunnen leiden tot inwendige of oppervlaktecondensatie door dampdiffusie en convectief vochttransport. Dampdiffusie is bij koudebruggen moeilijk te



Afbeelding 13
Vorstschade aan een buitengevel waarvan de spouw is nagevuld. Door een te zachte kwaliteit van de baksteen ontstond vorstschade. Om de wateropname te reduceren is de buitengevel gehydrofobeerd. Hierdoor verergerde het probleem (foto: H.C. Badoux)

Tabel 6

Effecten en gevolgen van na-isolatie

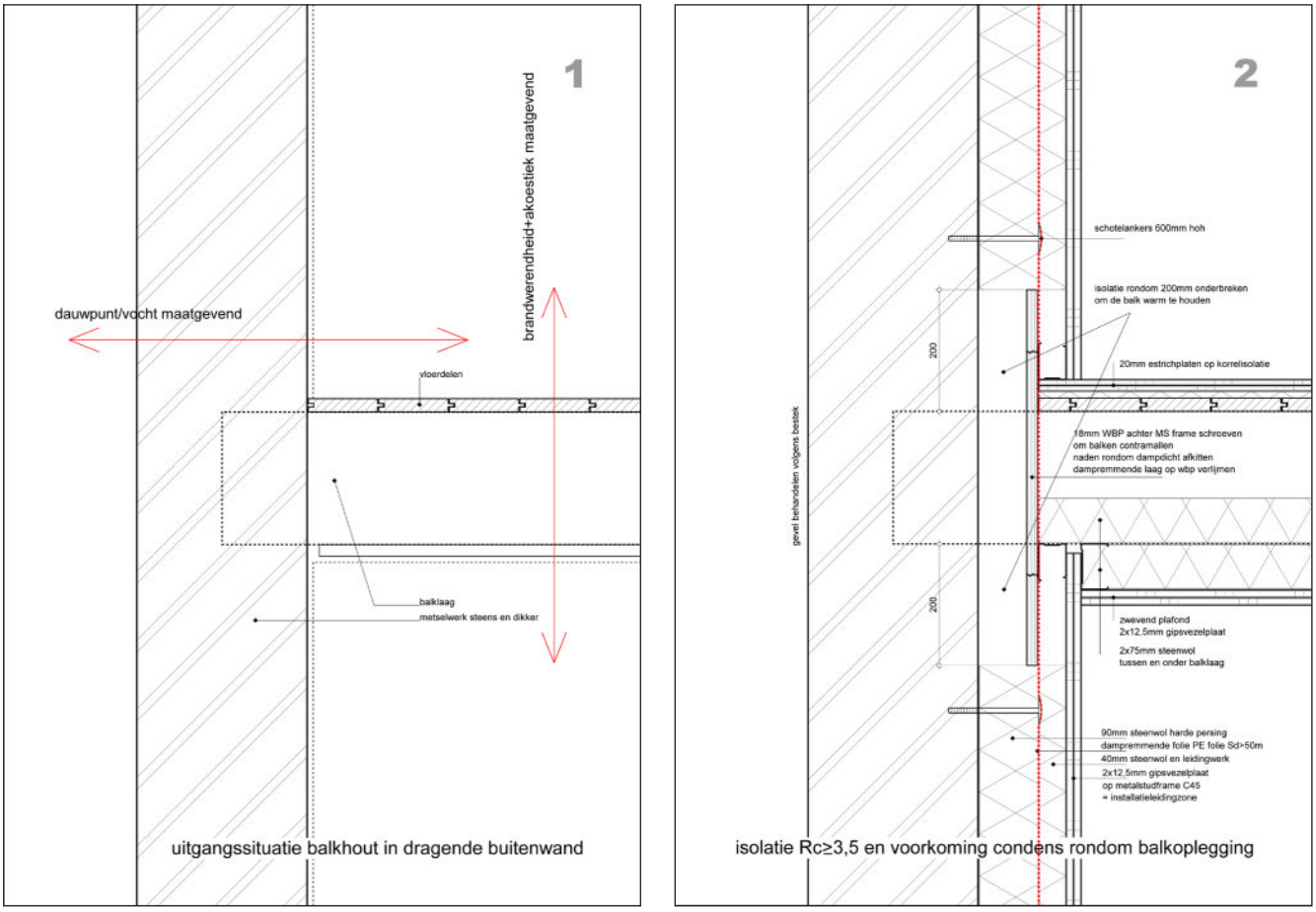
Effect	Gevolg	Oorzaak
Verlaging energieverlies	Lagere energierekening	Door na te isoleren wordt de weerstand tegen energietransport verhoogd. Energie blijft dus beter in de woning.
Verhoging temperatuur binnenblad	Vermindering condens	Waterdamp uit de lucht zal minder snel condenseren bij een hogere temperatuur.
	Verhoging comfort	Aanwezige mensen zullen minder energie uitstralen naar deze oppervlakken
Verlaging temperatuur buitenblad	Scheurvorming	De temperatuurverschillen nemen toe, waardoor materialen meer gaan verlengen en verkorten. Hierdoor kunnen spanningen ontstaan die tot scheurvorming kunnen leiden.
	Langzamere droging	Water verdampt langzamer bij een lagere temperatuur
Verhoging materiaalvochtgehalte	Vorstschade	Wanneer materialen langer nat zijn, neemt de kans op vorstschade toe. Wanneer materialen vochtiger worden, neemt de kans op vorstschade toe.
	Alg- en mosgroei	Algen en mossen hebben een voorkeur voor plekken die langer nat blijven.
	Schimmelvorming	Om te groeien hebben schimmels voeding, zuurstof, water en energie nodig. Voeding zijn de organische bouwmaterialen, zuurstof zit in de lucht, en temperatuur en water komen uit de omgeving (hoge relatieve luchtvochtigheid of regenwater).
	Houtrot	Sommige schimmels hebben een voorkeur voor hout.
Vergroting stralingasymmetrie	Vermindert comfort	Wanneer het lichaam niet gelijkmatig wordt aangestraald, voelen mensen zich minder comfortabel

vermijden. Convectief damptransport is wél tegen te gaan door zorgvuldig te detailleren en minstens zo belangrijk: een zorgvuldige uitvoering. Juist op dat punt gaat het vaak mis. Zeker bij functies met een hoge vochtbelasting, zoals wonen en gebruik als museum, is isolatie af te raden wanneer een zorgvuldige uitvoering niet gewaarborgd kan worden.

Koudebruggen

In monumentale gebouwen zal na-isolatie meestal aan de binnenzijde gebeuren. Vaak zijn in scheidingsconstructies isolatielagen plaatselijk doorbroken door een materiaal met een grotere warmtegeleidingscoëfficiënt. Zo ontstaat een koudebrug (ook wel: warmtebrug of warmtelek), een punt- of lijnvormige onderbreking van de isolatielaag. De warmtestroomdichtheid neemt op die plek toe, waardoor de temperatuur daalt. Voorbeelden van koudebruggen zijn verankeringen (zoals spouwankers), delen van een draagconstructie die door de isolatie heen steken (zoals een stalen of houten balk opgelegd in de gevel) en uitkragingen (zoals balkons en overstekken).
Koudebruggen vragen grote aandacht:
» Ze vergroten het warmteverlies door transmissie.
» Aan het binnenoppervlak ter hoogte van de koudebrug zal de temperatuur lager zijn. Let op dat daar geen condensatie en hoge relatieve luchtvochtigheden optreden.
» Door het grote temperatuurverloop in een koudebrug ontstaan spanningen die tot scheurvorming kunnen leiden.

Idealiter worden koudebruggen dus vermeden. Waar ze onvermijdelijk zijn, moet zorgvuldig nagedacht worden over de consequenties. Balkkoppen en vensteraansluitingen, maar ook aansluitingen van binnenmuren op de buitenmuren, zijn bekende koudebruggen. Het nadelige effect kan verminderd worden door de con-



Afbeelding 14A-B

Mogelijke oplossing om het koudebrugprobleem te verkleinen of te vermijden: rondom de balkkop wordt 20 centimeter vrij gehouden, zodat het temperatuurprofiel en daarmee ook het vochtprofiel niet of nauwelijks wijzigt (bron: Matthe Treijtel BV Stadsherstel Maassteden/Climatic Design Consult)

structie 'in te pakken' met een isolerend materiaal, zoals bij binnenmuuraansluitingen. In de dagkanten van vensters kan soms ook een dunne laag isolatie van bij voorkeur 20 millimeter of meer het warmteverlies en condensatierisico beperken. Balkkoppen zijn lastiger. Afbeelding 14A-B toont een mogelijke oplossing voor het bouwfysisch risico van balkkoppen. Rondom de balkkop wordt de isolatie niet doorgezet, waardoor de balkkop relatief warm blijft. Het energieverlies is hierdoor wel groter. Overleg altijd met een bouwfysisch adviseur om het optimum tussen instandhouding en duurzaamheid te bereiken. Ook capillair actieve isolatie lijkt het vochtgedrag rondom een balkkop gunstig te beïnvloeden.

Luchtdichtheid

Bij het dampdicht isoleren is het belangrijk dat waterdamp niet eenvoudig de constructie kan binnendringen. Dat vraagt om een laag die voldoende weerstand biedt tegen waterdamptransport. Dit kan een dampremmende folie zijn of een isolatielaag met voldoende dampremming. De dampremmende laag moet aan twee voorwaarden voldoen: (1) het waterdampdiffusieweerstandsgetal is groter dan 60.000 of de S_d-waarde is tussen de 5 en 25 m en (2) de dampremmende laag is luchtdicht.
Convectief vochttransport is veel beter in staat waterdamp te transporteren dan waterdampdiffusie. Er mag daarom geen lucht van binnen naar buiten stromen via naden, kieren en holten in de constructie. Dat zit hem niet alleen in de dampremmende laag zelf, die niet geperforeerd mag worden tijdens het aanbrengen of

later, bijvoorbeeld bij het ophangen van een schilderij. Het zit vooral in de aansluiting van de dampremmende laag op de bestaande constructie. De dampremmende lagen moeten dus altijd gecontroleerd worden voordat de wanden gesloten worden.

Gebouwonderdelen

Per gebouwonderdeel verschillen de aandachtspunten enigszins. De belangrijkste staan hieronder.

Daken, binnenzijde

Isolatie aan de binnenzijde van de kap heeft in principe de voorkeur, tenzij monumentale waarden dit niet toelaten, zoals bij een bijzonder interieur. Bouwfysisch gezien is dit echter lastig. We onderscheiden:

- optie 1: isolatie en dampremmende laag *tussen* de sporen;
- optie 2: isolatie *tussen* de sporen en dampremmende laag *over* of *op* de sporen;
- optie 3: isolatie en dampremmende laag *over* of *op* de sporen.

Bij isolatie en dampremming tussen de sporen (optie 1) worden van binnenuit eerst isolatie en dan een dampremmende laag tussen de sporen aangebracht. Het aanbrengen van de dampremmende laag is hier het lastigst vanwege de noodzakelijke kierdichting. Alleen de sporen blijven daarbij in het zicht.

Bij isolatie tussen de sporen en dampremming over de sporen (optie 2), of isolatie en dampremming over de sporen (optie 3) is het binnenaanzicht vlak. De sporen verdwijnen uit het zicht, maar de spantconstructie blijft vaak nog zichtbaar (Afbeelding 15). Het bouwfysisch risico is in beide gevallen even groot maar kleiner dan bij optie 1 door de hogere uitvoeringskwaliteit van de dampremmende laag. Bij optie 3 wordt de inwendige ruimte kleiner. Deze is wel het eenvoudigst uit te voeren.

In alle gevallen bevat de isolatieconstructie bij voorkeur geen holtes en is hij luchtdicht. Het isoleren aan de binnenzijde vereist dus een zeer zorgvuldige damp- maar vooral luchtdichte uitvoering om een afdoende afsluiting te kunnen garanderen.

Daken, buitenzijde

Het isoleren van een kap heeft gevolgen voor de dakopbouw: pannen en panlatten, eventueel historische (riet)isolatie en de kapconstructie zelf.

Over het algemeen lijkt het isoleren aan de buitenzijde van de kap het eenvoudigst en bouwfysisch het minst risicovol: pannen eraf, een isolatielaag aanbrengen en de pannen er weer op. Let wel op dat aan de buitenzijde een waterkerende laag wordt aangebracht. Een dampdichte of dampremmende laag zou onvermijdelijk leiden tot inwendige condensatie.



Afbeelding 15
Isoleren van een kap aan binnenzijde moet zorgvuldig gebeuren. Vooral de dampremmende laag, hier nog niet aangebracht, moet luchtdicht aansluiten en dat is met de constructie in het zicht niet eenvoudig



Afbeelding 16
Isoleren van een kap aan de buitenzijde met in dit geval een meerlaagse isolerende folie is bouwfysisch de beste oplossing. Het levert soms wel problemen op bij de aansluiting van onder andere goten, schoorstenen en dakkapellen

Tegen het isoleren aan de buitenzijde bestaan toch grote bezwaren, omdat de visuele beleving en daardoor de monumentale waarde van de karakteristieke kap aangetast worden. De dikte van het nieuwe isolatiemateriaal wordt aan de dakopbouw toegevoegd, waardoor de daklijn meer naar buiten komt te liggen. Met de nieuwe beplating verdwijnt ook de 'beweging' die in de kap zichtbaar is: de oude historische bouwmaterialen (stammetjes en dergelijke) waren lang niet zo strak en recht als de hedendaagse materialen.

Technisch gezien geeft de isolatie aan de buitenzijde vooral problemen met aansluitingen op de dakkapellen, schoorstenen, dakranden, goten, boeidelen enzovoorts. Om die op te lossen zijn er meer werkzaamheden nodig dan strikt noodzakelijk. Het heeft dan ook de voorkeur een historische kap aan de binnenzijde te isoleren.

Zolders

De ruimte onder de kap diende in veel panden oorspronkelijk als opslag- of droogruimte. Het hedendaagse gebruik als verblijfsruimte vraagt om comfortverbetering, zoals meer daglicht en een hogere temperatuur. Dat laatste is te bereiken door de kap na te isoleren.
Bedenk eerst of isolatie van de kap voor het toekomstige gebruik echt nodig is. Wanneer de zolder niet of nauwelijks gebruikt wordt, verdient het de voorkeur de vliering- of zoldervloer te isoleren. Zo blijft de ventilatie van de kap behouden en dat komt de instandhouding ten goede.
We onderscheiden:

- isolatie en dampremmende laag *op* de balken *van bovenaf* aangebracht;
- isolatie en dampremmende laag *tussen* de balken *van bovenaf* aangebracht;
- isolatie en dampremmende laag *tussen* de balken *van onderaf* aangebracht;
- isolatie *tussen* en dampremmende laag *over* de balken *van onderaf* aangebracht;
- isolatie en dampremmende laag *onder* de balken.

Wanden

Bij de isolatie van de buitengevel van het monument onderscheiden we:

- buitenisolatie;
- binnenisolatie met spouw;
- binnenisolatie zonder spouw;
- spouwisolatie.

Wanden, buitenzijde

Bij de meeste monumenten komt buitenisolatie niet in aanmerking vanwege de esthetische verstoring van het exterieur of gevelbeeld. Soms is de buitengevel gepleisterd. In dat geval is buitenisolatie met een pleisterwerk afwerking een optie (Afbeelding 17). De geveldikte neemt hierdoor toe, waardoor mogelijk aanpassingen nodig zijn van kozijn- en dakdetails. Bouwfysisch gezien is dit een goede oplossing.

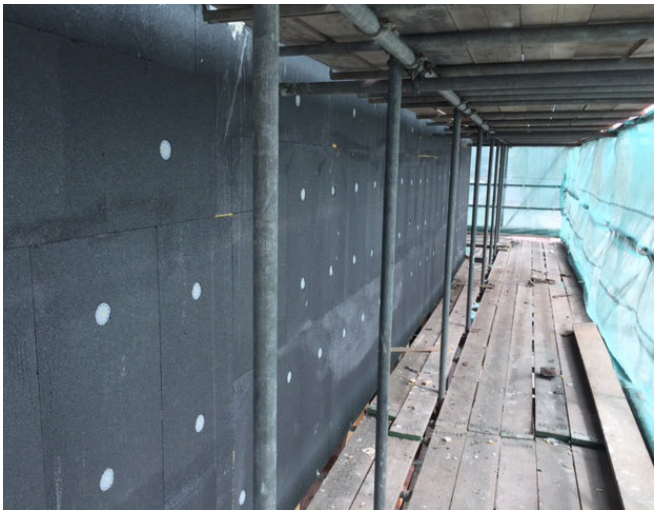
Wanden: binnenzijde

In het algemeen is binnenisolatie niet toepasbaar in gebouwen waar:

- de gevel uit niet-vorstbestendige materialen bestaat;
- de gevelafwerking dampdicht is, of uit dampdichte gevelstenen bestaat;
- de gevel aan een hoge vochtbelasting onderhevig is;
- er sprake is van een zeer vochtig binnenklimaat.

Binnenisolatie is alleen mogelijk bij gevels met voldoende dik metselwerk en/of een relatief geringe (slag)regenbelasting. In het algemeen is er geen probleem voor:

- volle muren uit metselwerk met een dikte van twee steen of dikker;
- volle muren uit 1½ steen metselwerk met een geringe regenbelasting;
- volle muren uit betonblokken met gesloten structuur of gegoten beton;
- (on)geïsoleerde spouwmuren;
- binnenmuren.



Afbeelding 17
Isolatie aan de buitenzijde zonder afwerking (foto: Roel Lichtenberg)

Een goede beoordeling van de regenbelasting op de gevel is cruciaal om schade door vorst en vocht te voorkomen. Vochtproblemen, zoals optrekkend vocht, dienen eerst opgelost te worden.

Bij na-isolatie aan de binnenzijde veranderen tal van details. Let vooral op de dagkanten van vensters, aansluitingen van binnenwanden op vloeren en de overgang van de wand naar het dak. Deze vormen de zwakke plekken van het isolatiepakket. Zijn er originele wandafwerkingen, zoals wandschilderingen, textiele wandbespanningen, goudleerbehang of houten lambriseringen, dan zal binnenisolatie de cultuurhistorische waarden aantasten. Wandschilderingen zijn moeilijk te behouden vanwege de fysieke bevestiging van het isolatiepakket. Eventuele condensatie op de schildering is fnuikend voor het behoud.
Aansluitingen op binnenwanden en vloeren zijn een punt van aandacht vanwege het ontstaan van koudebruggen. Het doorzetten of omzetten van de isolatielagen heeft hier de voorkeur.

Voorzetwanden met spouw kunnen problemen geven wanneer de spouw met binnenlucht wordt geventileerd.

Ook opleggingen van houten balken in metselwerk, waarbij de houten balken een doorgang of onderbreking van de isolatielaag vormen, zijn kritisch. Het hout wordt bij koude opleggingen mogelijk blootgesteld aan een hoge relatieve luchtvochtigheid. Het houtvochtgehalte kan daardoor kritische grenzen bereiken (typisch > 20-22%) met alle gevolgen van dien (zie brochure Schimmels in hout). Bij balkopleggingen moet de dampremmende laag tot aan de balk aansluiten en goed luchtdicht worden aangebracht door deze bijvoorbeeld te verlijmen.

Wanden, binnenisolatie met spouw (binnenzetwand)

Niet alle wanden in historische gebouwen zijn even vlak. Om die reden wordt vaak gebruik gemaakt van een binnenzetwand of voorzetwand. De voorzetwand moet dan op spouw geplaatst worden, waarbij met buitenlucht geventileerd kan worden. Voor dat laatste moeten openingen in de buitengevel worden gemaakt. Bij historische gebouwen is dat problematisch en wordt ervoor gekozen de spouw niet te ventileren. Dat kan mits lucht vanuit de binnenruimte niet in de spouw kan dringen. Ventilatie met binnenlucht is uit den boze vanwege schimmelgroei.

Wanden, binnenisolatie zonder spouw

Een spouw moet dus liefst worden voorkomen. Ook holtes zijn ongewenst. Dit omdat er lucht kan stromen in de spouw of holtes. Als lucht uit de binnenruimte de spouw indringt, koelt de lucht af en condenseert. Dat effect is groter naarmate het isolatiepakket dikker is, want dit wordt kouder dan in de ongeïsoleerde situatie. Een geïsoleerde binnenzetwand van metal stud is dan een goede oplossing, vooral wanneer de spouw nog met extra isolatie wordt dichtgezet (Afbeelding 19).

Ook een geïsoleerde binnenzetwand van stijl- en regelwerk op spouw, waarbij de spouw is dichtgezet, is een goede oplossing (Afbeelding 20).

Ook capillair actieve isolatiematerialen zijn geschikt voor gevelisolatie. Deze materialen bezitten een iets hoger warmtegeleidingscoëfficiënt dan de traditionele isolatiematerialen. Hierdoor is de thermische prestatie wat lager. De vochttechnische eigenschappen zijn juist wat gunstiger. Ze zijn relatief dampopen en de waterop-





Afbeelding 18A-B
Isolatie aan de binnenzijde waarbij het aanbrengen van de isolatie- en vooral dampremmende lagen zeer zorgvuldig moet gebeuren. Dagkanten van vensters, balklagen, enzovoorts verdienen hier bijzondere aandacht. Houd rekening met het ontstaat van koudebruggen

namecapaciteit is groot. Doordat dergelijke materialen in capillaire verbinding staan met de ondergrond, zal vocht in de lijmlaag tussen de ondergrond en het isolatiemateriaal condenseren. Door de gunstige vochttechnische eigenschappen neemt het isolatiemateriaal dit vocht op. Het vocht verspreidt zich in het materiaal en zal op een gunstig moment (zomer) weer verdampen.
Voorwaarde is wel dat het isolatiemateriaal volledig verlijmd tegen de ondergrond worden aangebracht. De lijm zorgt voor een hydraulisch contact dat vochttransport faciliteert. De ondergrond moet voldoende vlak zijn en mag geen hydrofobe afwerklaag hebben. Soms moet de ondergrond voorbewerkt worden. Zijn er bijzondere afwerklagen aanwezig, dan gaan deze verloren en is de methode niet geschikt.

Wanden: spouwmuur

In sommige monumenten, veelal na 1900, komt een spouwmuur voor. Er is veel onderzoek gedaan naar isolatie van spouwmuren. Met name de drogende effecten van een spouwmuur werden vaak overschat. Isolatie van spouwen met een materiaal dat geen vochtbrug vormt en niet krimpt, is te overwegen. Controleer de spouw vooraf op onvolkomenheden, zoals vochtbruggen in de vorm van speciebaarden. Ook hier is een toets op vorstgevoeligheid noodzakelijk.
Het isoleren van spouwen blijkt in de nieuwbouwpraktijk niet of nauwelijks meer tot schade te leiden. Bij spouwmuurconstructies in monumentale gebouwen is isolatie risicovoller vanwege de (on)diepte, (gebrek aan) homogeniteit enzovoorts. Pas na onderzoek van de spouw is spouwmuurisolatie te overwegen.



Afbeelding 19
Om luchtstromingen achter de isolatie te voorkomen kan de ruimte achter de binnenzetwand worden opgevuld. In de hier getoonde metal stud binnenzetwand moet dat nog gebeuren, maar het is goed uitvoerbaar

Oude spouwmuren zijn namelijk niet gebouwd om geïsoleerd te worden. De spouw is niet overal even breed en schoon opgeleverd. Bij een te ondiepe spouw kan het isolatiemateriaal zich niet goed verdelen. Isoleren kan aantrekkelijk zijn in verband met lagere stookkosten, maar bij een monument kan de ingreep verkeerd uitpakken. Er zijn diverse oorzaken die het beoogde doel teniet kunnen doen. Uit onderzoek blijkt echter dat er geen fundamenteel bezwaar is tegen het vullen van spouwen, mits voldaan wordt aan de volgende voorwaarden.

1. De muren verkeren in goede staat. Door na te isoleren neemt de kans op vorstschade en scheurvorming toe. Isoleer muren met vorstschade of vochtdoorslag liever niet na. Door na-isolatie is het buitenblad onderhevig aan grotere temperatuurschommelingen en neemt het temperatuurverschil tussen het binnen- en het buitenblad toe. Dit vergroot de kans op scheurvorming.
2. De buitenzijde is niet dampremmend afgewerkt. Buitenbladen van geglazuurde steen of verblendsteen kunnen schade oplopen door het na-isoleren van de spouw. Bij een verflaag aan de buitenzijde kan hetzelfde gebeuren.
3. De spouwvulling wordt adequaat aangebracht. Van belang is dat het vulpatroon voldoende dicht is.
4. Het vulmateriaal is niet capillair en vormt een dichtgepakte homogene laag zonder scheuren of holtes. Schuimvormige materialen mogen na verloop van tijd geen scheuren vertonen. Materialen in bulkvorm worden voldoende dichtgepakt in de spouw aangebracht. Extra eis is dat het isolatiemateriaal een lage λ-waarde behoudt wanneer het toch een geringe hoeveelheid water zou opnemen.

Wordt aan een van deze voorwaarden niet voldaan, dan is schade onvermijdelijk. Een inspectie vooraf door een deskundig bedrijf met ervaring in het vullen van historische spouwmuren is aan te raden.



Afbeelding 20

Binnenzetwand met houten stijl- en regelwerk. Nadat de isolatie tussen de stijlen is aangebracht, komt daarop de dampremmende laag, waarna de binnenzetwand kan worden afgewerkt. De leidingen voor de elektra zijn al aangebracht, maar de afwerking aan de binnenzijde moet nog luchtdicht worden uitgevoerd

Vloeren met kruipruimte of kelder

In gebouwen met een kruipruimte of kelder zijn er in principe drie manieren op de warmteverliezen te beperken:
» isolatie aanbrengen *op* de bestaande vloer;
» isolatie aanbrengen direct aan de *onderzijde* van de vloer;
» isolatie aanbrengen op de *bodem* van de kruipruimte.

Optie 1 heeft als pre dat er geen werkzaamheden in de kruipruimte of kelder nodig zijn. Een nadeel is dat de bestaande houten draagconstructie kouder wordt en de relatieve luchtvochtigheid rondom de balken en vloerdelen daar toeneemt. Dat bevordert schimmelgroei en bekort de levensduur van het hout. Nadelig is ook dat de vloer hoger komt te liggen en de ruimte in hoogte vermindert. Binnendeuren moeten worden ingekort en eventuele wandafwerkingen moeten worden aangepast of krijgen andere verhoudingen. De dikte van het isolatiepakket is daarom beperkt. Deze optie leent zich vooral voor vloeren op staal of vloeren waarvan de kruipruimte niet bereikbaar is.

Isolatie aan de onderzijde van de vloer is vanuit bouwfysisch oogpunt het gunstigst. Bij een houten begane-grondvloer krijgen de balken een hogere temperatuur, wat de kans op houtrot sterk verkleint. Daarnaast blijft de ventilatie van de kruipruimte behouden.
Bij een droge kruipruimte is het wel raadzaam een kunststoffolie op de bodem aan te brengen. Dit vermindert de verdamping van grondvocht en voorkomt aantasting van strijkbalken. Ook de warmteverliezen via de fundering nemen af. De luchtdichtheid van de vloer neemt toe, wat een gezonder binnenklimaat oplevert. Onder een steenachtige vloer kan eventueel een isolatielaag, meestal PUR, worden aangebracht. Een Kwaaitaalvloer (prefab vloer van gewapend beton uit de jaren 1965-1985) is moeilijk na te isoleren. Mogelijk biedt een PUR-laag uitkomst, maar dit kan ten koste gaan van de monumentale waarden.

Isolatie op de bodem van de kruipruimte aanbrengen is eenvoudig en beperkt de verdamping van grondwater. De kruipruimte mag dan echter niet meer worden geventileerd om de isolatielaag niet kort te sluiten. Ook is het aan te bevelen de luchtdichtheid van de vloer te verbeteren.

Vloeren zonder kruipruime of kelder

In gebouwen zonder kruipruimte of kelder zijn er in principe twee manieren om de warmteverliezen te beperken:
» isolatie aanbrengen *op* de bestaande vloer;
» isolatie aanbrengen direct aan de *onderzijde* van de vloer.

Het aanbrengen van isolatie op de bestaande vloer is hetzelfde als hierboven beschreven. Voor het aanbrengen van isolatie aan de onderzijde van de vloer dient deze gedemonteerd of opgenomen te worden. Bij houten vloeren in het zand dienen de planken gedemonteerd of verwijderd te worden om de beschikbare ruimte wat uit te diepen en tussen de balken isolatie en dampremming aan te brengen. Alleen goed demontabele vloeren zijn vanuit het oogpunt van monumentenzorg na te isoleren. Andere vloeren, zoals terrazzo of mozaïekvloeren, komen eigenlijk niet voor na-isolatie in aanmerking.

Ventileren en isoleren

Isoleren noopt tot ventileren. Door het isoleren van de gebouwschil wordt de ventilatie beperkt. Als vuistregel kan voor historische gebouwen een ventilatievoud[5] van 0,8 tot 1,0 worden aangehouden. Dat is globaal twee keer de hoeveelheid ventilatie die voor moderne gebouwen wordt geadviseerd. Voor gebouwen (nieuwe en bestaande) houdt het Bouwbesluit een minimum ventilatie aan van 7 dm^3/s, en voor badkamers 14 dm^3/s. In het algemeen is het ventilatievoud van historische gebouwen groter. Enige reductie van de infiltratie is dus toegestaan en levert soms een aanzienlijke bijdrage aan de energiebesparing. Voor de instandhouding van het gebouw is het echter zaak de infiltratie niet al te veel te verminderen. Anders zijn aanvullende ventilatievoorzieningen noodzakelijk. En die hebben gevolgen voor het gebouw en de cultuurhistorische waarden daarvan.

[5] Ventilatievoud: het aantal keren per uur dat een ruimte wordt doorspoeld met (verse) lucht.

8. Kosten en opbrengsten

Na-isoleren van de woning is een compromis tussen verschillende ambities. Hoe duur is na-isoleren precies en wat zijn de terugverdientijden? En is het bijbehorende waardeverlies acceptabel? In het gunstigste geval valt de keuze op de maatregel met de grootste duurzaamheid of energiebesparing bij de laagste kosten, waarbij zo min mogelijk cultuurhistorische waarden verloren gaan.

Investeringskosten

Voor een goede keus is het allereerst belangrijk de investeringskosten scherp te krijgen (zie Tabel 7). Dat wil zeggen: de initiële kosten (materiaal en arbeid) én de kosten van onderhoud over de levensduur. Een wat grotere investering aan het begin kan op de langere termijn een besparing opleveren. De kosten hangen ook af van de methode en het materiaal. De capillair actieve methoden zijn doorgaans wat duurder dan de traditionele. Dat heeft niet alleen met het materiaal te maken, maar ook met de verwerkbaarheid ervan.

Besparing

Hopelijk levert de isolatie ook een besparing op de energiekosten op. Het quotiënt van investeringskosten en besparing is de terugverdientijd (TVT) (zie Tabel 7). De praktijk leert dat veel bewoners of eigenaars in nieuwbouw de investering binnen zeven jaar willen terugverdienen voordat zij eraan willen beginnen. Voor monumenteneigenaren zal dat ook gelden.

Cultuurhistorische waarden

Na-isolatie gaat altijd gepaard met verlies van cultuurhistorische waarden. Afhankelijk van de methode is dit verlies groter of kleiner.

In Tabel 3 is een overzicht gegeven van het waardeverlies per methode. Soms zijn waarden nog wel aanwezig maar niet meer zichtbaar. Soms maakt het ook uit voor welk gebouwonderdeel de methode wordt toegepast. Aan de andere kant zijn sommige restauratie- of herbestemmingsprojecten alleen mogelijk vanwege deze ingrepen en moeten we het waardeverlies op de korte termijn goed afwegen tegen het behoud van het gebouw op de langere termijn.

Instandhouding en conservering

Na-isolatie brengt risico's met zich mee. Ontstaat schade, dan gaan onherroepelijk cultuurhistorische waarden verloren. Soms kan na-isolatie juist helpen bij het instandhouding en conservering van een historische constructie. Een isolatiepakket aan de buitenzijde zorgt dat de bestaande constructie warmer blijft. De kans op vorst- en vochtschade neemt daardoor af. Sommige constructies uit het verleden zijn niet gebouwd volgens de bouwfysische spelregels en daardoor extra kwetsbaar. Toch zijn deze heel waardevol en om die reden niet zomaar aan te passen. Buitenisolatie kan dan uitkomst bieden.

Tabel 7

Investeringskosten, besparing en terugverdientijden voor diverse gebouwonderdelen
(genoemde getallen zijn een indicatie en ge[redacted]eerd op diverse bronnen)

Type isolatie	Gemiddeld oppervlak	Gemiddelde investe-rings-kosten	Besparing	Terugverdientijd (TVT)
	[m²]	[€]	[%]	[jaar]
Dak	50-75	1675-5200 10-25/m²	7-25	7-8
Zolder		25/m²	8-10	5-8
Gevel (binnenzijde)	45-105	40-110/m²	15-30	4-15
Gevel (spouw)	45-105	700-2000 18-20/m²	10-25	3-5
Gevel (buitenzijde)	45-105	115-155/m²	25	8-13
Venster	Voor meer informatie (zie Historische vensters isoleren)			
Vloer	40-100	1350-3600	7-15	7-12
Bodem	40-100	1350-2600	15	12

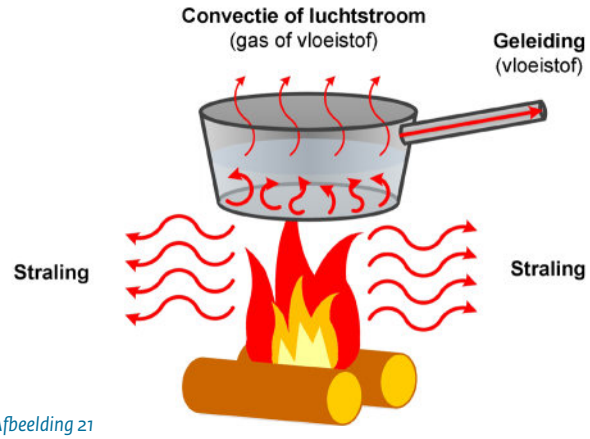
9. Begrippen

Warmtetransport

Geleiding, convectie en straling

Warmtetransport vindt plaats op drie manieren.

- Geleiding, verplaatsing van energie doordat moleculen in een materiaal sneller gaan bewegen bij een hogere temperatuur en deze beweging doorgeven aan de nabije moleculen.
- Convectie, verplaatsing van energie via een medium, in gebouwen doorgaans lucht. We onderscheiden twee soorten:
  - vrije convectie, als gevolg van een verschil in dichtheid, veroorzaakt door een verschil in temperatuur en druk;
  - gedwongen convectie, als gevolg van een andere factor, bijvoorbeeld wind;
- Straling, de uitzending van energie in het elektromagnetisch spectrum als gevolg van de temperatuur van het object.



Afbeelding 21
Convectie, geleiding en straling (uit: Managing Indoor Climate Risks in Museums, 2017)

Warmtegeleidingscoëfficiënt

De warmtegeleidingscoëfficiënt (symbool λ, eenheid W/mK) geeft aan in welke mate een materiaal warmte geleidt. Hoe lager het getal, des te slechter het warmtetransport.

Warmteweerstand

Bij het warmtetransport speelt de dikte ook een rol. Hoe dikker het materiaal, des te slechter het transport. De warmteweerstand (symbool R, eenheid m²K/W) combineert de dikte en de warmtegeleidingscoëfficiënt. Hoe hoger de weerstand, des te slechter het transport. De warmteweerstand is te berekenen volgens:

$$R = \frac{d}{\lambda}$$

Met:

R	: warmteweerstand van een laag	[m²K/W]
d	: dikte van de isolatielaag	[m]
λ	: warmtegeleidingscoëfficiënt	[W/mK]

De warmteweerstand van een constructie is te bepalen door de warmteweerstanden van de diverse lagen bij elkaar op te tellen:

$$R_c = R_1 + \ldots + R_n$$

Met:

R_c	: warmteweerstand van de constructie	[m²K/W]
R_1	: warmteweerstand van de eerst laag	[m²K/W]
R_n	: warmteweerstand van de laatste laag	[m²K/W]

Warmtedoorgangscoëfficiënt

De warmtedoorgangscoëfficiënt (symbool U, eenheid W/m²K) is de hoeveelheid energie die per vierkante meter per graad temperatuurverschil wordt doorgegeven. Deze is als volgt te berekenen:

$$U = \frac{1}{0{,}04 + R_c + 0{,}13} \quad [W/m^2K]$$

Een lage waarde betekent laag energieverlies. Bij glasconstructies wordt de thermische prestatie uitgedrukt in de U-waarde.

Warmtestroomdichtheid

De hoeveelheid energie die via een constructie getransporteerd wordt, is afhankelijk van de warmteweerstand en het temperatuurverschil over de constructie.

$$q = U \cdot \Delta T$$

Met:

q	: warmtestroomdichtheid	[W/m²]
U	: warmtedoorgangscoëfficiënt	[W/m²K]
ΔT	: temperatuurverschil over de constructie	[°C]

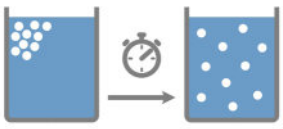
Vochttransport

Vocht is een algemene term voor vloeibaar en gasvormig water (ook wel: waterdamp). De beide vormen verplaatsen zich verschillend in een materiaal. Ook de drijvende krachten achter de transportmechanismen verschillen. Tabel 8 toont voor waterdamp en water de drijvende krachten achter de verschillende transportmechanismen.

Om te begrijpen hoe vocht zich door een constructie verplaatst, is het belangrijk de drijvende krachten achter deze mechanismen te kennen. Hier gaan we voornamelijk in op het transport van waterdamp: dampdiffusie en convectief damptransport.

Dampdiffusie

Dampdiffusie vindt plaats door een verschil in partiële waterdampdruk, het deel van de luchtdruk dat waterdamp zelf uitoefent. Waterdamp zal bewegen van plaatsen met een hoge waterdampdruk naar plaatsen met een lage waterdampdruk.



Afbeelding 21
Het natuurkundige verschijnsel dampdiffusie. In een beker water (blauw) wordt een kleine hoeveelheid wit water gegoten (witte bolletjes). Deze witte vloeistof is kort na ingieten geconcentreerd in de linker bovenhoek. De natuur heeft het liefst alles in evenwicht. Na enige tijd zal de concentratie van de toegevoegde vloeistof over de hele beker gelijk worden. De drijvende kracht is hier het verschil in concentratie van de twee stoffen.

Waterdampdiffusieweerstandsgetal: mu-waarde

Het waterdampdiffusieweerstandsgetal (symbool μ, eenheid -) geeft aan in welke mate een materiaal in staat is waterdamp via dampdiffusie te geleiden. Hoe lager het getal, des te beter het waterdamptransport. In de productinformatie van isolatiematerialen is dit getal soms niet aangegeven.

Diffusie-equivalente luchtlaagdikte: Sd-waarde of mu-d-waarde

In veel productinformatiebrochures wordt niet het waterdampdiffusieweerstandgetal gegeven maar de Sd-waarde of mu-waarde. Deze waarde is niets anders dan het waterdampdiffusieweerstandgetal vermenigvuldigd met de dikte in meters. Een voorbeeld: polyethyleenfolie, dikte $0{,}1 \times 10^{-3}$ m (0,1 mm), waterdampdiffusieweerstandgetal100.000, Sd-waarde 10 m.

Waterabsorptiecoëfficiënt

De waterabsorptiecoëfficiënt (symbool A, eenheid kg/($m^2 s^{1/2}$)) geeft aan in welke mate een materiaal in staat is water te absorberen. Hoe hoger het getal, des te meer water het materiaal kan absorberen.

Convectief damptransport

Als gevolg van het totale luchtdrukverschil over een gebouwonderdeel kan lucht van een hoge luchtdruk naar een lage luchtdruk gaan. Bevinden zich in een gebouwonderdeel naden en kieren – wat bijna altijd zo is, zeker in oude historische gebouwen – dan zal lucht door de constructie bewegen. Lucht kan dus van binnen naar buiten en van buiten naar binnen stromen. Deze luchtstroom kan warmte en vocht transporteren. De mate waarin hangt af van het verschil in waterdampconcentratie en de hoeveelheid lucht die getransporteerd wordt. Via de lucht kan doorgaans veel meer waterdamp getransporteerd worden dan door dampdiffusie. Dat is een belangrijke reden om constructies luchtdicht en holtevrij te ontwerpen.

Tabel 8

De drijvende krachten achter de verschillende transportmechanismen van waterdamp en water

Aggregatietoestand	Mechanisme	Drijvende kracht
Waterdamp	Diffusie	Verschil in partiële dampdruk
	Convectie	Verschil in totale luchtdruk
Water	Capillariteit	Verschil in capillaire zuiging
	Zwaartekracht	Massa
	Druk	Verschillen in de totale uitwendige druk

Ventilatie

Ventilatie

Ventilatie is de gecontroleerde uitwisseling tussen binnen- en buitenlucht. Dat kan op een natuurlijke manier door ramen en deuren open te zetten. Of op een mechanische wijze door gebruik te maken van ventilatoren. We onderscheiden mechanische afvoer met natuurlijke toevoer, mechanische toevoer met natuurlijke afvoer, en mechanische toevoer en afvoer (balansventilatie). Uit de afgevoerde lucht kan warmte worden teruggewonnen (WTW).

Infiltratie en exfiltratie

Infiltratie of exfiltratie is de ongecontroleerde uitwisseling tussen binnen- en buitenlucht. Bij infiltratie is de luchtuitwisseling overwegend naar binnen toe, bij exfiltratie overwegend naar buiten toe. Deze uitwisseling hoeft niet altijd ongewenst te zijn. Wel is de omvang vaak onbekend en dat maakt een gecontroleerde ventilatie met een ventilatiesysteem lastig beheersbaar.

Ventilatievoud

Ventilatievoud (symbool n, eenheid h^{-1}) is het aantal keer per uur dat de lucht in een vertrek volledig wordt ververst door buitenlucht. Deze verversing komt tot stand door een combinatie van ventilatie en infiltratie/exfiltratie.