



RAADGEVENDE INGENIEURS

Nieman

Bouwfysica, -techniek en -regelgeving

**ACHTERGRONDRAPPORT
BOUWFYSICA
BUITENGEVEL-
ISOLATIESYSTEMEN**

Kennisoverdracht Nederlandse markt

ACHTERGRONDRAPPORT BOUWFYSICA BUITENGEVELISOLATIESYSTEMEN

Kennisoverdracht Nederlandse markt

Sto Isoned B.V.
Postbus 6400
4000 HK TIEL
(0344) 62 06 66

Vertegenwoordigd door: de heer R.J. de Jong

Nieman Raadgevende Ingenieurs B.V.

Vestiging Zwolle
Postbus 40147
8004 DC Zwolle
T 038 - 467 00 30
 zwolle@nieman.nl
 www.nieman.nl

Uitgevoerd door: de heer ir. H.J.J. Valk

Nieman-Kettlitz Gevel- en Dakadvies B.V.

Vestiging Zwolle
Postbus 40147
8004 DC Zwolle
T 038 - 467 00 30
 info@gevelsendaken.nl
 www.gevelsendaken.nl

Uitgevoerd door: de heer ing. W.C. Slagter
de heer ing. P. Kuindersma

Referentie: Wz130002aaA0.wsl (project Nieman-Kettlitz: k130083aa)
Status: Definitief
Datum: 1 oktober 2013

Inhoudsopgave

Hoofdstuk 1 Inleiding	4
1.1 Doel	4
1.2 Achtergrond	4
Hoofdstuk 2 Principes	6
2.1 Principes van buitengevelisolatiesystemen	6
2.2 Bouwfysische principes	8
Hoofdstuk 3 Bouwfysica & Bouwtechniek	13
3.1 Thermische aspecten	13
3.2 Hygrische aspecten	15
3.3 Luchtdichtheid	16
Hoofdstuk 4 Veiligheid en Duurzaamheid	18
4.1 Constructieve veiligheid	18
4.2 Brandveiligheid	18
4.3 Milieubelasting	20
4.4 Prestaties op de lange termijn	20
Hoofdstuk 5 Ontwerp, uitvoering en onderhoud	21
5.1 Ontwerp	21
5.2 Uitvoering	23
5.3 Onderhoud	24
Hoofdstuk 6 Keuze voor buitengevelisolatiesystemen	26
Hoofdstuk 7 Praktijkvoorbeelden	28
Literatuurlijst	39
Bijlage 1 Principedetails	

Hoofdstuk 1 Inleiding

Voor Sto Isoned is dit achtergrondrapport samengesteld over de bouwfysische en bouwtechnische principes van buitengevelisolatiesystemen. De heer R.J. de Jong heeft namens Sto Isoned B.V. hiervoor aan Nieman Raadgevende Ingenieurs opdracht verleend.

1.1 Doel

Doel van dit achtergrondrapport is het bundelen van kennis, informatie en ervaringen over de bouwfysische en bouwtechnische principes van buitengevelisolatiesystemen, zodat deze op een praktische manier ter beschikking komen van de Nederlandse markt.

Het dient als een naslagwerk, zodat op projectniveau goed gefundeerde keuzes kunnen worden gemaakt.

Per onderwerp zullen de conclusies uit de verschillende onderliggende rapporten worden samengevat, zal er naar bronnen worden verwezen en hun onderlinge samenhang worden aangegeven.

1.2 Achtergrond

Voor gepleisterde gevelsystemen en systemen voor buitengevelisolatie is een groot aantal specifieke producten beschikbaar die door diverse leveranciers op de markt worden gebracht. In dit rapport gaat het om de gevelisolatiesystemen. Dit betreft diverse varianten van systemen voor buitengevelisolatie. Deze systemen worden in veel Europese landen al jaren met succes toegepast in nieuwbouw en bij renovatie, maar vormen in Nederland een niche-product. De branche ziet kansen in de toenemende vraag naar energiezuinige gebouwen en de verhoging van de wettelijke eisen voor schilisolatie.

Toepassing van gepleisterde systemen wijkt af van de traditionele bouw in Nederland, doordat de bouwfysische en bouwtechnische aspecten van deze monolithische systemen anders zijn dan van de traditionele spouwconstructies. In de markt wordt dit onvoldoende onderkend. Daardoor ontbreekt het bijvoorbeeld aan goede detaillering in de ontwerpfase, de juiste uitvoering en aan passend onderhoud. Dit leidt tot teleurstellende praktijkresultaten en daarmee tot een minder positief imago van dergelijke systemen.

Een van de wegen uit dit dilemma is kennisoverdracht. Tot nu toe is met name ingezet op het scholen van de applicateurs. Voor een bredere toepassing van de systemen is het ook van belang dat architecten kennis hebben van de technische aspecten en de bouwfysische principes die aan monolithische systemen ten grondslag liggen. Ook voor investeerders, ontwikkelaars en bouwkundige (hoofd)aannemers is deze kennis van belang. Daarmee wordt geborgd dat bij de keuze voor een buitengevelisolatiesysteem de cruciale succesfactoren voldoende aandacht krijgen in de vertaling van ontwerp naar uitvoering. Zo kan vertrouwen in de systemen ontstaan in de gehele bouwketen.

Voor kennisoverdracht is het noodzakelijk dat teruggegrepen kan worden op adequate basisinformatie. De rapporten en onderzoeken die internationaal ter beschikking staan, zijn hoofdzakelijk gebaseerd op bouwtradities waarin men ervaren is met monolithisch bouwen. Er is dus behoefte aan literatuur waarin dergelijke informatie wordt gepresenteerd vanuit de Nederlandse bouwtraditie. Dat betekent ook dat specifiek voordelen van buitengevelisolatie, die internationaal wellicht als 'open deur' worden beschouwd

daarbij aan de orde komen. Denk aan de slanke bouwconstructie en het ontbreken van de noodzaak voor gevel dragers en andere hulpconstructies voor het buitenblad. Daarnaast vanzelfsprekend de grote mate van vormvrijheid en de mogelijkheid om bij renovatie op eenvoudige wijze een totaal nieuw beeld te realiseren.

In dit rapport staan de bouwfysische en bouwtechnische aspecten van buitengevelisolatiesystemen centraal. Dit rapport beoogt daarmee een substantiële bijdrage te leveren aan de noodzakelijke kennisoverdracht over deze systemen.

Het rapport kan gebruikt worden als naslagwerk, als ontsluiting van achterliggende literatuur, als basis voor informatiemateriaal en als basismateriaal voor lezingen, workshops en trainingen.

Hoofdstuk 2 Principes

Onderstaand zullen enkele basisprincipes nader worden toegelicht. Deze informatie vormt basiskennis voor het lezen van het rapport.

2.1 Principes van buitengevelisolatiesystemen

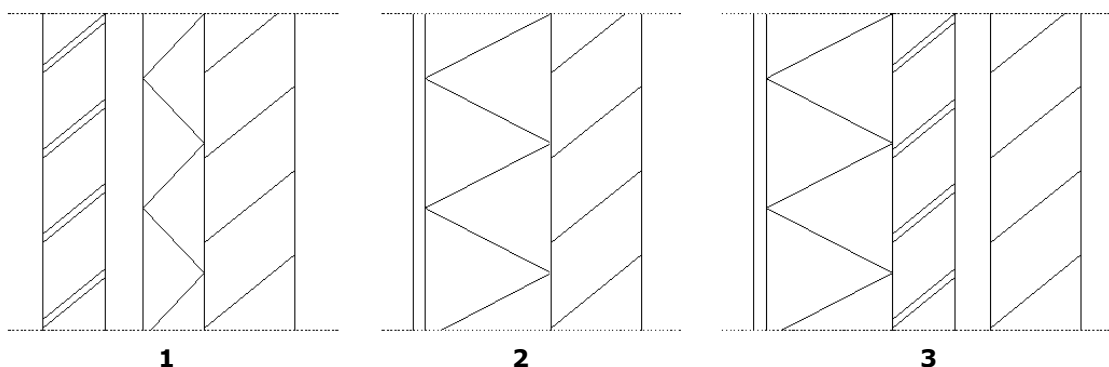
2.1.1 Basis en dichtingssysteem

Buitengevelisolatie vindt zijn oorsprong in Duitsland, waar het sinds 1960 veelvuldig wordt toegepast als gevelsysteem. In Nederland wordt sinds 1975 buitengevelisolatie toegepast als gevelsysteem, zowel in de nieuwbouw als bij renovatie. In Nederland hebben gepleisterde buitengevelsystemen en buitengevelisolatie een enigszins beperkte toepassing. Het grootste deel van de markt in Nederland kiest voor de traditionele spouwmuur met een metselwerk buitenspouwblad.

Gevels zijn grofweg in te delen in de drie systemen waarbij de dichting op verschillende wijzen wordt gerealiseerd.

1. Een spouwmuursysteem; dat is een samengesteld dichtingssysteem. Dit is de meest voorkomende gevelopbouw bij nieuwbouw en wordt ook meestal aangetroffen bij renovatie; al dan niet geheel of gedeeltelijk geïsoleerd.
2. Een buitengevelisolatiesysteem met een enkelvoudig dichtingssysteem. In feite is hiervan sprake als er geen gevelspouw in de opbouw is opgenomen. De systemen zijn op deze wijze ontwikkeld vanuit de Duitse bouwtraditie.
3. Een combinatie van beide systemen. Dit treffen we bijvoorbeeld aan bij het aanbrengen van buitengevelisolatie op een bestaande spouwmuurconstructie.

In figuur 1 worden de verschillende systemen weergegeven. Het spouwmuursysteem dient in dit rapport als referentie voor het buitengevelisolatiesysteem.



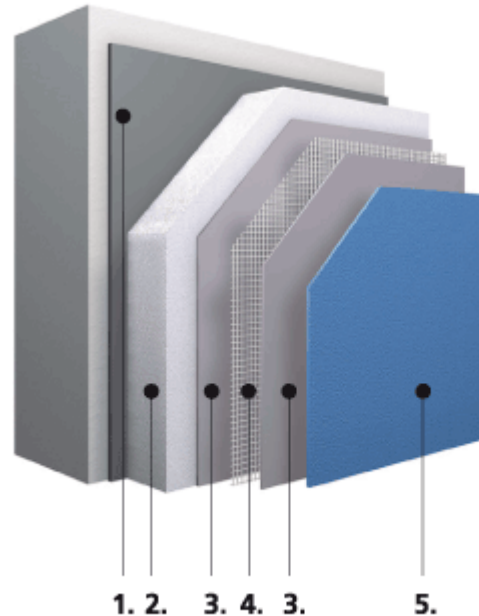
Figuur 1, Gevelsystemen.

Het belangrijkste kenmerk van een buitengevelisolatiesysteem, en het grootste verschil met een spouwconstructie, is dat de gevelconstructie vanaf de buitenzijde geïsoleerd wordt. Bij een spouwmuur is de isolatielaag opgenomen in de constructie. De effecten van deze verschillende positie zullen worden behandeld in hoofdstuk 3.

2.1.2 Opbouw

De verschillende lagen van een buitengevelisolatiesysteem zijn van binnen naar buiten:

1. Verlijming/mechanische bevestiging.
2. Isolatielaag.
3. Wapeningsmortel.
4. Wapeningsweefsel.
5. Eindafwerking.



Figuur 2, Opbouw verlijmd buitengevelisolatiesysteem.

De systemen kunnen zowel prefab als in het werk worden samengesteld. Bij prefab systemen zijn bijvoorbeeld de steenstrips reeds op de isolatielaag aangebracht. Alleen de aansluiting van deze elementen dient op de bouwplaats nog te worden afgewerkt.

Buitengevelisolatiesystemen kunnen ook met een plaatmateriaal worden afgewerkt, hierbij komen laag 3 en 4 te vervallen. Tussen de isolatielaag en de beplating is dan een spouw aanwezig, de spouw staat in verbinding met de buitenlucht. Tussen deze spouw en de isolatielaag moet vaak een waterkerende laag worden aangebracht.

2.1.3 Bevestiging (1)

Bevestiging van het buitengevelisolatiesysteem kan door middel van verlijming of door middel van mechanische bevestiging.

Bij verlijmde systemen wordt de primaire bevestiging verzorgd door de lijmlaag. Eventuele pluggen worden aangebracht in verband met de brandveiligheid of om tijdens de verharding van de lijm weerstand te kunnen bieden aan windzuiging en belasting door het eigen gewicht.

Bij mechanisch bevestigde systemen verzorgen de mechanische bevestigingsmiddelen, bijvoorbeeld pluggen, de primaire bevestiging aan de ondergrond. Lijm wordt hoofdzakelijk gebruikt om een vlakke ondergrond te waarborgen. [7]

2.1.4 Isolatie (2)

Het meest toegepaste isolatiematerialen is geëxpandeerd polystyreenschuim (EPS). Daarnaast worden minerale wol, houtvezelplaten en resolschuim toegepast. Het voordeel van minerale wol is de onbrandbaarheid, zie ook §4.2. Buitengevelisolatiesystemen met houtvezelplaat als isolatiemateriaal worden veelal toegepast in de houtskeletbouw. Met resolschuim isolatieplaten kan met relatief dunne isolatiepakketen een hoge isolatiewaarde gerealiseerd worden.

2.1.5 Afwerking (3,4,5)

De afwerklaag bestaat uit een wapeningslaag, een eventuele voorstrijk- of lijmlaag en een sierpleister, steenstrip of tegel als afwerking.

Op de isolatielaag wordt een wapeningsmortel aangebracht waarin een wapeningslaag wordt opgenomen. De dikte van deze wapeningslaag varieert van 2,5 tot 8 mm, afhankelijk van het systeem. Op geveldelen waar extra mechanische belasting mogelijk is, worden extra weefselstroken aangebracht, zie ook §6.1.3 & 6.1.4. De functie van de wapening is om spanningen ten gevolge van thermische belastingen zo goed mogelijk te verdelen.

Een voorstrijklaag bij een afwerking met pleisterwerk gaat een ongelijkmatige zuiging van de wapeningslaag tegen. Hierdoor worden kleurverschillen tegengegaan en wordt een betere hechting verkregen.

Bij de keuze van een pleister spelen een factoren als structuur, kleur, prijs, mechanische eigenschappen en onderhoud een rol. De eigenschappen van een pleistermortel worden bepaald door het bindmiddel(kunsthars, kalk en/of cement), de hulpstoffen(water, soms met een emulsie) en de vulstoffen(zand, kleurstoffen en natuursteen).

Systemen kunnen ook worden afgewerkt met tegels of steenstrips, door de grotere massa kan dit gevolgen hebben voor de bevestigingsmethode van het buitengevelisolatiesysteem, dit dient afgestemd te worden met de systeempleverancier. Zoals vermeld in §2.1.2. kunnen buitengevelisolatiesystemen ook met een plaatmateriaal worden afgewerkt.

2.1.6 Systeemaspecten

Door de vele mogelijkheden op het gebied van afwerking en isolatie/bevestiging is geen project hetzelfde. Het is dus van belang om de toepassing en het systeem op elkaar af te stemmen in overleg met de systeempleverancier.

2.2 Bouwfysische principes

Het Bouwbesluit stelt als eis dat de uitwendige scheidingsconstructie van een gebouw waterdicht is, bepaald volgens NEN 2778. Bij waterdichtheid onderscheiden we twee dichtingsprincipes: een enkelvoudig en een samengesteld dichtingssysteem.

2.2.1 Samengesteld dichtingssysteem

Het meest bekende samengestelde dichtingssysteem is de spouwmuur, zie figuur 1-1. Dit dichtingsprincipe vormt in Nederland het meest toegepaste systeem. Het systeem is in het verleden ontstaan om het binnenklimaat van woningen met steens-muren te verbeteren. Zonder het destijds te beseffen is door het creëren van een spouw een samengesteld dichtingssysteem ontwikkeld.

Het samengesteld dichtingssysteem wordt in NPR 2652 als volgt omschreven: 'dichtingssysteem waarbij met een combinatie van lagen met verschillende functies wordt bereikt dat de uitwendige

scheidingsconstructie waterdicht is bij beproeving volgens NEN 2778, hoofdstuk 5'.

Het samengesteld dichtingssysteem bestaat van buiten naar binnen uit een regenscherm, een (lucht)spouw, eventueel een waterwerende laag en een luchtdicht binnenspouwblad. Het regenscherm houdt de meeste neerslag tegen, de rest van het water (dat 'doorslaat') wordt in de spouw afgevoerd. In de spouw is sprake van 'drukval' in de spouw; er is geen drukverschil met buiten, maar een eventueel overdruk wordt door het verschil in volume sterk verlaagd. Hierdoor stroomt het water in de spouw (of de open voeg) naar beneden en kan daar naar buiten worden afgevoerd. Als het binnenblad (of de binnenzijde van de voeg) luchtdicht is, ontstaat er geen 'drijvende kracht' die eventueel doorgeslagen water naar binnen voert.

2.2.2 Enkelvoudig dichtingssysteem

Bij een enkelvoudig dichtingssysteem wordt, in tegenstelling tot het samengesteld dichtingssysteem, de waterdichting verzorgd door één constructiel laag.

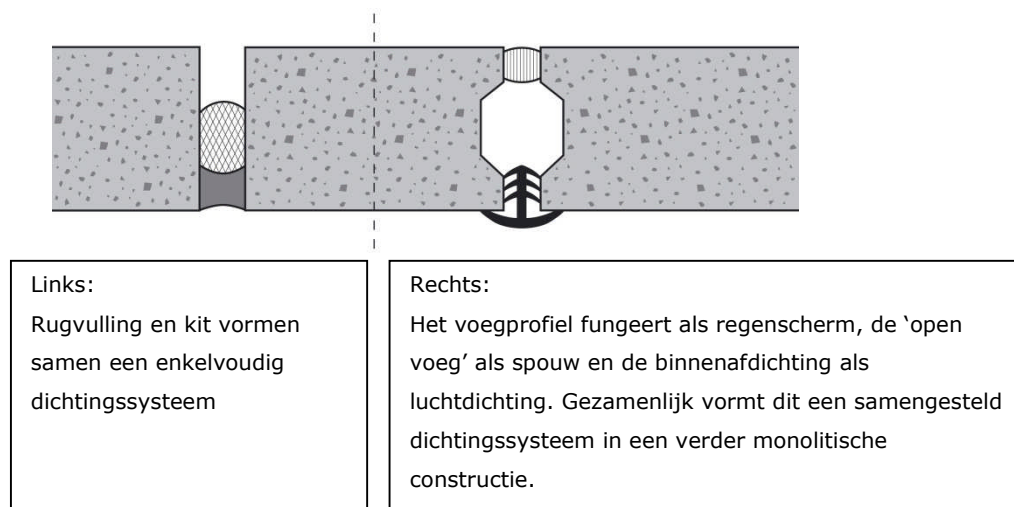
Een enkelvoudig dichtingssysteem wordt in NPR 2652 als volgt omschreven: 'dichtingssysteem waarbij door de toepassing van een waterdichte laag wordt bereikt dat de uitwendige scheidingsconstructie waterdicht is bij beproeving volgens NEN 2778, hoofdstuk 5'. In vergelijking met het samengesteld dichtingssysteem bevat het enkelvoudig dichtingssysteem geen regenscherm en geen spouw. Bij een enkelvoudig dichtingssysteem bevinden de luchtdichting en de waterkering zich op dezelfde positie.

Een gevelisolatiesysteem kan worden beschouwd als een monolithisch systeem. Monolithisch kan in deze context worden vertaald met:

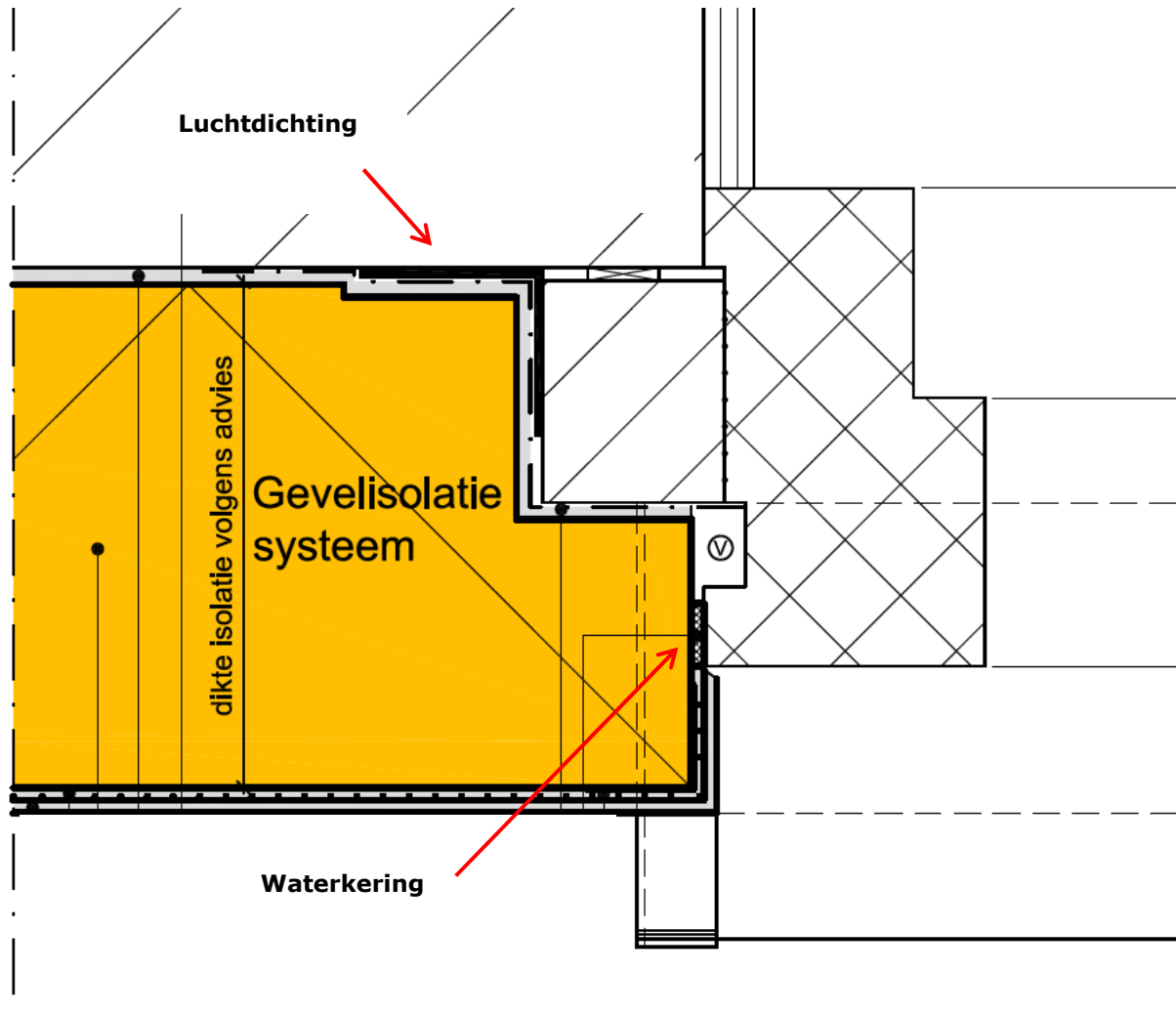
'een homogeen, moeilijk doordringbaar geheel'

De onderdelen waaruit een monolithisch systeem is opgebouwd dienen een geheel te vormen en het gebouw te beschermen tegen de verschillende weersinvloeden. Een monolithische constructie heeft vaak een enkelvoudig dichtingssysteem, maar noodzakelijk is dat niet.

Figuur 3a: Enkelvoudige en samengestelde dichting in prefab gevels (monolithisch).



Een buitengevelisolatiesysteem werkt in het vlak als een enkelvoudig dichtingssysteem, zie figuur 3b. In de aansluiting op een kozijn is echter een buiten- en een binnendichting opgenomen, de aansluiting werkt dus als een samengesteld dichtingssysteem.



Figuur 3b: Enkelvoudige en samengestelde dichting in een buitengevelisolatiesysteem: in het vlak enkelvoudig, bij de aansluiting samengesteld.

2.2.3 Inwendige condensatie

Condensatie is het neerslaan van verzadigde waterdamp dat zich op een koud oppervlak tot druppels vormt. De oorzaak is dat warme lucht meer waterdamp kan bevatten dan koude lucht. Daalt lucht in temperatuur dan wordt op een bepaald moment het verzadigingspunt (dauwpunt) bereikt en zal de oververzadigde waterdamp condenseren. Ofwel: als lucht meer waterdamp bevat dan het bij de heersende temperatuur aan kan, treedt er condensatie op. Deze condensatie zal altijd op het koudste oppervlak beginnen. Inwendige condensatie treedt, zoals de term al doet vermoeden, op in de constructie, maar het principe is verder gelijk.

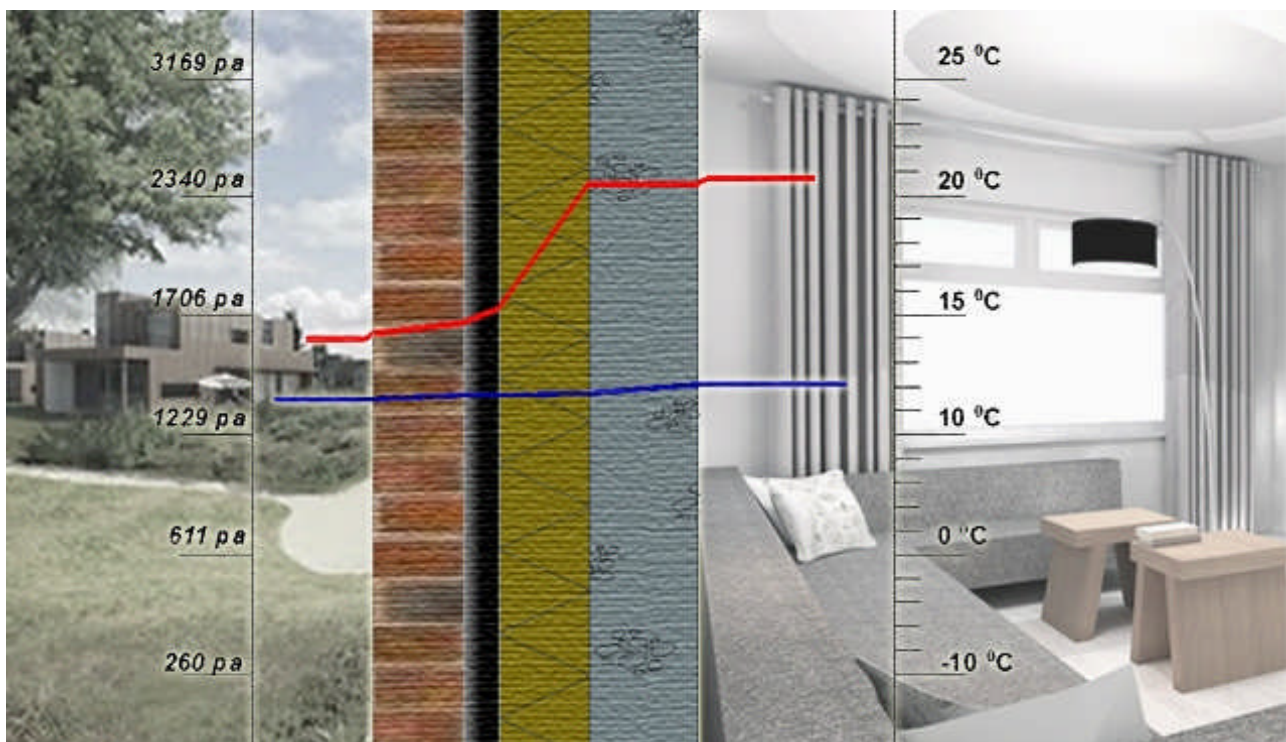
Waterdamp stroomt, net als warmte, als gevolg van drukverschillen. Waterdamp zal zich dus van een hoge naar een lage dampdruk verplaatsen. Bij een verschil in dampdruk over een gevel zal waterdamp door een constructie stromen. Hierbij heeft elk materiaal een bepaalde weerstand tegen deze stroming. Hoe hoger deze weerstand des te moeilijker zal het waterdamp door deze laag kunnen dringen.

Door de heersende dampdruk en temperatuur door de constructie te berekenen, kan worden bekeken of er condensatie in de constructie optreedt. Condensatie zal dus optreden, daar waar de heersende dampdruk hoger is als de maximale dampdruk bij de heersende temperatuur.

De resultaten van een dergelijke berekeningen worden gevisualiseerd in een Glaserdiagram, waarvan figuur 4a, b en c zijn afgeleid. In de figuren duidt de rode lijn de maximale dampspanning aan. De blauwe lijn duidt de heersende dampdruk aan. Er treedt dus inwendige condensatie op wanneer de blauwe lijn de rode lijn kruist en erboven komt te lopen.

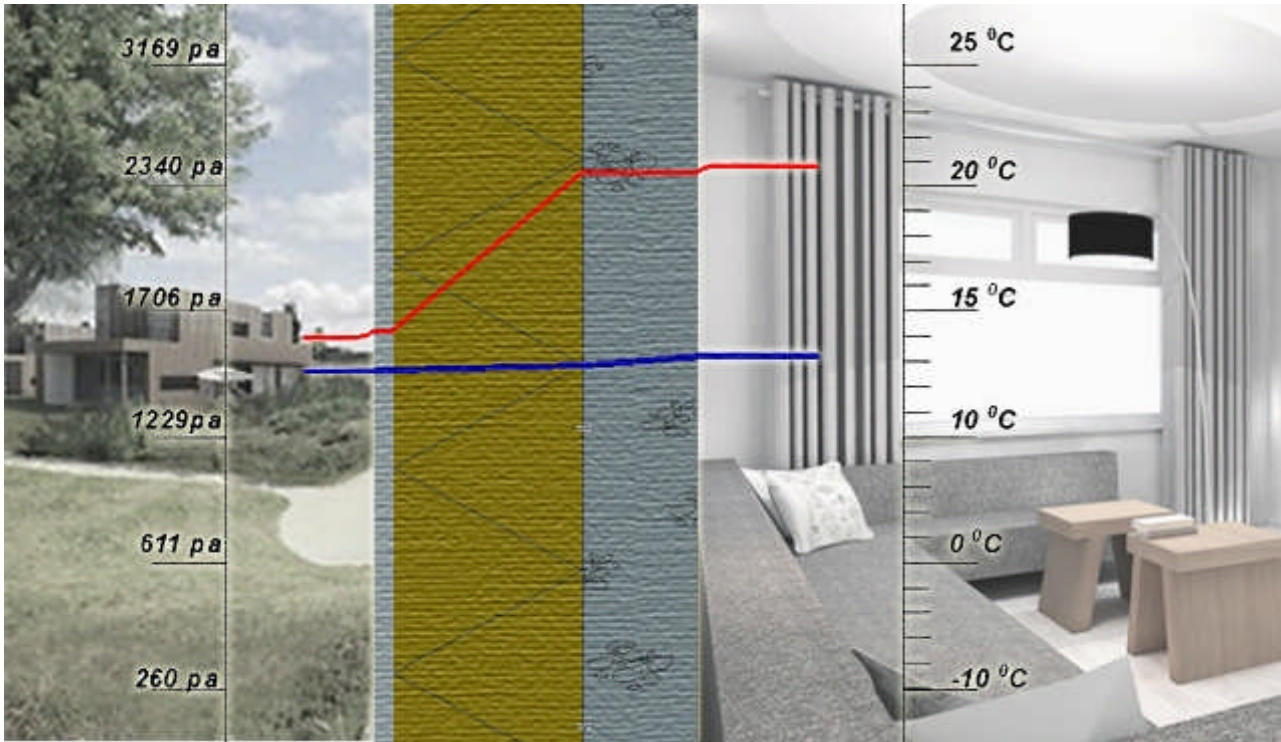
Uit de diagrammen blijkt dat wordt voldaan in de situaties waar de isolatie aan de koude zijde van de constructie is geplaatst, er treedt geen inwendige condensatie op. Daar waar de isolatie aan de warme zijde van de constructie is geplaatst, figuur 4c, treedt wel inwendige condensatie op. De 'ondergrond' blijft hierdoor koud, warme vochtige binnenlucht zal in dit vlak (tussen de isolatie en de ondergrond) gaan condenseren.

In alle gevallen geldt dat de opbouwen kritischer worden, ten aanzien van inwendige condensatie, naarmate de afwerking aan de buitenzijde dampdichter wordt.

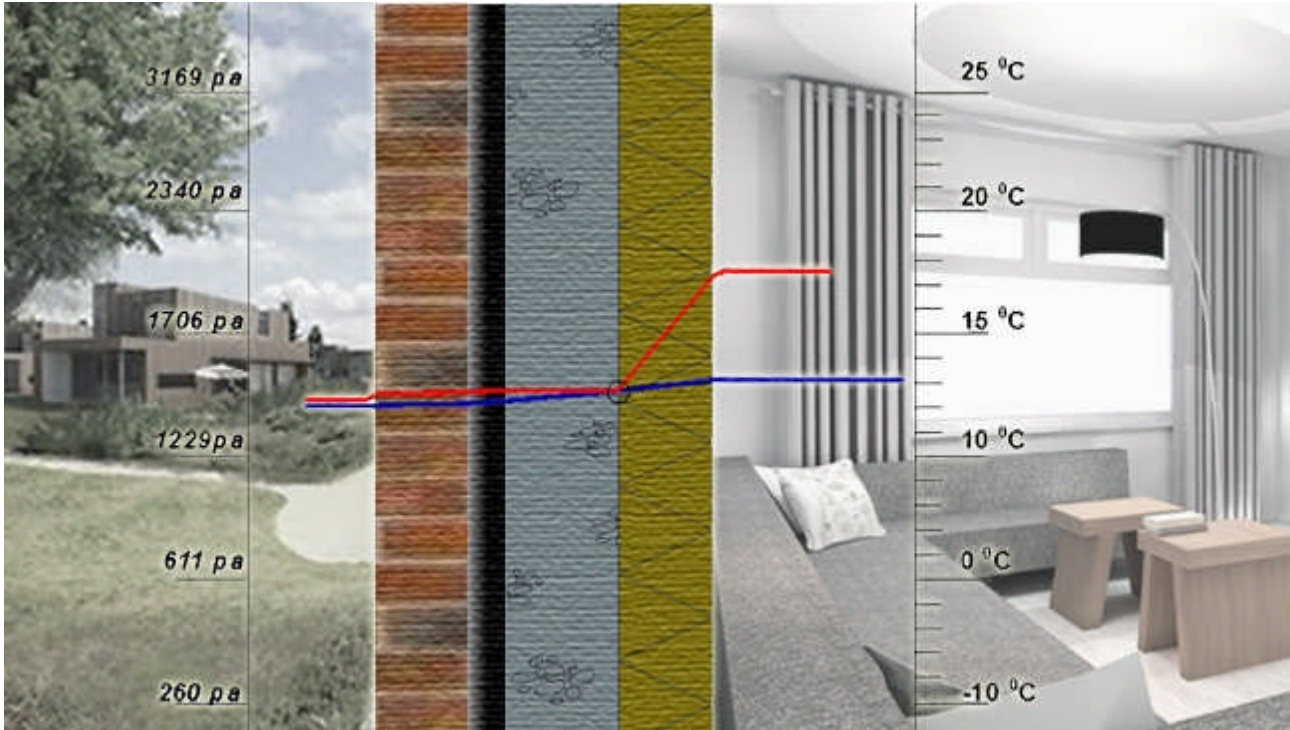


Figuur 4a: Glaserdiagram, spouwconstructie.

De maximaal dampspanning bij de heersende temperatuur (P_{\max} -rood-) ligt steeds boven de werkelijk optredende dampspanning (P_w -blauw-). Er vindt geen condensatie plaats. (Figuur: Nieman)



Figuur 4b: Glaserdiagram, buitengevelisolatiesysteem. Te zien is een grotere afstand tussen de lijnen dan bij 4a over bijna de gehele doorsnede. Deze opbouw zal ook bij meer extreme omstandigheden niet tot inwendige condensatie leiden.



Figuur 4c: Glaserdiagram, na-isolatie binnenzijde. Merk op dat de lijnen dicht tegen elkaar aan liggen en elkaar raken. Deze oplossing is bouwfysisch kritisch. Om inwendige condensatie te voorkomen is een zeer goede dampremming (en luchtdichting) aan de binnenzijde nodig.

Hoofdstuk 3 Bouwfysica & Bouwtechniek

Bij een buitengevelisolatiesysteem is de isolatielaag aan de buitenzijde van de constructie geplaatst. Zowel bouwfysisch als bouwtechnisch werkt dit anders dan de traditionele gespouwde gevelconstructie.

- De isolatiedikte is in principe onbegrensd.
- Thermische spanningen in de achterconstructie worden tegengegaan.
- Volledig gebruik van de thermische capaciteit van de achterconstructie.
- De kans op inwendige condensatie is erg klein.
- Koudebruggen worden veelal eenvoudig voorkomen.
- Waterdichtheid is gebaseerd op een enkelvoudige dichting.

Een buitengevelisolatiesysteem heeft daarmee enkele zeer gunstige bouwfysische en bouwtechnische gevolgen.

3.1 Thermische aspecten

3.1.1 Thermische isolatie / warmteweerstand

In tegenstelling tot de traditionele gevelconstructies is de isolatiedikte bij buitengevelisolatiesystemen in principe onbegrensd. Warmteweerstand tot circa $R_c 12$ (bij toepassing EPS-isolatie) zijn mogelijk. In Duitsland heerst de veronderstelling dat deze hoge isolatiewaarden zullen zorgen voor een 'koelkasteffect', hiermee wordt bedoeld dat in de zomerperiode het huis niet meer door de buitenlucht en zoninstraling opgewarmd wordt. In Nederland heerst daarentegen de veronderstelling dat deze hoge isolatiewaarden zullen zorgen voor oververhitting, dat het huis niet koel te krijgen is.

Door het Fraunhofer Institute is onderzoek gedaan [2] naar de invloed van een buitengevelisolatiesysteem op de binnentemperatuur in de zomer. Hierbij is een wandopbouw met een buitengevelisolatie (200 mm EPS á 0,031W/mK) vergeleken met een wandopbouw zonder buitengevelisolatie.

Gedurende een maand in de zomerperiode is het temperatuurverloop door de constructie gemeten. Uit het onderzoek is gebleken dat ook in de zomerperiode de gemiddelde warmtestroom van binnen naar buiten verloopt. De gemiddelde binnentemperatuur bij een gebouw met een buitengevelisolatiesysteem is hoger, echter door het buitengevelisolatiesysteem zijn de pieken in temperatuur minder hoog. Door nachtelijk ventileren is de binnentemperatuur verder te verlagen.

Hoe groter het temperatuurverschil tussen dag en nacht, desto groter het effect van buitengevelisolatiesystemen. Bij hogere temperatuurverschillen kan een buitengevelisolatiesysteem door middel van nachtventilatie een gebouw aanzienlijk koeler houden gedurende de dag. Ook blijkt uit het onderzoek dat de warmteafdracht door de ondoorzichtige geveldelen groter is dan de warmteopname.

Door de hoge isolatiewaarden kan een buitengevelisolatiesysteem beter koele toegevoerde lucht binnenhouden dan een traditionele gespouwde gevel.

3.1.2 Thermische spanningen

Materialen reageren op temperatuurswisselingen, ze zetten uit of krimpen bij hogere of lagere temperaturen. Thermische spanningen ontstaan bij snelle temperatuurswisselingen.

Buitengevelisolatie pakt een gebouw in met isolatiemateriaal. Deze 'jas' beschermt het gebouw tegen de grote temperatuurschommelingen tussen dag en nacht. De temperatuursprongen worden afgevlakt, zie §3.1.1.

Thermische spanningen in de achterconstructie worden door buitengevelisolatie tegengegaan.

3.1.3 Thermische capaciteit / -traagheid

Bouwfysisch gezien is het isoleren aan de buitenzijde van de gevel een ideale manier van isoleren. De geïsoleerde buitenwand slaat overdag de warmte die in het gebouw geproduceerd wordt op. Op momenten dat er niet gestookt wordt staat het deze opgeslagen warmte weer naar binnen toe af. De woning wordt op deze manier gelijkmatig verwarmd. Bepalend voor deze thermische capaciteit is de massa van de achterconstructie. Een zwaardere achterconstructie kan meer warmte opslaan en staat deze gedurende een langere tijd weer af aan de ruimte.

Hierbij dient onderscheidt te worden gemaakt in een dag/nacht-cyclus en een seizoenscyclus. Bij een dag/nacht-cyclus is geldt dat de eerste 2 cm van de wand gebruikt worden als 'opslag'. Bij de seizoenscyclus wordt veel meer van de capaciteit benut. Door dit principe is het in oude kathedralen heerlijk koel gedurende de warme zomer en aangenaam in de koude winter.

In een goed geïsoleerd gebouw verschuift de temperatuurpiek in de dag/nacht-cyclus en wordt deze afgevlakt, zie §3.1.1 [2].

3.1.4 Koudebruggen

Een koudebrug is een niet-geïsoleerde verbinding tussen binnen en buiten, zie figuur 5. Doordat de isolatie aan de, bouwfysisch gezien, meest gunstige kant van de gevel zit kunnen koudebruggen veelal eenvoudig worden voorkomen.

Net als bij de traditionele bouwmethodieken vragen doorbrekingen van de isolatielaag om extra aandacht. Ankers/pluggen ter bevestiging van de isolatielaag vormen een koudebrug. De invloed van deze koudebruggen is echter beperkt en bij buitengevelisolatiesystemen zijn pluggen verdiept aan te brengen waardoor de invloed nog kleiner is. Bij een buitengevelisolatiesysteem is geen metselwerkondersteuning nodig, zie figuur 5, deze zorgen bij gemetselde gevels voor doorbrekingen van de isolatielaag en dus koudebruggen (lineaire warmteverliezen).

Uitkragende balkons en galerijen vormen grote doorbrekingen. In de nieuwbouw is dit op te vangen met speciale geïsoleerde bevestigingsmethoden (Isokorf en dergelijke). Het condensrisico wordt daarmee voorkomen, hoewel het energieverlies groter blijft dan in het isolatievlak. In de renovatie zijn deze doorbrekingen niet altijd te voorkomen. Hier dienen aanvullende maatregelen te worden genomen als door berekening is aangetoond dat het detail niet voldoet aan de gestelde eisen.



Figuur 5, Metselwerkondersteuning doorbreekt de isolatielaag.

3.2 Hygrische aspecten

3.2.1 Waterdichtheid

Een buitengevelisolatiesysteem is gebaseerd op een enkelvoudig dichtingssysteem. Dat wil zeggen dat water de constructie niet in mag komen. Het pleisterwerk dient het water tegen te houden, in het vlak van de gevel is het systeem waterdicht. Toch dient er rekening gehouden te worden in detaillering met kleine hoeveelheden vocht in de constructie. Door een goede detaillering en gebruik van waterslagen en dergelijke wordt afstromend water buiten de constructie gehouden.

Bij kritische details kan door middel van tape extra zekerheid worden gecreëerd. Door het aftapen van kritische aansluitingen voorkom je dat water dat onverhoopt in de constructie is gekomen verder naar binnen kan dringen, zie figuur 6.



Figuur 6, Aftapen van kritische aansluitingen.

Een buitengevelisolatiesysteem is in dit opzicht een hybride constructie, een combinatie van een enkelvoudig en een samengesteld dichtingssysteem.

3.2.2 Damptransport en inwendige condensatie

Een veel voorkomend misverstand is dat in elke gevelconstructie inwendige condensatie zou optreden. Aangezien de isolatie aan de koude zijde van de gevelconstructie wordt aangebracht is de kans op inwendige condensatie nihil, zie §2.2.3 en figuur 4b.

Door de isolatie aan de koude zijde van de constructie te plaatsen is de heersende temperatuur in de constructie aanzienlijk hoger en daarmee ook de maximale dampspanning. Er is dus een veel kleinere kans op inwendige condensatie.

Bij een zeer dampdichte gevelafwerking zoals tegels kan er toch enige inwendige condensatie optreden omdat deze afwerking zich aan de koude zijde van de gevelopbouw bevindt. De gecondenseerde hoeveelheden vocht kunnen echter in de zomer weer uit de constructie diffunderen. Hierbij is van belang dat er zich geen holle ruimtes achter de tegels bevinden om vorstschade te voorkomen[3].

3.3 Luchtdichtheid

Om te komen tot een goede energiezuinige woning, moet rekening worden gehouden met de manier van isoleren en het voorkomen van koudebruggen.

Daarna moet voorkomen worden dat warme of koele lucht vanuit de woning kan ontsnappen naar buiten. Dit principe wordt in het Bouwbesluit aangegeven met luchtdicht bouwen.

Luchtdicht bouwen is dus het dichten van ongewenste kieren en het tegengaan van onbewuste luchtstroom. Een goede luchtdichte achterconstructie voorkomt dat er luchtstromingen door de constructie ontstaan en daarmee het transport van vocht.

Dit kan worden vergeleken met het blazen op een rietje, als het uiteinde van het rietje open is kan je door het rietje heen blazen. Zodra het uiteinde afgesloten wordt met een vinger is het niet meer mogelijk om door het rietje heen te blazen.

In tegenstelling tot de onbewuste luchtstroming door kieren en naden gaat het bij ventileren over bewuste luchtstromen. Over de onbewuste luchtstroming heeft men geen controle. Lucht bevat altijd een bepaalde hoeveelheid vocht. Lucht in een constructie impliceert daarmee dat er vocht in de constructie aanwezig is. Het buitengevelisolatiesysteem zorgt voor de bescherming tegen weersinvloeden, de luchtdichting dient in de achterconstructie te worden gerealiseerd [1].

Bouwfysisch gezien dient de luchtdichting zo ver mogelijk aan de warme zijde van de constructie te worden aangebracht. Hierdoor wordt voorkomen dat warme vochtige lucht ver de constructie in kan komen. Daarnaast dient de luchtdichting zo veel mogelijk in één vlak te liggen. Daar waar de luchtdichtingen niet in één vlak liggen ontstaan vaak luchtlekken. Bij kritische detaillering is het raadzaam om aansluitingen af te plakken. Bijvoorbeeld de aansluiting van het stelkozijn op de achterconstructie, zie figuur 6.

In een buitengevelisolatiesysteem sluiten de verschillende constructieonderdelen dicht op elkaar aan en worden niet door een luchtlaag doorbroken zoals dat bij de traditionele gevelconstructies het geval is. De verschillende constructieonderdelen vormen samen één geheel. Monolithische constructies zijn gunstig qua luchtdichtheid. De ondergrond (draagconstructie) waarop het buitengevelisolatiesysteem wordt aangebracht moet zodanig 'luchtdicht' zijn uitgevoerd dat, in geval van onderdruk in het gebouw, geen water via aansluitingen bij kozijnen e.d. naar binnen kan worden gezogen [7].

Hoofdstuk 4 Veiligheid en Duurzaamheid

4.1 Constructieve veiligheid

Buitengevelisolatiesystemen kunnen met lijm/mortel of met mechanische middelen op de gevel worden bevestigd. In Nederland worden met name gelijmde systemen toegepast.

Gelijmde systemen worden in de Nederlandse Beoordelingsrichtlijn[4] als volgt omschreven:
buitengevelisolatiesystemen die op de ondergrond gelijmd worden en waarbij eventuele mechanische bevestigingsmiddelen slechts ter meerdere zekerheid worden aangebracht d.w.z.: de mechanische bevestiging is te beschouwen als een secundaire bevestiging i.v.m. brandveiligheid respectievelijk om gedurende de applicatie en verhardingsfase weerstand te kunnen bieden aan windzuigbelasting en de belasting door eigen gewicht).

Bevestiging enkel door verlijmen kan uitsluitend als er een zeer goede hechting kan worden verkregen op de ondergrond. Officieel dient de verwerkende partij de hechting aan te tonen van de verlijming op de bouwkundige ondergrond. In de praktijk blijkt dit niet goed te werken daarom dient het buitengevelisolatiesysteem vanaf 20m¹ additioneel mechanisch bevestigd te worden.

Mechanisch bevestigde systemen worden in de Nederlandse Beoordelingsrichtlijn [4] als volgt omschreven:

buitengevelisolatiesystemen die uitsluitend met mechanische bevestigingsmiddelen op de ondergrond worden bevestigd respectievelijk waarbij lijm additioneel wordt gebruikt (in hoofdzaak met als doel om een vlakke ondergrond te waarborgen).

Bij afwerking van de buitengevelisolatie met steenstrips of een plaatmateriaal is de constructieve veiligheid kritischer. Door het grotere gewicht en daarmee een groter moment wordt de bevestiging zwaarder belast.

4.2 Brandveiligheid

In de Nederlandse bouwregelgeving worden buitengevelisolatiesystemen op het gebied van brandveiligheid op de drie onderstaande onderdelen getoetst.

4.2.1 Beperking van het ontwikkelen van brand en rook

In het Bouwbesluit afdeling 2.9 staan de eisen vermeld voor de beperking van het ontwikkelen van brand en rook 'Een te bouwen bouwwerk is zodanig dat brand en rook zich niet snel kunnen ontwikkelen'. Hieruit blijkt dat het buitenoppervlak van een bouwwerk minimaal moet voldoen aan Eurobrandklasse D, bepaald volgens NEN-EN 13501-1.

Constructieonderdelen die hoger liggen dan 13 m boven het maaiveld dienen te voldoen aan Eurobrandklasse B (klasse B is zwaarder dan klasse D). Constructieonderdelen van een bouwwerk waarvan een voor personen bestemde vloer ten minste 5 m boven het maaiveld ligt moeten vanaf maaiveld tot een hoogte van 2,5 m voldoen aan Eurobrandklasse B.

Systemen met KOMO-attest zijn getest op brandwerendheid. Uit onderzoek blijkt dat vrijwel alle systemen voldoen aan Eurobrandklasse B. De rookklasse is alleen van belang bij gevelafwerkingen in een binnen-toepassing.

Voor de beperking van de ontwikkeling van brand speelt de isolatiesoort in gepleisterde buitengevelisolatiesystemen geen belangrijke rol.

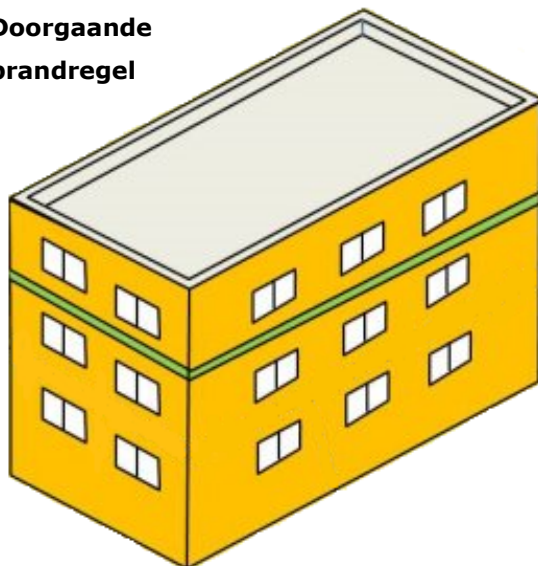
4.2.2 Beperking uitbreiding brand

In het Bouwbesluit afdeling 2.10 Beperking uitbreiding van brand staan de eisen omschreven om een ontstane brand te kunnen beheersen. Hier staan ook de eisen voor de weerstand tegen branddoorslag en brandoverslag omschreven.

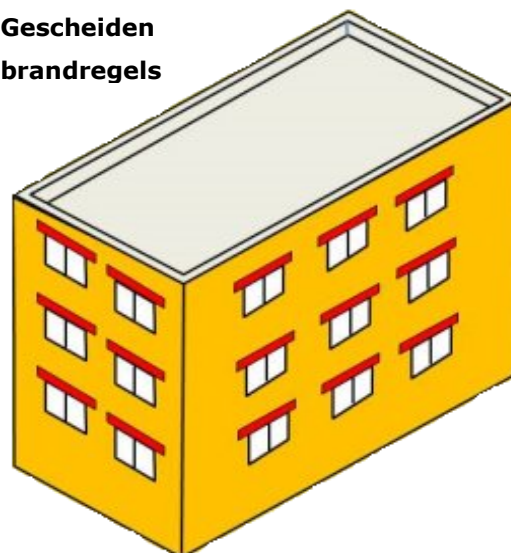
Strikt genomen worden in deze afdeling van het Bouwbesluit geen aanvullende eisen gesteld aan een gevelafwerking dan in afdeling 2.9 vermeld staan. Er kan per situatie worden bekeken of het raadzaam is om aanvullende maatregelen te treffen voor de beperking van de uitbreiding van brand.

In Duitsland past men vanaf drie bouwlagen in de gestapelde bouw zogenaamde 'brandregels' toe ter beperking van de uitbreiding van brand. In tegenstelling tot de ontwikkeling van brand speelt het type isolatiemateriaal bij de uitbreiding van brand wel degelijk een rol. Om brandoverslag en eventuele branduitbreiding via de gevel tegen te gaan, past men bij isolatiesystemen op basis van polystyreen een strook minerale wol toe boven gevelopeningen, zie figuur 7. Er kan ook voor worden gekozen om een 'doorlopende brandregel' toe te passen, zie figuur 7. Hierbij wordt de polystyreen isolatie onderbroken door een doorgaande strook onbrandbaar isolatiemateriaal (in feite: isolatiemateriaal met een zeer hoge ontbrandingstemperatuur) zoals minerale wol[5].

**Doorgaande
brandregel**



**Gescheiden
brandregels**



Figuur 7, Brandregels [5] volgens Duits principe; in Nederland zijn deze in het algemeen niet vereist, maar kan het deel uitmaken van bijvoorbeeld een maatwerk-oplossing.

4.3 Milieubelasting

De buitengevelisolatiesystemen voldoen aan het Nederlandse Bouwstoffenbesluit. De milieubelasting van buitengevelisolatiesystemen is in principe laag, maar er zijn enkele aandachtspunten.

Kunsthars gebonden mortels mogen als afval niet in vloeibare vorm worden gestort. In deze mortels worden overigens geen oplosmiddelen of andere gevaarlijke stoffen verwerkt, van daadwerkelijke schade voor het milieu is dus geen sprake. Voor minerale en silicaatpleisters is de milieubelasting nog geringer. Bij het schoonmaken van materieel en gereedschappen dient waswater opgevangen te worden en moet er ook anderszins voor gezorgd worden dat er geen vloeibare afvalresten in het milieu terechtkomen.

4.4 Prestaties op de lange termijn

Met name in Duitsland is buitengevelisolatie een veel toegepast systeem. Het is dan ook in Duitsland waar nader lange-duur-onderzoek is gedaan naar de prestaties van buitengevelisolatie. Door het Fraunhofer Institute for Building Physics is onderzoek [6] gedaan naar het gedrag en de prestaties van buitengevelisolatiesystemen op de lange termijn. Voor dit onderzoek is bij meerdere gebouwen het buitengevelisolatiesysteem geïnspecteerd met tussenpozen van circa 5 jaar. In totaal beslaat het onderzoek een periode van 35 jaar. De resultaten uit dit onderzoek tonen aan dat buitengevelisolatie geenszins sneller degradeert of beschadigd raakt dan een traditionele spouwmuur met metselwerk buitenblad. Schade veroorzaakt door het weer is over het algemeen te verwaarlozen.

Wel hebben gepleisterde buitengevelisolatiesystemen een enigszins grotere gevoeligheid voor algengroei en vervuiling door regen of condenswater, zie §6.3.3. Voorkomen moet worden dat geveldelen gedurende langere tijd nat blijven.

De acceptatiegrens voor vervuiling op een gepleisterde gevel is in het algemeen lager dan bij een gemetselde gevel. Bij gepleisterde gevels spreekt men eerder van 'vervuiling', bij vergelijkbare aanslag op metselwerk van 'patina'. Met name bij lichte kleuren zal vervuiling eerder opvallen.

De kosten voor en de frequentie van onderhoud is volgens dit Duitse onderzoek vergelijkbaar met die van de traditionele gevels. Hetzelfde geldt voor andere duurzaamheidsaspecten en de 'levensverwachting'.

Hoofdstuk 5 Ontwerp, uitvoering en onderhoud

Bij het samenstellen van dit hoofdstuk is veelvuldig gebruik gemaakt van de Uitvoeringsrichtlijn 0735/04 [7] en de SBR publicatie [8]. In deze richtlijn zijn vele aandachtspunten met betrekking tot het ontwerp en de uitvoering van buitengevelisolatiesystemen benoemd.

5.1 Ontwerp

Om tot het gewenste resultaat te komen is het van groot belang om in het ontwerp stil te staan bij de toepassing. Door in een vroeg stadium na te denken over eigenschappen van het gekozen systeem worden veel risico's geminimaliseerd. Hierbij zijn een aantal aspecten van belang:

- Ondergrond.
- Waterdichtheid.
- Scheurvorming.
- Mechanische beschadiging.

5.1.1 Ondergrond

Een buitengevelisolatiesysteem is niet ontwikkeld om scheve muren recht te maken of grote oneffenheden aan het zicht te onttrekken of andere bouwkundige gebreken te verdoezelen. Omdat het uiteindelijke resultaat van het buitengevelisolatiesysteem moet voldoen aan de "Beoordelingscriteria voor stukadoorswerk buiten" moet daarom de ondergrond zodanig zijn dat dit ook gerealiseerd kan worden. De ondergrond dient voldoende vlak te zijn, zie §6.2.1.

Bij gekromde ondergronden zullen de isolatieplaten ook in de juiste kromming moeten worden aangebracht. Steenwolplaten zijn goed te vormen naar een achterconstructie. Polystyreenplaten dienen als vormstuk te worden gemaakt. De aan te brengen mortellaag dient daarna ook vakkundig in de juiste kromming te worden aangebracht.

5.1.2 Waterdichtheid

Zoals in §3.2.1 is vermeld is het buitengevelisolatiesysteem waterdicht in het vlak van de gevel. Een goede waterdichtheid van de gehele gevel wordt dus bereikt door een goede detaillering (zie H6 en bijlage 1), en een goede luchtdichting (zie H 4).

5.1.3 Voorkomen van scheuren

Dilataties in gevels zijn nodig om scheurvorming te voorkomen. Scheuren kunnen ontstaan door spanningen in de ondergrond of door spanningen in het buitengevelisolatiesysteem.

Bij nieuwbouwprojecten dienen de bouwkundige dilataties te worden gevolgd. Eventueel aanvullende dilataties hangen af van de toe te passen afwerking en moeten in overleg met de leverancier worden afgestemd.

Bij toepassing van een buitengevelisolatiesysteem bij renovatie gelden enkele aanvullende opmerkingen.

Bij renovatie dient de vraag te worden gesteld waarom er een dilatatie in de bestaande bouw is aangebracht, hier komt het aan op vakmanschap van de betrokkenen.

Dilataties of scheuren in de ondergrond ten gevolge van thermische werking van de gevel kunnen in het algemeen zondermeer door het isolatiesysteem worden overbrugd omdat de thermische werking van de ondergrond permanent verminderd wordt.

Constructieve dilataties dienen te worden gevolgd door het buitengevelisolatiesysteem.

In de meeste gevallen kunnen gevels met scheuren zonder speciale voorzorgsmaatregelen van een buitengevelisolatiesysteem worden voorzien. Indien men met zeer brede scheuren in de gevel wordt geconfronteerd dient eerst de oorzaak van de scheuren te worden achterhaald. Hetzelfde geldt voor scheuren waarvan het vermoeden bestaat dat zij nog zullen 'bewegen' (bijvoorbeeld door zetting). Afhankelijk van het verloop en de aard van de scheuren, moeten zonodig dilatatievoegen worden aangebracht.

Naast de standaard wapeningslaag en eventuele aanvullende wapening ter voorkoming van mechanische beschadigingen, zie §6.1.4, wordt op de hoeken van gevelopeningen wapening aangebracht. Deze 'diagonalen' dienen de spanningen ten gevolge van de gevelopening te spreiden.

Spanningen in het buitengevelisolatiesysteem kunnen ontstaan door donker gekleurde pleisters, door zonopwarming vindt een grotere uitzetting plaats. In extreme gevallen kunnen hierdoor scheuren ontstaan. Hier kan door de kleurkeuze in de ontwerpfase al rekening mee worden gehouden.

5.1.4 Voorkomen van mechanische beschadigingen

Mechanische beschadigingen vinden hun oorzaak vaak in (opzettelijke) stootbelastingen en onjuist gebruik. Zo kan een ladder die onvoorzichtig tegen het gevelvlak wordt geplaatst zorgen voor een mechanische beschadiging.

Het gevolg van een mechanische beschadiging is een gedeukte mortellaag, blootliggende wapenings-/isolatielaag of ondergrond [3].

In de ontwerpfase kan de kans op mechanische beschadigingen aanzienlijk worden verkleind. Daar waar de kans op mechanische beschadigingen het grootst is kan het gepleisterde buitengevelisolatiesysteem worden uitgevoerd met een pantserweefsel. Dit pantserweefsel is sterker dan het normaal toe te passen glasweefsel. Dit effect kan ook bereikt worden door het toepassen van een dubbele laag glasweefsel. In het ontwerp dient nagedacht te worden over de posities waar de kans op mechanische beschadigingen het grootst is.

Buitengevelisolatiesystemen met een afwerking op basis van steenstrips zijn vanzelfsprekend minder gevoelig voor mechanische beschadigingen.

5.2 Uitvoering

5.2.1 Vochtwering/ondergrond

Voorbehandeling

Voordat er met het aanbrengen van het buitengevelisolatiesysteem aangevangen wordt is het van belang dat de ondergrond niet te vochtig is, vochtigheid < 3 vol. % / winddroog. Daarnaast dient de ondergrond schoon te zijn, vrij van zoutuitslag, algen, stof, losse verflagen.

Het te isoleren geveloppervlak moet voor het aanbrengen van het isolatiesysteem behalve winddroog ook schoon zijn. Bij verlijmd systemen moet een vervuilde ondergrond tenminste met een harde borstel worden gereinigd.

Bij het aanbrengen van een buitengevelisolatiesysteem op een bestaand gebouw kunnen nog andere verontreinigingen aanwezig zijn. Eventueel aanwezige klimplanten moeten worden verwijderd c.q. geroid. Mos en algengroei moeten worden verwijderd en de gevel moet worden behandeld met een algendodend preparaat en vervolgens grondig worden nagespoeld met schoon water.

Stof en zoutuitslag moeten vooraf door aflossen met een staalborstel worden verwijderd, losse verflagen moeten worden afgeschraapt, vet- en olieplekken moeten worden verwijderd evenals, bij betongevens in nieuwbouwsituaties, restanten van het ontkistingsmiddel en de cementhuid.

Ondergrond

De ondergrond dient slagwaterdicht te zijn. Door foutieve detaillering kan water achter het buitengevelisolatiesysteem komen en door de achterconstructie dringen. Deze lekkages zijn vaak moeilijk op te sporen en te verhelpen.

Ondergronden waarop de gevolgen van vochtschade zichtbaar zijn dienen nader onderzocht te worden. Oorzaken van vochtschade (bijvoorbeeld optrekkend vocht) dienen verholpen te worden alvorens een buitengevelisolatiesysteem aan te brengen.

In de ondergrond mogen geen grote scheuren (> 5 mm) aanwezig zijn. Ook hier dient de oorzaak te worden achterhaald en worden verholpen. Scheuren als gevolg van thermische werking van de gevel kunnen mogelijk worden verholpen door het aanbrengen van een buitengevelisolatiesysteem.

Uitvoering en aanbrengen systeem

De ondergrond dient vlak te zijn ($< +/- 3$ mm/m¹). Het isolatiesysteem kan geen oneffenheden opnemen, grotere onvlakheden zullen zich aftekenen in het uiteindelijke gevelbeeld. In de lijmlaag kunnen oneffenheden tot 5 mm worden opgevangen. Bij grotere oneffenheden kan een ander lijmsysteem worden gekozen. Oneffenheden als ankers en dergelijke kunnen uitgekeept worden in de isolatieplaat. Het hechtvlak van de verlijming dient minimaal 60% te zijn.

Insluiten van vocht in het systeem dient te worden uitgesloten. Tijdens het aanbrengen van het buitengevelisolatiesysteem dienen zoveel mogelijk de definitieve afdekkers aangebracht te zijn. Wanneer

dat niet mogelijk is dient er op een andere manier te worden voorkomen dat vocht tijdens de bouw zich insluit in het systeem.

Ter plaatse van aansluitingen van het systeem op andere gevelonderdelen dient te worden voorkomen dat water in het systeem kan dringen. Zie voor detailleringprincipes hoofdstuk 6 en bijlage 1.

Algemeen

In verband met de hechting van het systeem op de ondergrond dient bij een geveerde, gepleisterde, niet of sterk zuigende ondergrond de systeemhouder geraadpleegd te worden. Zonodig moet door het toepassen van pluggen aanvullende mechanische bevestiging plaatsvinden.

5.2.2 Voorkomen van scheuren

Scheuren kunnen ontstaan door het niet op een juiste wijze aanbrengen van de isolatie- en/of wapeningslaag.

Doorgaande naden in de isolatielaag kunnen zorgen voor scheuren. De isolatieplaten dienen in verband te worden aangebracht waarbij de verticale naden van aangrenzende platen minimaal 15 cm verspringen.

Door verschil in uitzetting en krimp tussen aangrenzende platen kunnen spanningen ontstaan welke zorgen voor scheuren. Dit kan voorkomen rondom gevelopeningen. Naden mogen daarom nooit vanuit de hoek van een gevelopening lopen. Om dit te voorkomen dient de hoek uit één plaat gezaagd te worden. Bij hoeken van gebouwen en negges dieper dan 25 cm dienen de platen in verband te worden aangebracht. Bij negges kleiner dan 25 cm dient extra wapening te worden aangebracht in de pleisterlaag.

Openstaande naden tussen isolatieplaten zorgen voor scheuren. Deze naden dienen te worden voorkomen, waar nodig kan deze naad worden afgedicht met een strook isolatiemateriaal of PUR-schuim.

Op plaatsen waar extra spanningen kunnen ontstaan moet, voor het aanbrengen van de wapeningslaag, een extra spanningsverdelende strook worden aangebracht. Te denken valt aan brandstroken, bevestigingspunten van leidingen e.d.

5.3 Onderhoud

5.3.1 Algemeen

De mate van benodigd onderhoud hangt af van de gekozen eindafwerking. Gepleisterde buitengevelisolatiesystemen zijn niet onderhoudsvrij maar bij een goed ontwerp en uitvoering wel onderhoudsarm. De mate van onderhoud hangt ook af van de acceptatiegrens. Bij licht gekleurde gevels kan vervuiling/bealging eerder tot een ongewenst beeld en dus tot onderhoud leiden. In het algemeen kan gesteld worden dat de acceptatiegrens bij gepleisterde afwerking lager ligt dan bij metselwerk/steenstrips afwerking.

5.3.2 Overschilderen

Om de gevel in een goede conditie te houden is het aan te bevelen elke zes jaar de gevel over te schilderen. Voor het overschilderen moet een voldoende dampdoorlatende muurverf worden gebruikt, die geschikt is voor toepassing op gevelisolatie.

Er zijn voor buitentoepassing ongeschikte verven, latex of muurverven op oplosmiddelbasis etc., die bij gevelisolatie direct, of na verloop van tijd, schade veroorzaken. De belangrijkste oorzaak van de schade is dan de toegenomen dampdichtheid van de afwerklaag, waardoor verdamping vanuit de pleisterlaag (sterk) afneemt.

5.3.3 Kitvoeg

Pas bij voorkeur geen kit toe daar waar het in het zicht blijft. Kitvoegen moeten eens in de drie jaar worden nagelopen en eventueel vervangen.

5.3.4 Vervuiling/algengroei

Door het beter isoleren van een gevel wordt deze van binnenuit minder opgewarmd. De isolatielaag beperkt het warmtetransport van binnen naar buiten, hierdoor droogt de natte gevel minder snel. Gevel(delen) , ongeacht de afwerking, die gedurende langere tijd vochtig blijven zijn gevoeliger voor algengroei en vervuiling [1].

Naast de invloed van de isolatie op het drogen van de gevel/de groei van algen zijn er nog andere factoren die hier invloed op hebben. Gevels die op het Noorden zijn georiënteerd, geveldelen die afgeschermd worden door andere bouwdelen of begroeiing blijven langer vochtig. Ook heeft de de structuur van het pleisterwerk invloed op de gevoeligheid voor algengroei/vervuiling. Onjuiste detaillering kan hier ook invloed op hebben.

Alvorens tot reiniging over te gaan is het belangrijk om te bepalen of er sprake is van alg of vuil. De reinigingsmethode zal hierop moeten worden afgestemd.

Algengroei/vervuiling kan verwijderd worden, maar als er niks aan de oorzaak gedaan wordt zal het terugkeren. Op plaatsen waar begroeiing de bezonning belemmert kan het verwijderen van beplanting een eenvoudige effectieve maatregel zijn.

Een preventieve maatregel is het kiezen voor een 'waterafstotende' coating, een coating die weinig water opneemt [1].

Hoofdstuk 6 Keuze voor buitengevelisolatiesystemen

In de voorgaande paragrafen zijn enkele belangrijke principes behandeld. Bij het behandelen van voor- en nadelen wordt en dan ook vanuit gegaan dat deze principes correct zijn toegepast. Vanzelfsprekend is een juiste detaillering en zorgvuldige uitvoering voorwaarde voor het onderstaande beeld van voor- en nadelen.

6.1.1 Voordelen

1. Minder koudebruggen waardoor de kans op binnen oppervlaktecondensatie en de vorming van schimmels verkleind wordt.
2. De kans op inwendige condensatie is erg klein.
3. Thermische spanningen in de achterconstructie worden door buitengevelisolatie tegengegaan.
4. Er zijn zeer hoge warmteweerstanden mogelijk (tot circa $R_c = 12 \text{ m}^2\text{K/W}$).
5. Door de hoge isolatiewaarden kan een buitengevelisolatiesysteem beter koude toegevoerde lucht binnenhouden dan een traditionele gevel met spouw.
6. Bestaande gevels zijn op eenvoudige wijze na te isoleren en van een geheel ander uiterlijk te voorzien.
7. Slanke bouwconstructie door het ontbreken van een spouw.
8. Er is een grote mate van vormvrijheid en vrijheid in afwerkingsmogelijkheden (pleisterwerk, tegels, steenstrips, beplating, etc).
9. De noodzaak voor gevel dragers en andere hulpconstructies ontbreekt.

6.1.2 Nadelen

1. Bij gepleisterde afwerkingen is er een grotere gevoeligheid voor vervuiling. Hoe lichter de kleur, des te sneller valt vervuiling op. Dit heeft mede te maken met de acceptatie: op pleisterwerk wordt het gezien als vervuiling, op metselwerk als 'patina'.
2. Er is een grotere kans op mechanische beschadigingen bij gepleisterde afwerkingen;
3. Mogelijk hogere onderhoudskosten dan bijvoorbeeld metselwerk bij gepleisterde afwerkingen, door gewenste esthetische beeld (zie punt 1).

6.1.3 Aandachtspunten detaillering

1. De detaillering dient dusdanig te zijn dat er geen vocht achter de mortel en het systeem kan dringen. Ook mag er geen vocht tegen de mortellaag komen te staan;
2. Waterslagen dienen uitgevoerd te worden met voldoende overstek (30 tot 50 mm) en waar nodig voorzien van kopschotten;
3. Er moet rekening gehouden worden met verankeringsplekken van steigers of ladders in verband met toekomstig onderhoud;
4. Enkele mortels zijn niet bestand tegen continue vochtbelasting. Op maaiveld niveau kan het pleisterwerk worden beschermt door een bitumenverflaag;
5. Teneinde mogelijke problemen als gevolg van koudebruggen te voorkomen moet het systeem tenminste beginnen op 30 cm. beneden de onderkant van de begane grondvloer;

6. Het wordt sterk ontraden om de kozijnen vlak in de gevel te plaatsen. De kans op lekkages is daarbij in de praktijk groter gebleken dan bij de uitvoering met een neggekant.

In bijlage 1 zijn principedetails opgenomen waarin de bovenstaande aanbevelingen zijn verwerkt.

Hoofdstuk 7 Praktijkvoorbeelden

Een selectie van recente projecten met buitengevelisolatiesystemen in nieuwbouw en renovatie in zowel de woning- als de utiliteitsbouw.



Project	Kinabu
Plaats	Zeist
Architect	Van Hoogevest Architecten, Amersfoort
Applicateur	Fleurbaaij Totaal Afbouw, Aalten
System	StoTherm Classic, StoVentec Fassade



Project	Villa Veth
Plaats	Hattem
Architect	123DV Architecten, Rotterdam
Applicateur	Lenferink Afbouw, Lemelerveld
Systeem	Strikotherm GW-Plus, Strikotherm Spachtelpleister Siliconen 1.5 mm



Project	Kunstvereniging Diepenheim
Plaats	Diepenheim
Architect	Ten Dam Architecten, Diepenheim
Applicateur	Fleurbaij Totaal Afbouw, Aalten
Systeem	StoTherm Classic



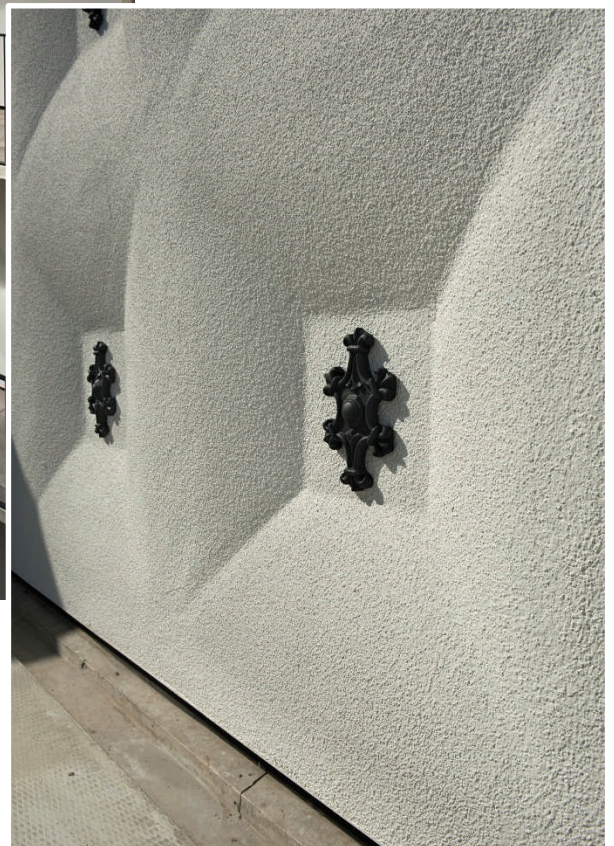
Project	Amicitia
Plaats	Leeuwarden
Architect	Jo Coenen Architects, Amsterdam
Applicateur	Afbouw Perdok, Groningen
Systeem	Strikothersm GW-Plus, Spachtelpleister Siliconen



Project	't Kotte (renovatie)
Plaats	Hengelo
Architect	MAS Architectuur, Hengelo / Rotterdam
Applicateur	Ter Woerds Afbouw, Neede
System	StoTherm Classic met overschilderde Sto-Steenstrips



Project	Paradijsstraat (renovatie)
Plaats	Voorburg
Architect	Overeem Architecten bv, Leidschendam
Applicateur	Groot Afbouwbedrijf bv, Volendam
System	StoTherm Vario met keramische steenstrips



Project	De Keyzer, Czaar Peterstraat
Plaats	Amsterdam
Architect	Frantzen et al Architecten, Amsterdam
Applicateur	Veerman & Kemper, Volendam
Systeem	Strikothersysteem 100 (3D) Spachtelpleister BGI



Project	Villa L
Plaats	Gorsel
Architect	MAAS Architecten, Lochem
Applicateur	Fleurbaaij Totaal Afbouw, Aalten
Systeem	StoTherm Classic



Project	Villa Neclenburgh
Plaats	Soest
Architect	Food For Buildings Architecten, Groenekan
Applicateur	Bijvast Afbouw, Almere
System	Strikotherm GW-Plus, Spachtelpleister Siliconen



Project	Witte Wolken
Plaats	Apeldoorn
Architect	Architectuurstudie HH, Amsterdam
Applicateur	Ter Woerds Afbouw, Neede
System	StoTherm Classic



Project	HEMA Spanbroek
Plaats	Spanbroek
Architect	Zeeman Architecten, Hoorn
Applicateur	Dibotherm Gevelisolatie, Oegstgeest
Systeem	Strikootherm Spachtelpleister Silicaat

Literatuurlijst

- 1 - Aussendämmung bei Bestandsbauten - Schäden, Ursachen, Instandsetzungen - Fraunhofer IBP 2010.
- 2 - Einfluss auf Sommerverhalte - Bauphysik 33 2011.
- 3 - Handboek gevelisolatie – R. van Boxtel 1995.
- 4 – BRL 1328 – Ikobkb d.d. 14-11-2004, wijzigingsblad d.d. 29-11-2012.
- 5 – Dämmung der Aussenwände – Ingenieurbüro Junge 2013.
- 6 – Langzeitverhalten – Fraunhofer IBP 2005.
- 7 – URL 0735/04 d.d.20-04-2004, wijzigingsblad d.d. 31-01-2007.
- 8 – SBR publicatie Buitengevelisolatie met gepleisterde afwerking – SBR, 2005.



Bijlage 1

Principedetailering



RAADGEVENDE INGENIEURS

Nieman

Bouwfysica, -techniek en -regelgeving

Nieman Raadgevende Ingenieurs B.V.

Vestiging Utrecht

Atoomweg 400
Postbus 40217
3504 AA Utrecht
T 030-241 34 27



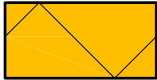


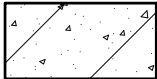


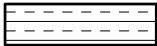



Vestiging Zwolle

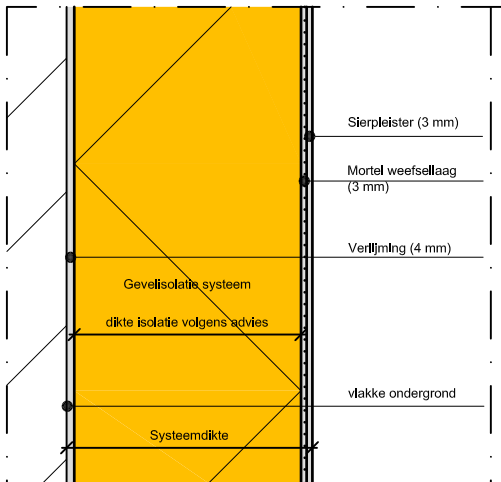
Dr. Van Lookeren -
Campagneweg 16
Postbus 40147
8004 DC Zwolle
T 038-467 00 30



NI LID INGENIEURS

In 't Hart van de Bouw

	Sierpleister
	Mortel weefsellaag
	Isolatieplaat
	Verlijming
	Afdichtband 15/4
	Betonnen ondergrond
	Metselwerk ondergrond
	Hout
	Cementgebonden plaat (derden)
	Tegelwerk (derden)
	Minerale steenstrips
	Kit (op rugvulling) (derden)

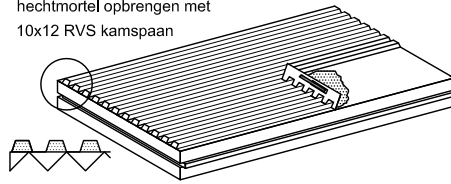


Principe Opbouw

aanbrengen isolatieplaten in (halfsteens) verband, zonder naden en verspringend op de hoeken. Systeemdikte = dikte isolatieplaat + ca. 10 mm

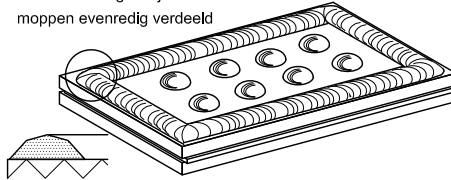
Kammbett-methode

hechtmortel opbrengen met 10x12 RVS kamspaander



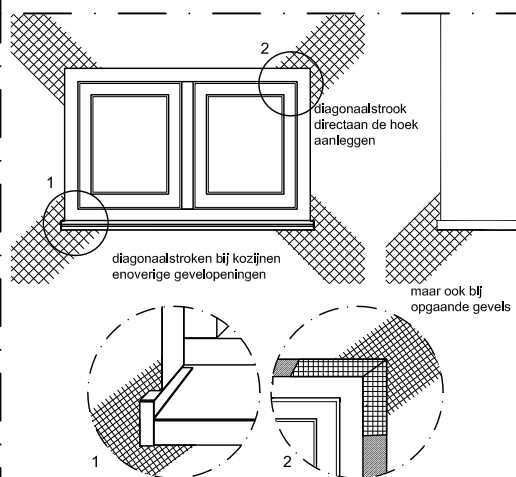
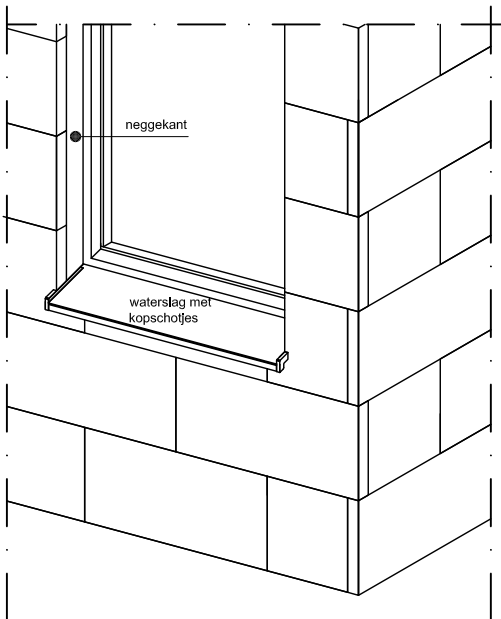
Moppen-methode

randen volledig verlijmen
moppen evenredig verdeeld



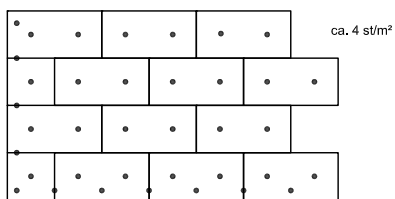
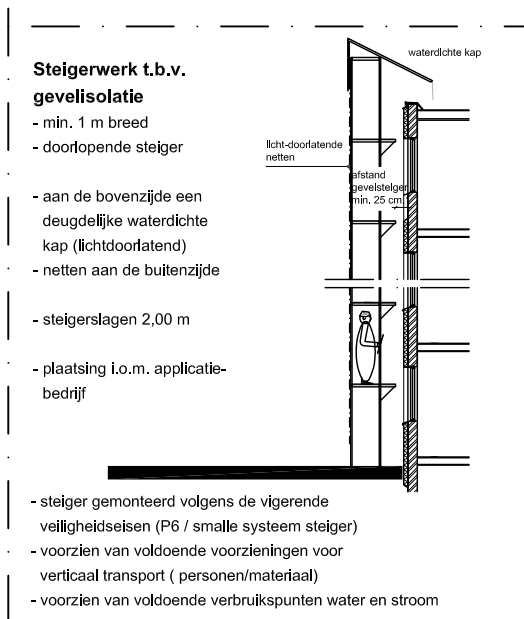
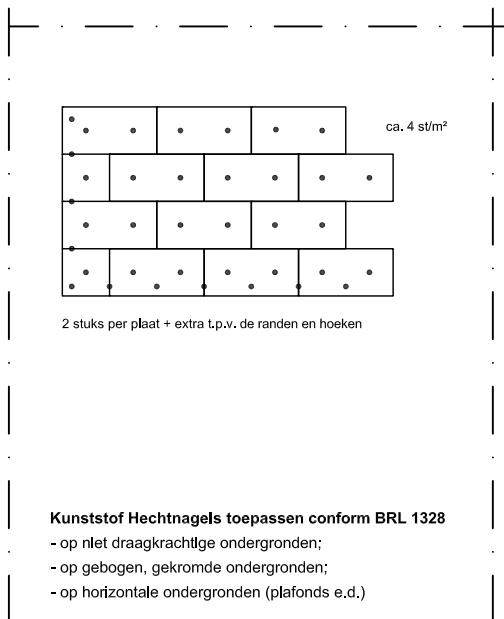
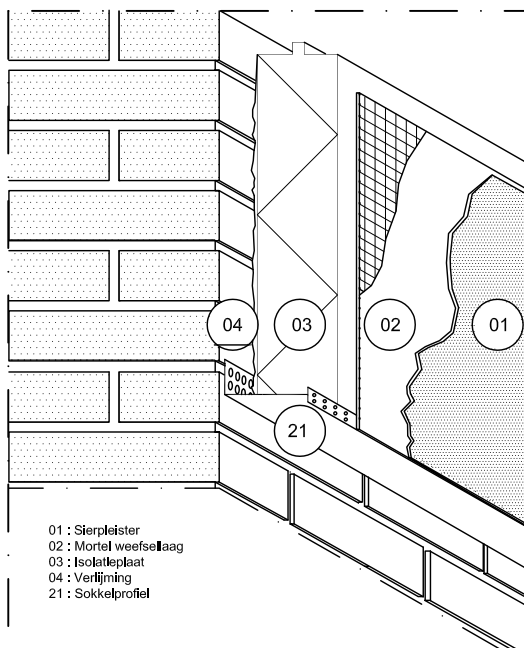
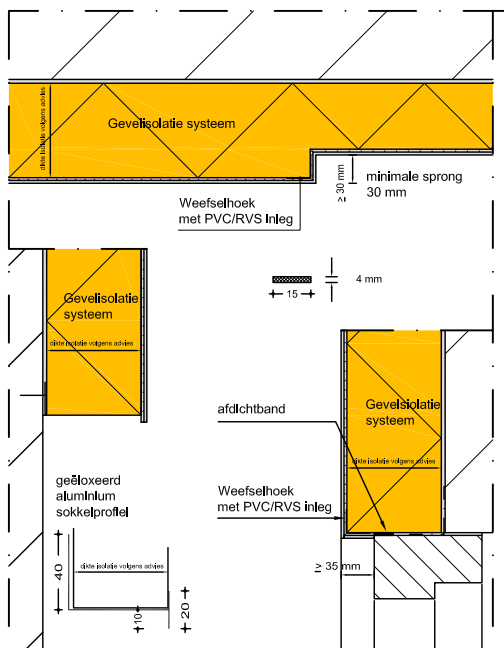
Aanbrengen Isolatieplaten

- hechtvlak dient minimaal 60 % te bedragen;
- randen volledig verlijmd;
- stempel aan de buitenzijde
- Kammbett-methode of Moppen-methode



Diagonaalstroken (min. 300 x 300 mm)

t.p.v. kozijnen en overige gevelopeningen, opgaand werk e.d. loodrecht op de diagonaal



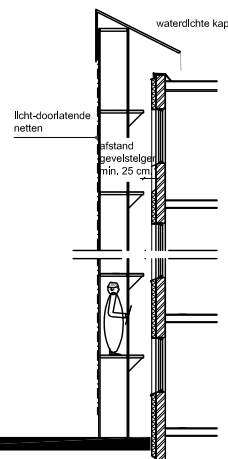
2 stuks per plaat + extra t.p.v. de randen en hoeken

Kunststof Hechnagels toepassen conform BRL 1328

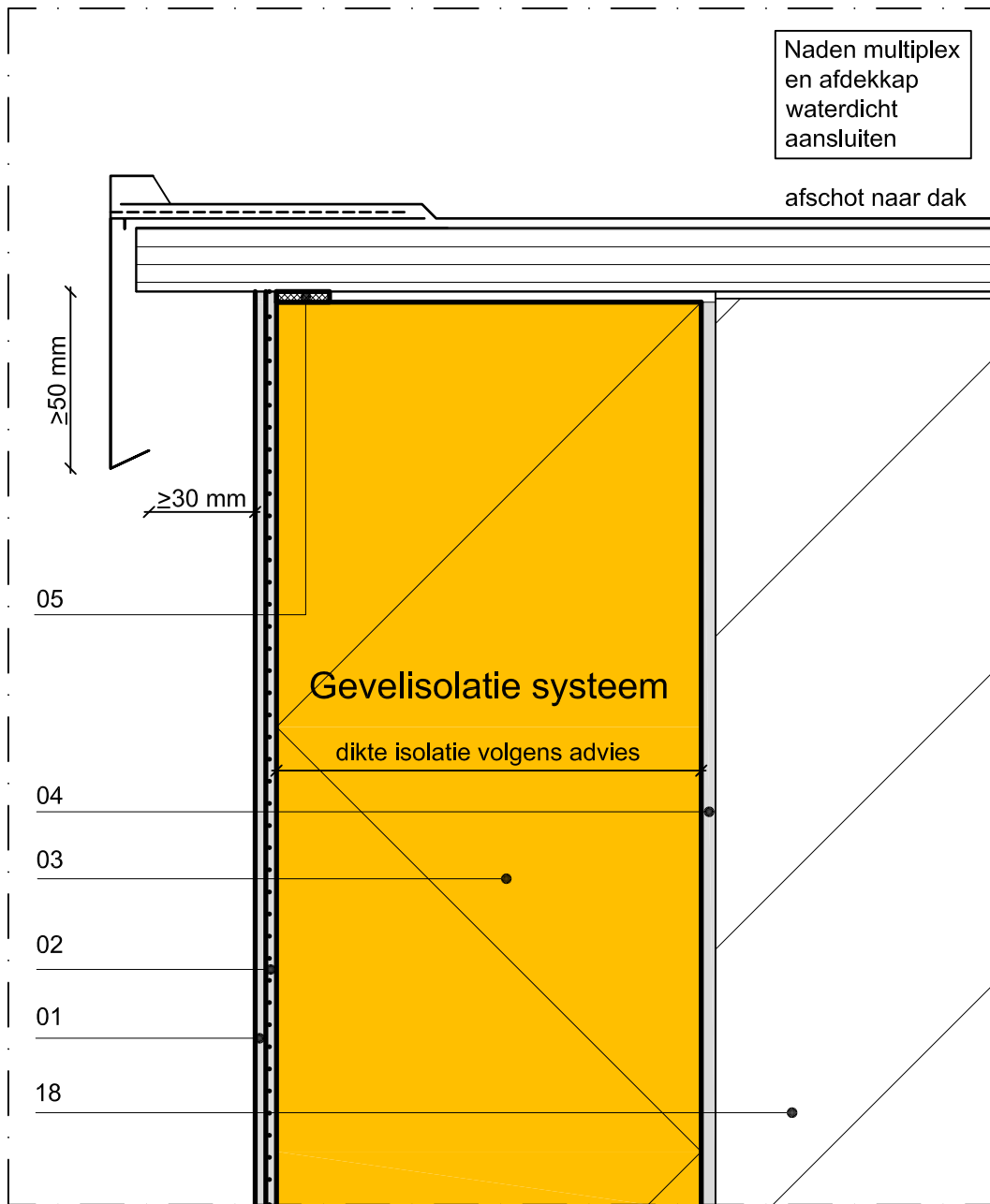
- op niet draagkrachtige ondergronden;
- op gebogen, gekromde ondergronden;
- op horizontale ondergronden (plafonds e.d.)

Steigerwerk t.b.v. gevelisolatie

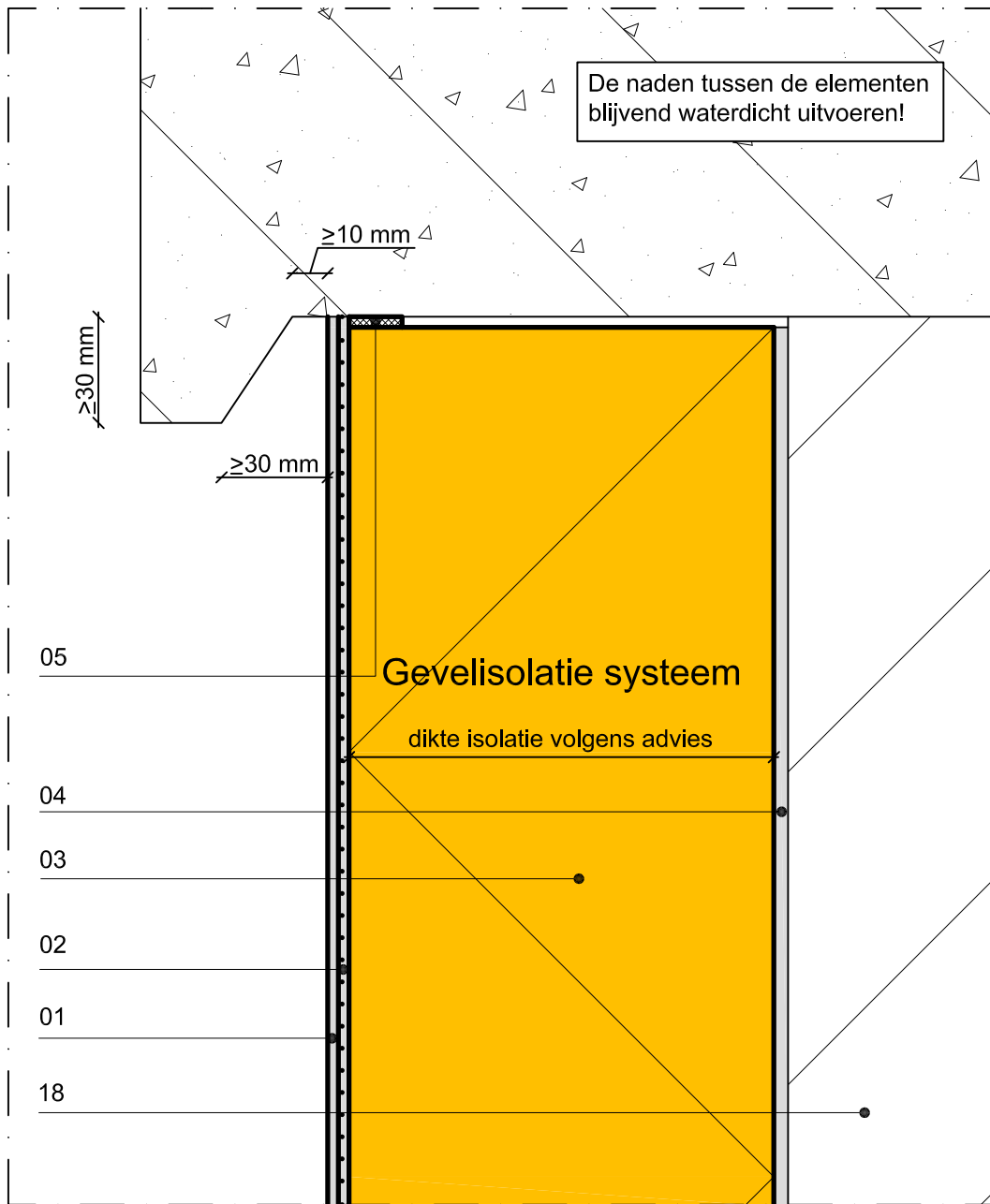
- min. 1 m breed
- doorlopende steiger
- aan de bovenzijde een deugdelijke waterdichte kap (lichtdoorlatend)
- netten aan de buitenzijde
- steigerlagen 2,00 m
- plaatsing i.o.m. applicatie-bedrijf



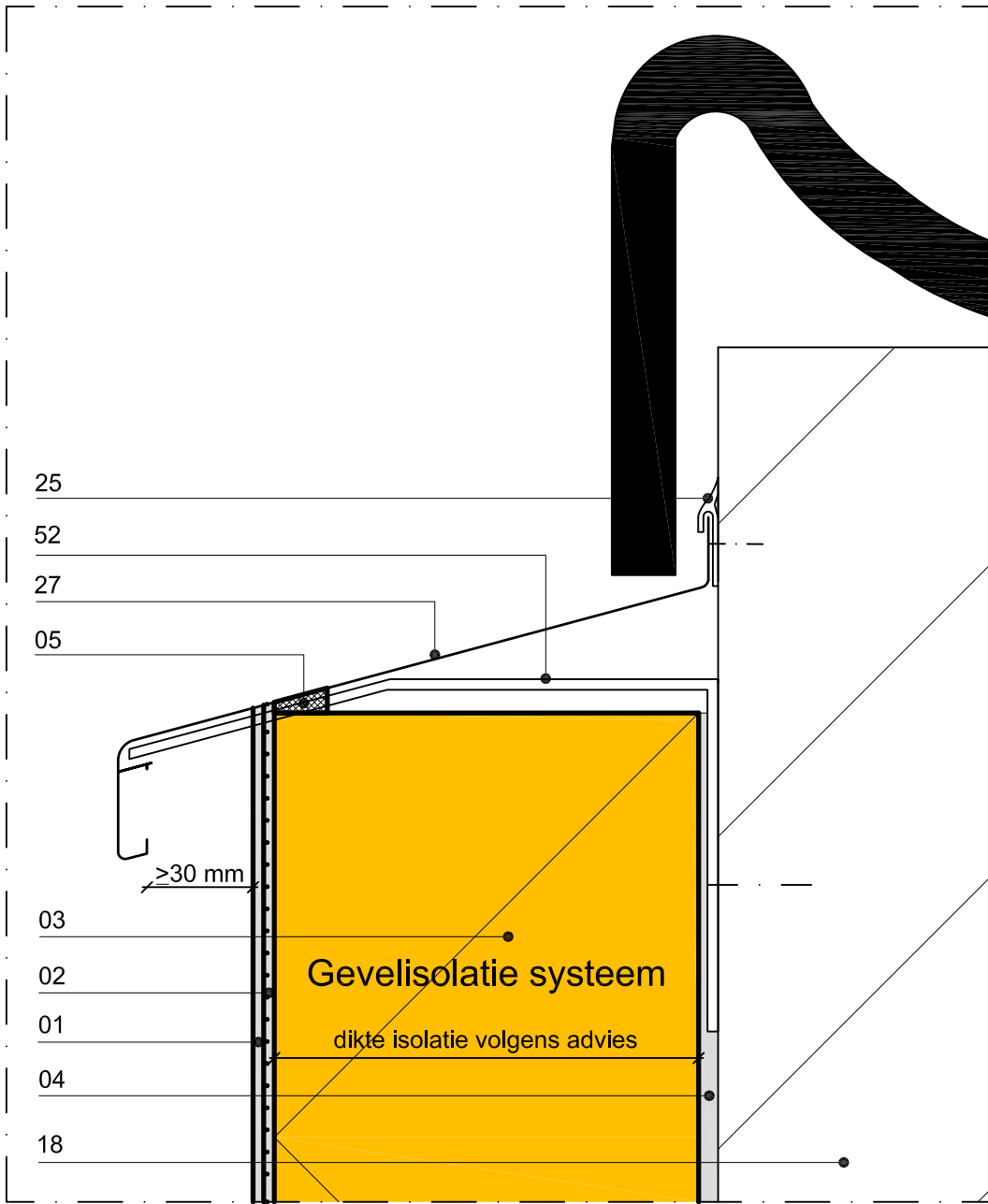
- steiger gemonteerd volgens de vigerende veiligheidseisen (P6 / smalle systeem steiger)
- voorzien van voldoende voorzieningen voor verticaal transport (personen/materiaal)
- voorzien van voldoende verbruikspunten water en stroom



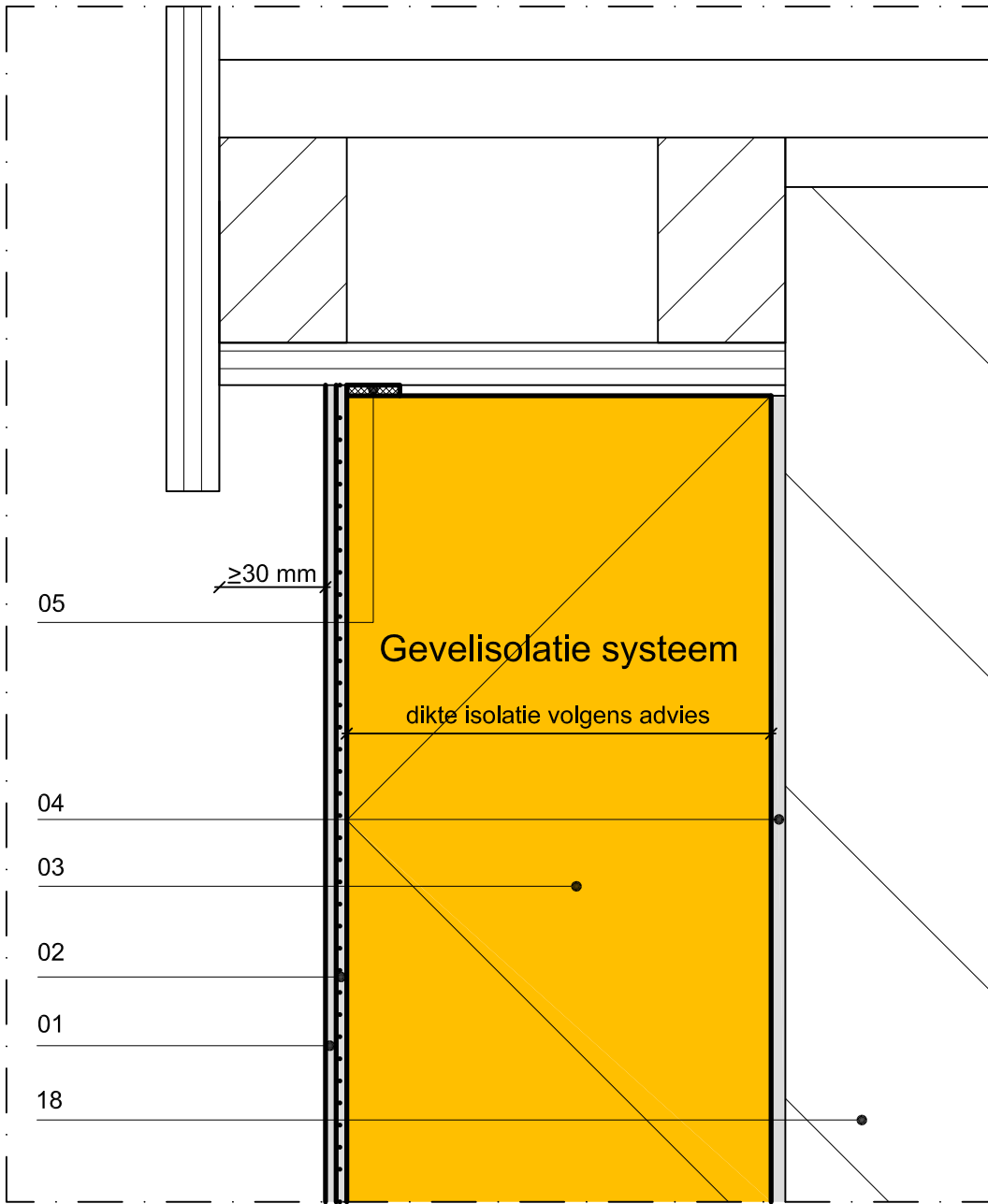
aansluiting tegen dakrand	1.4
---------------------------	-----



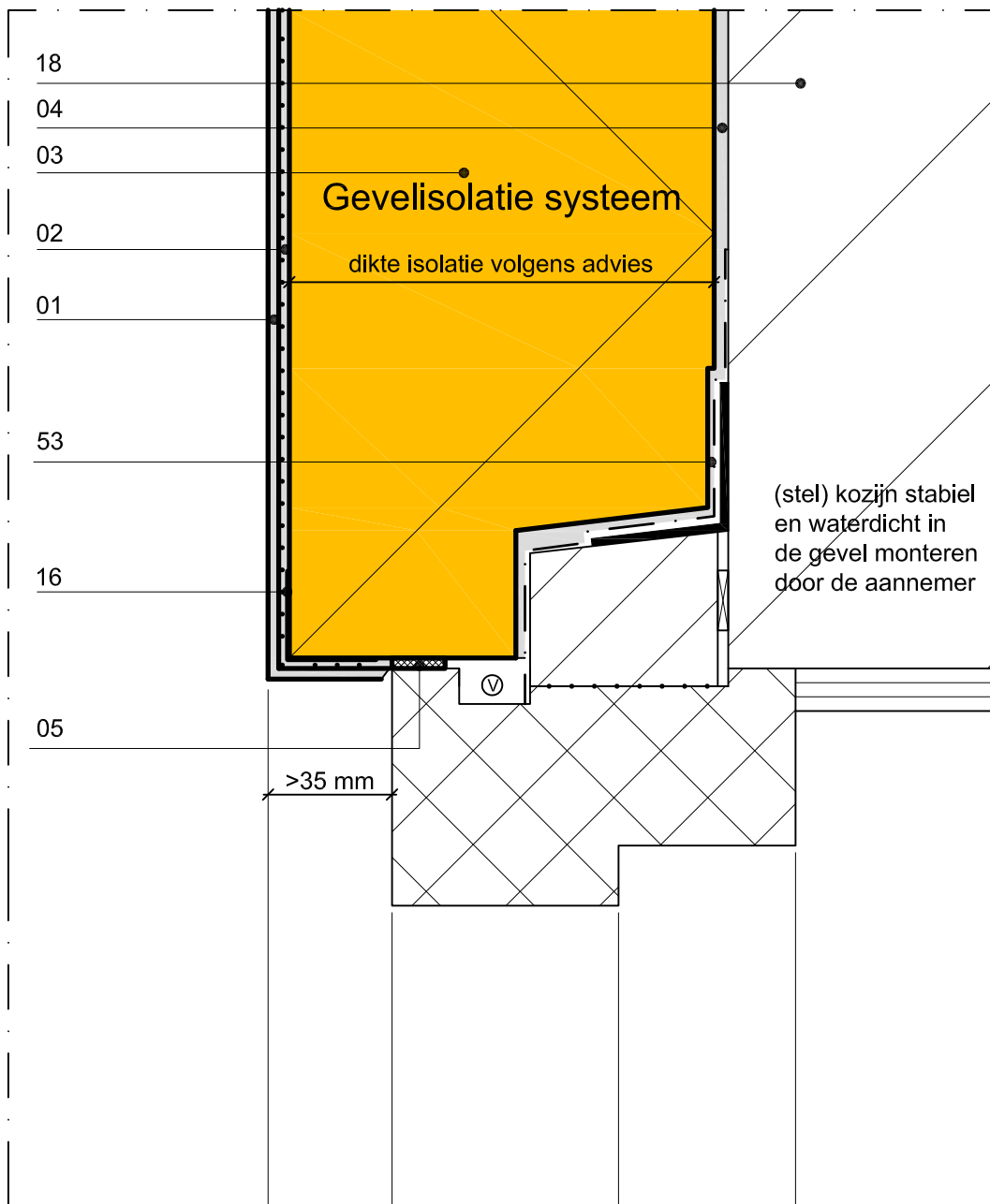
aansluiting tegen betonnen (dak)rand	1.5
--------------------------------------	-----



aansluiting tegen dakrand	1.6
---------------------------	-----

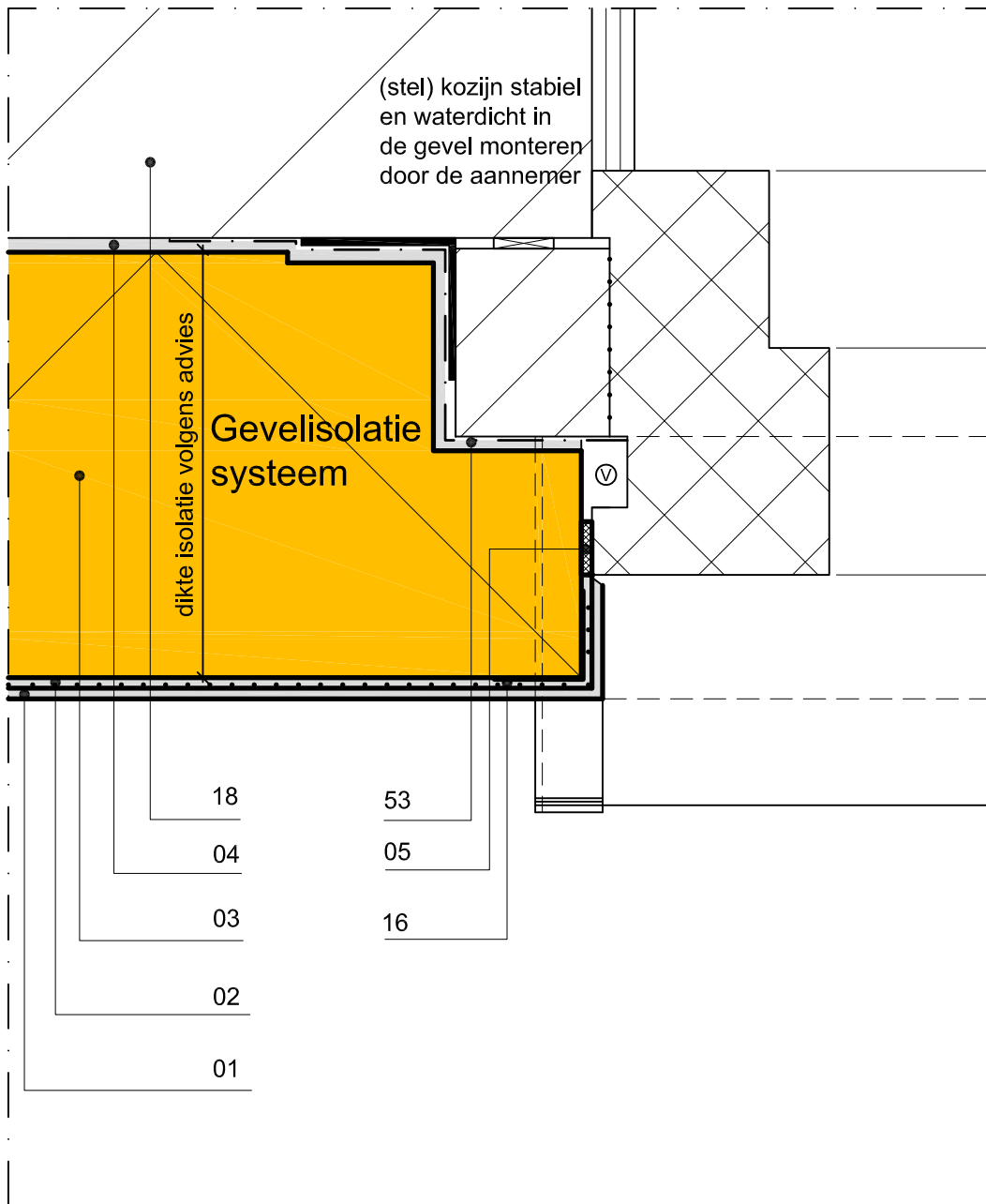


aansluiting bij dakrand / boeiboord	1.7
-------------------------------------	-----



V = ventilatieopening

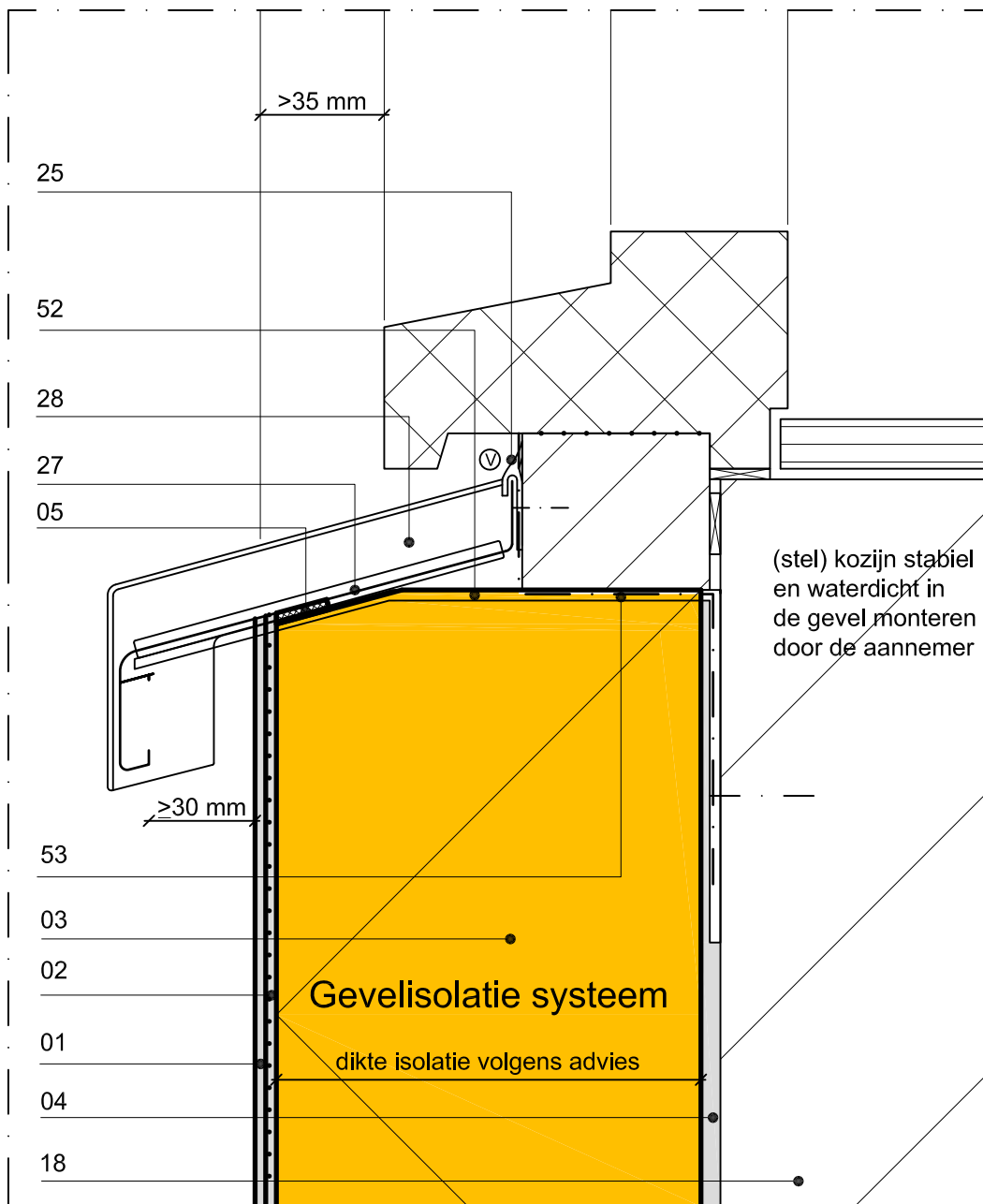
aansluiting tegen houten kozijn / bovendorpel	1.8
---	-----



V = ventilatieruimte

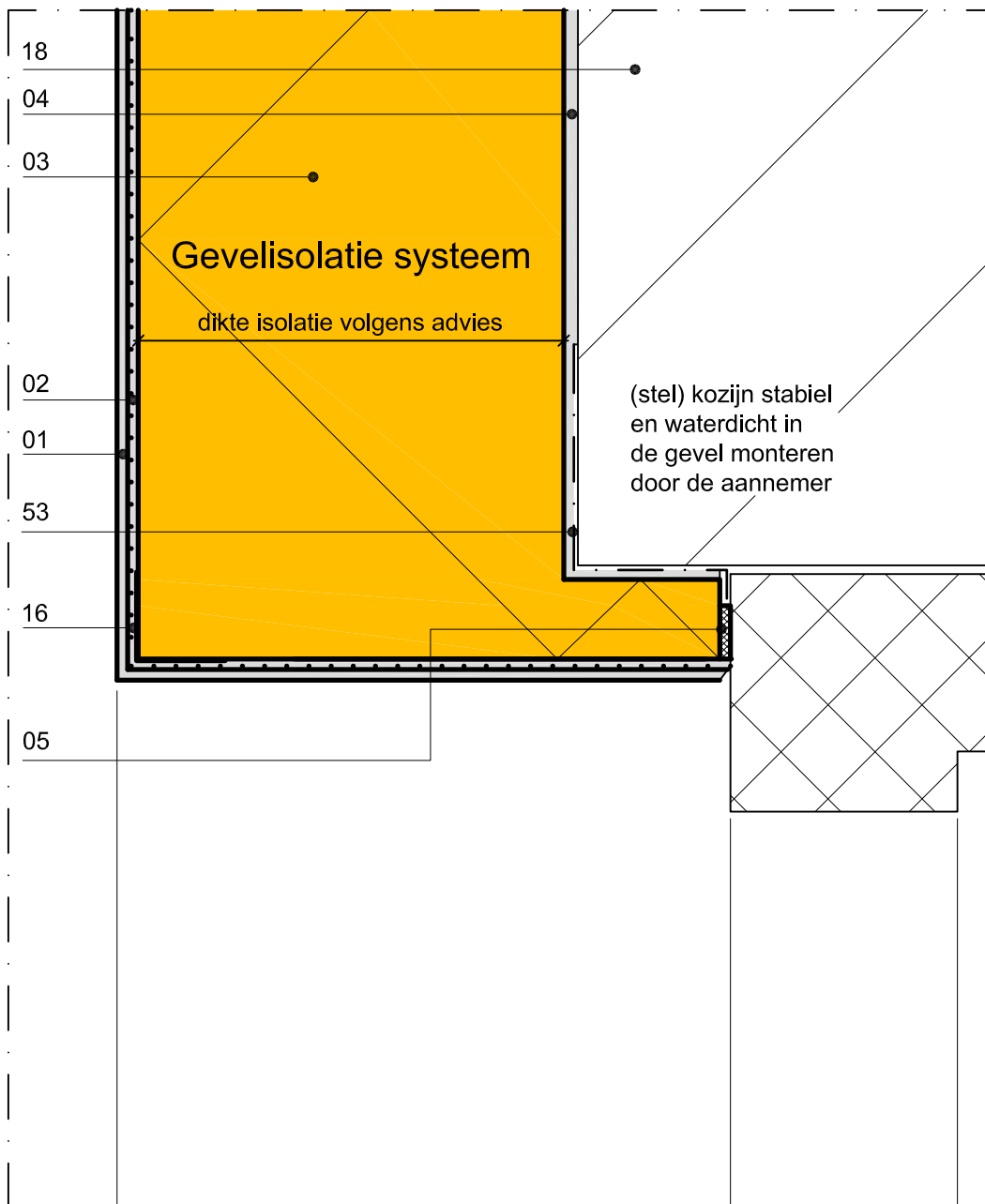
aansluiting tegen houten kozijn / stijl

1.9



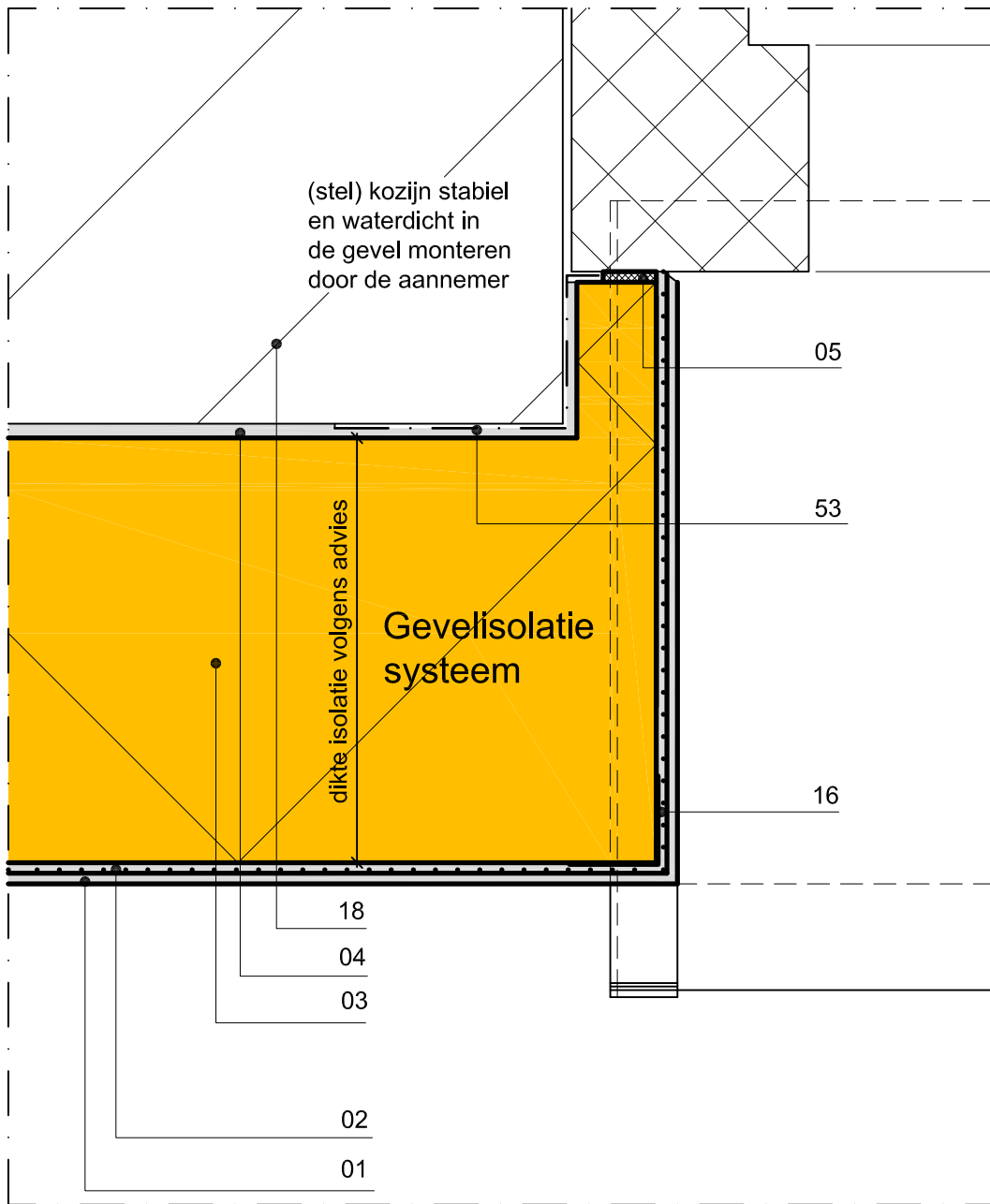
V = ventilatieopening

aansluiting tegen houten kozijn / onderdorpel	1.10
---	------



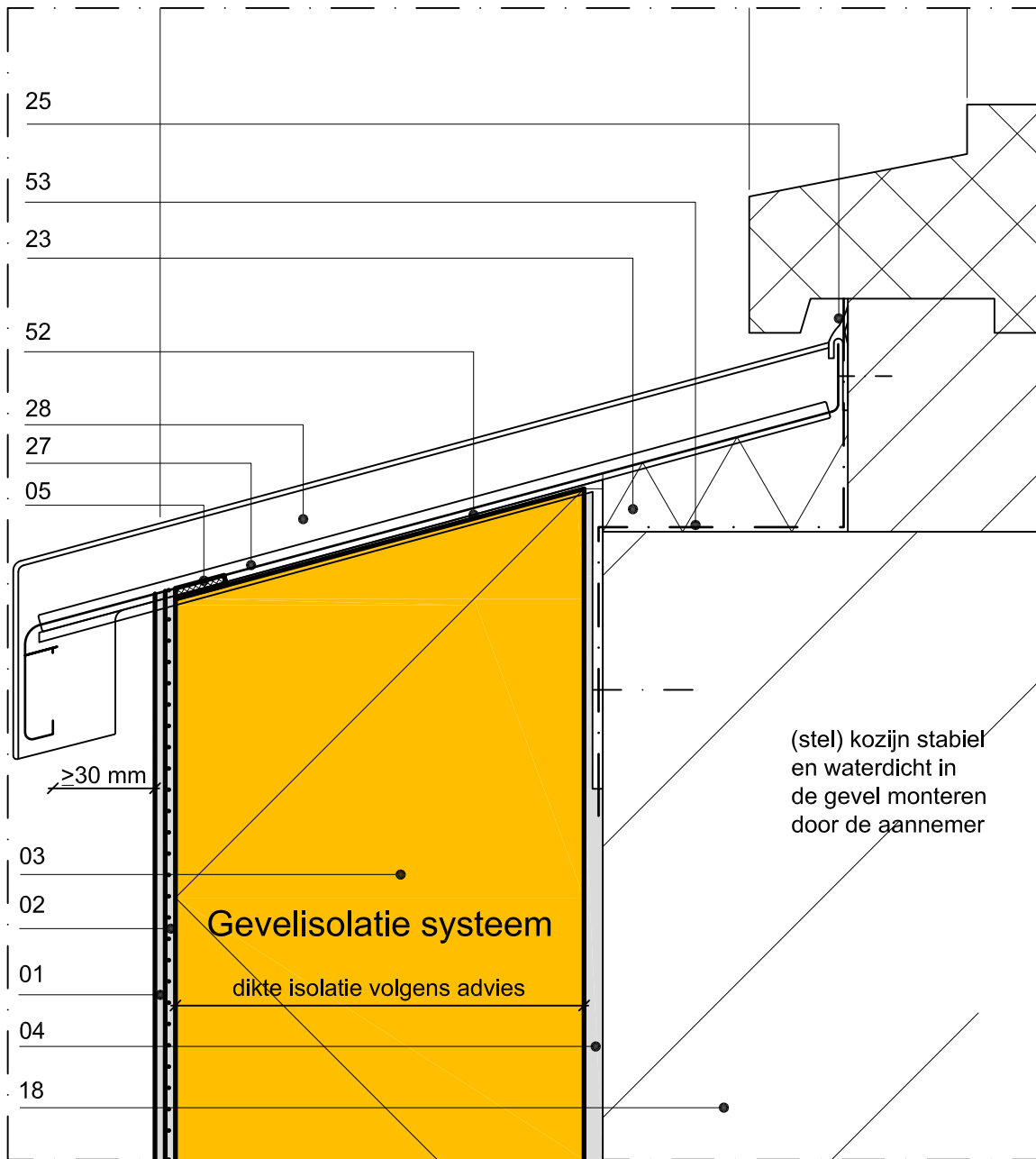
aansluiting tegen houten kozijn / bovendorpel

1.11



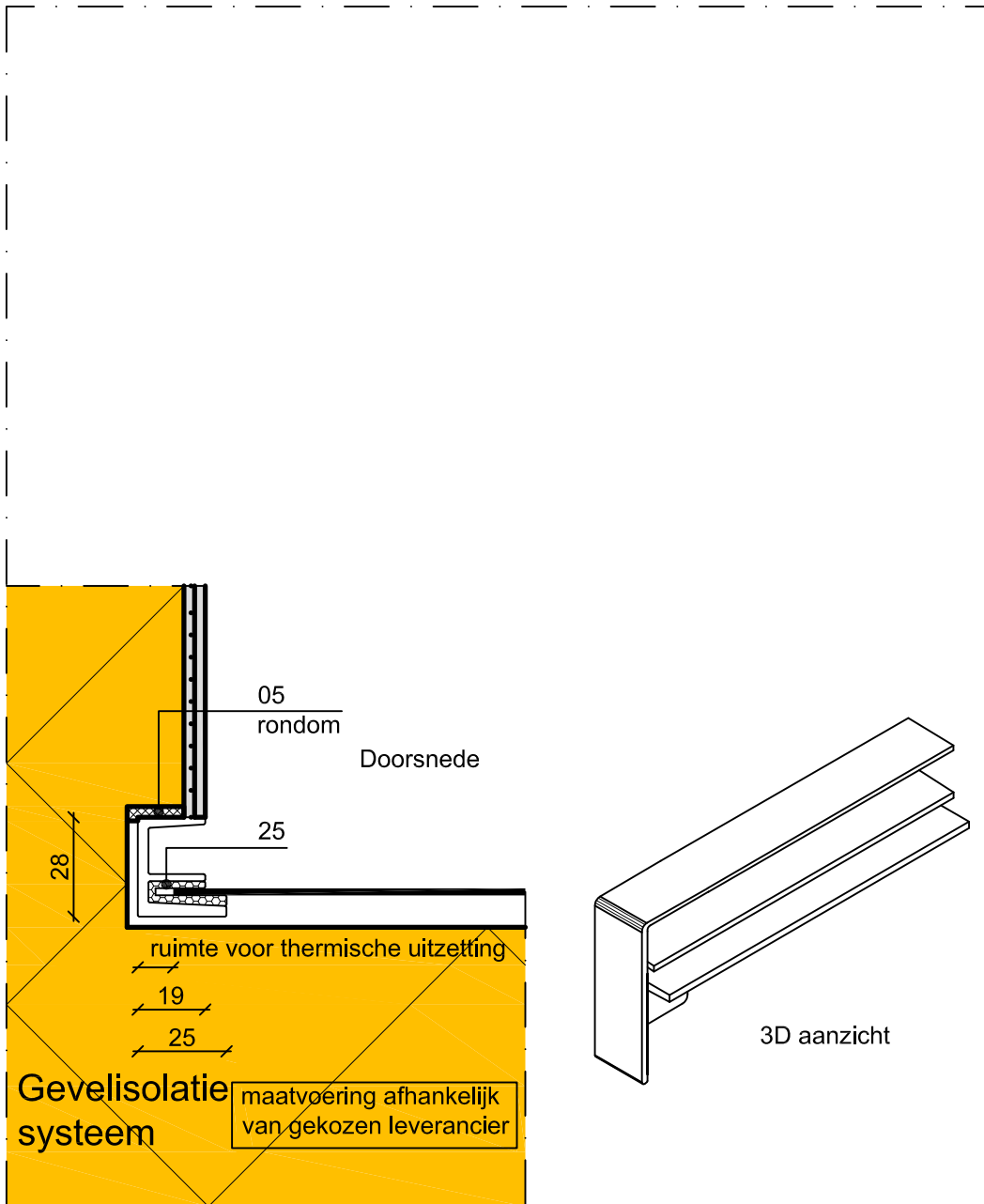
aansluiting tegen houten kozijn / stijl

1.12

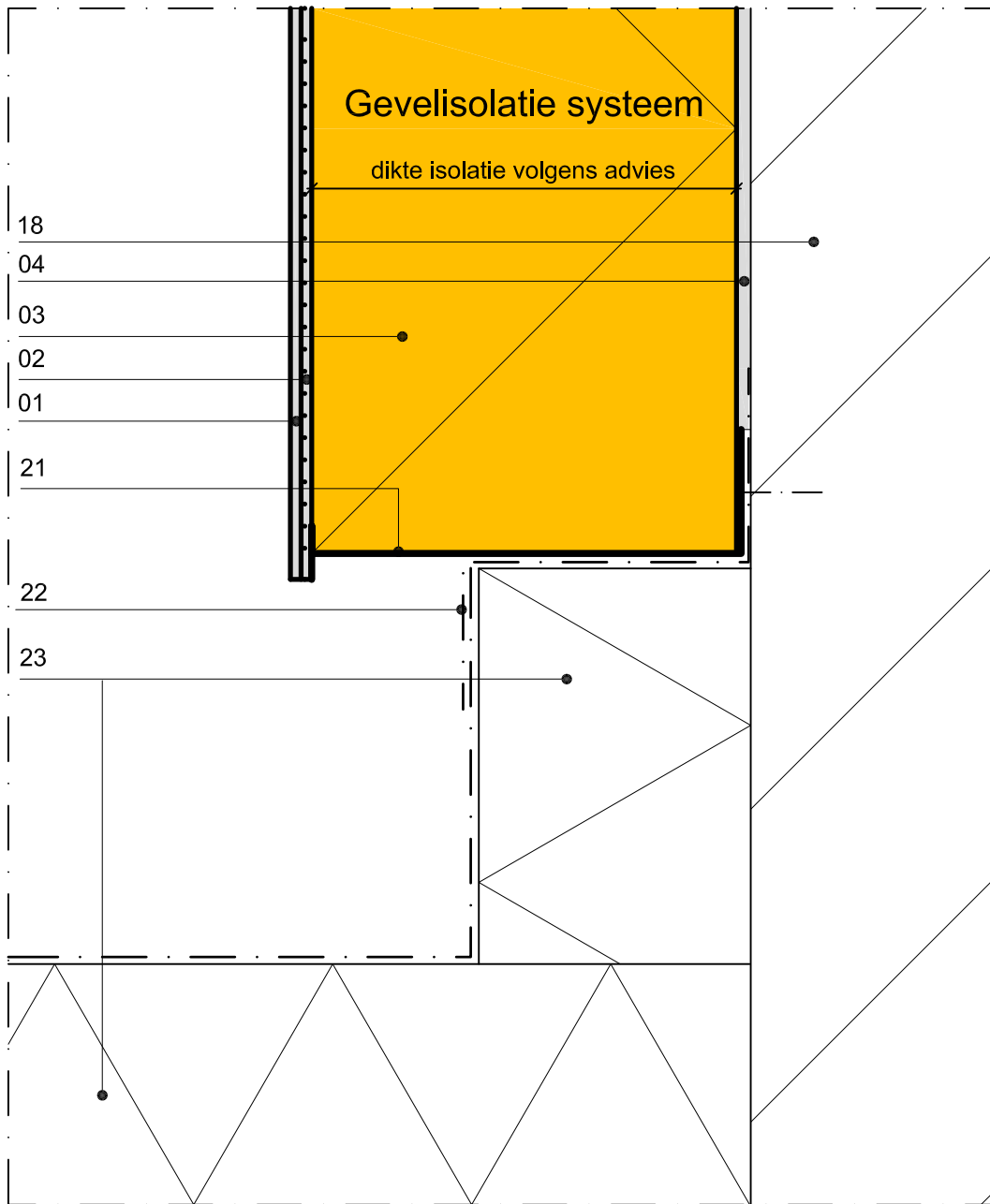


aansluiting tegen houten kozijn / onderdorpel

1.13

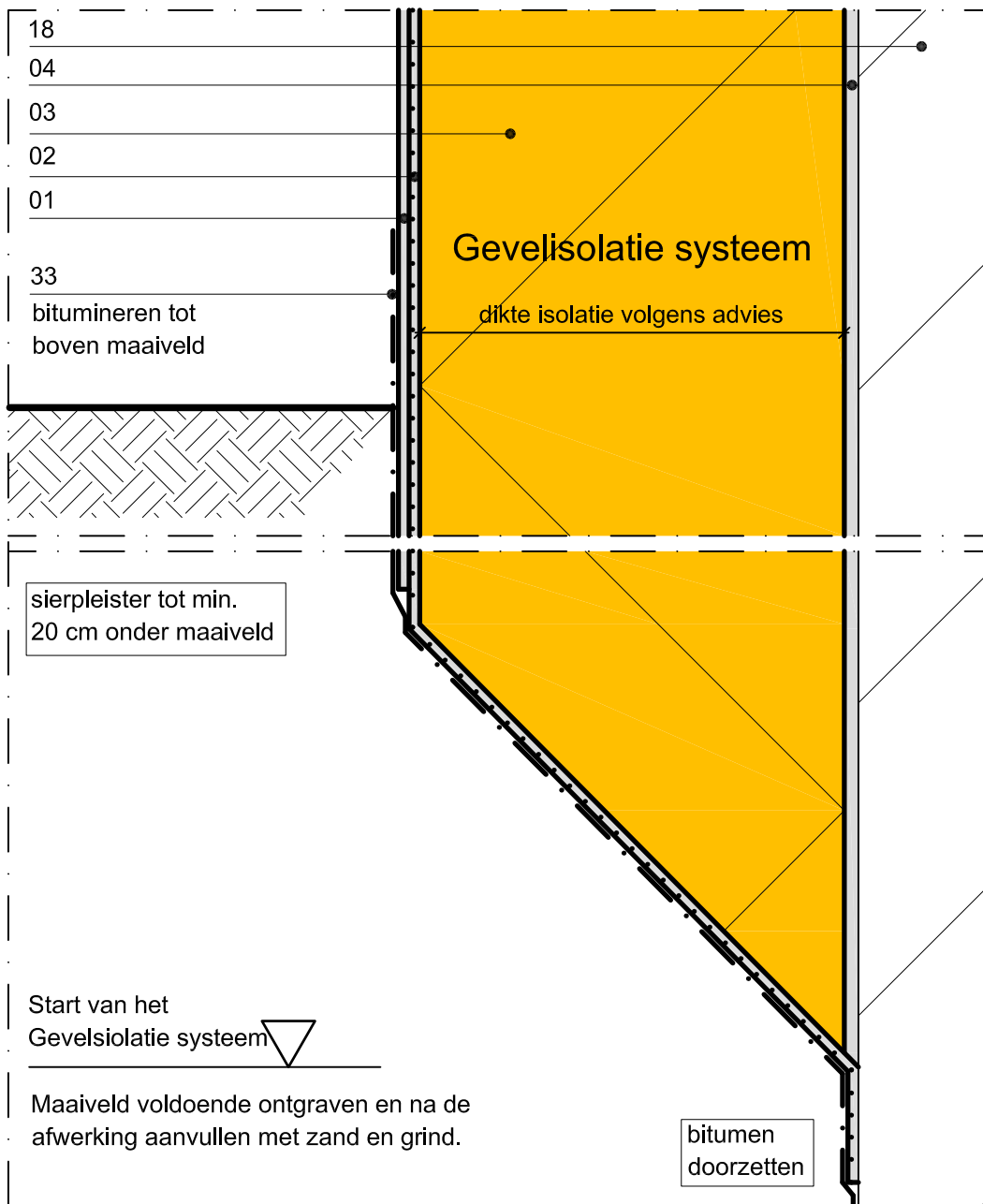


principe aansluiting tegen 'kopschotje'	1.14
---	------



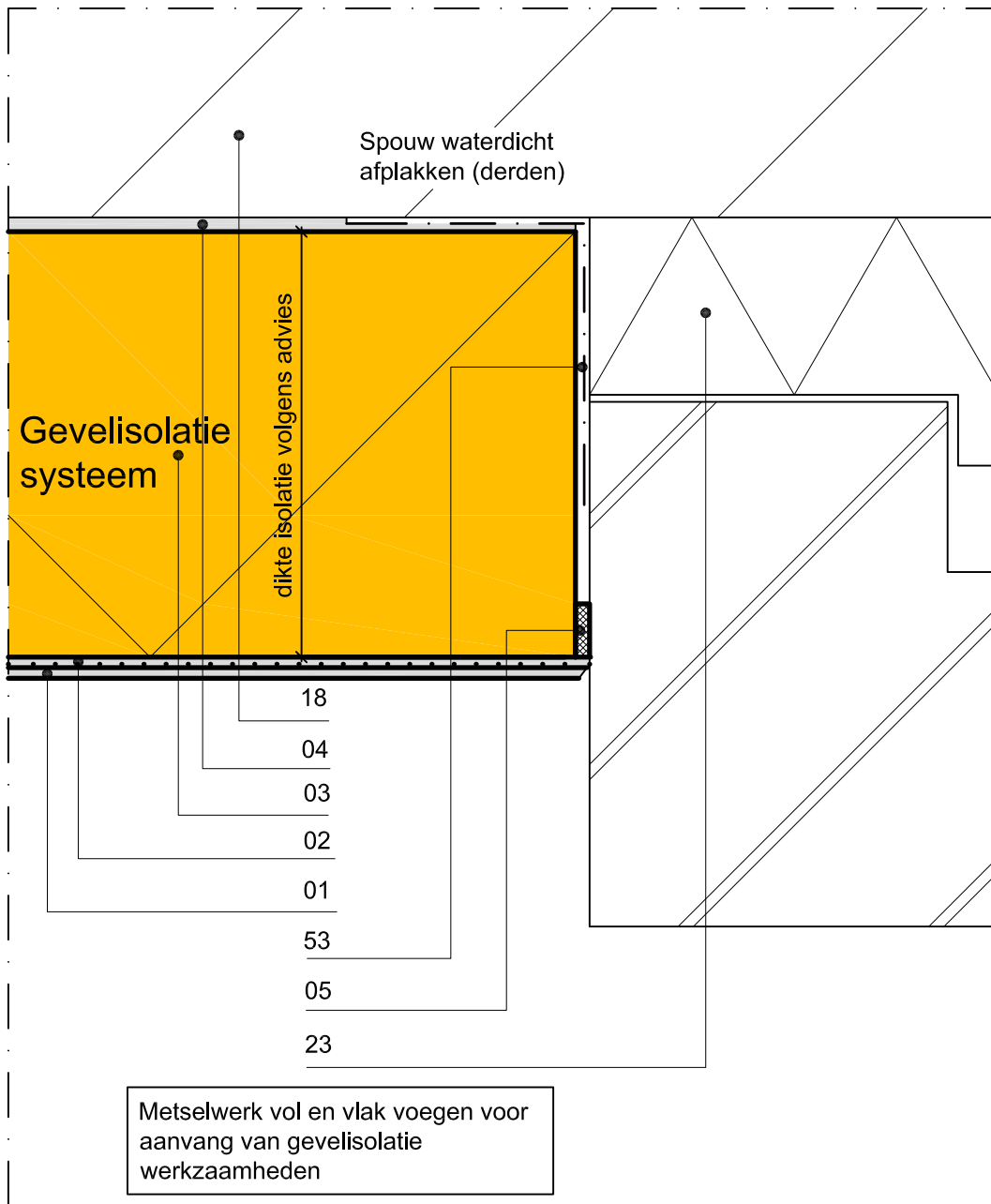
start systeem boven lager gelegen dak

1.15



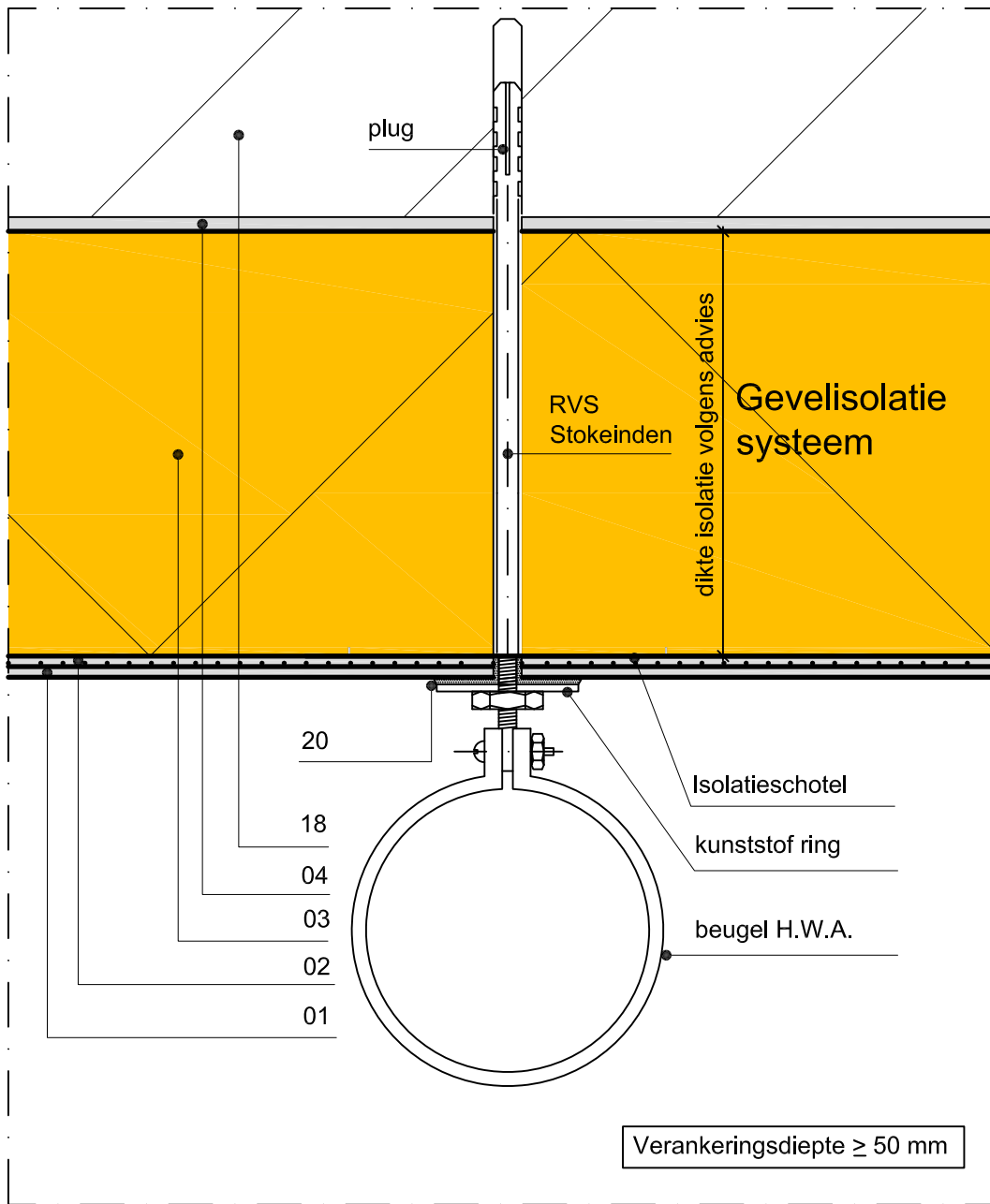
start systeem in maaiveld

1.16



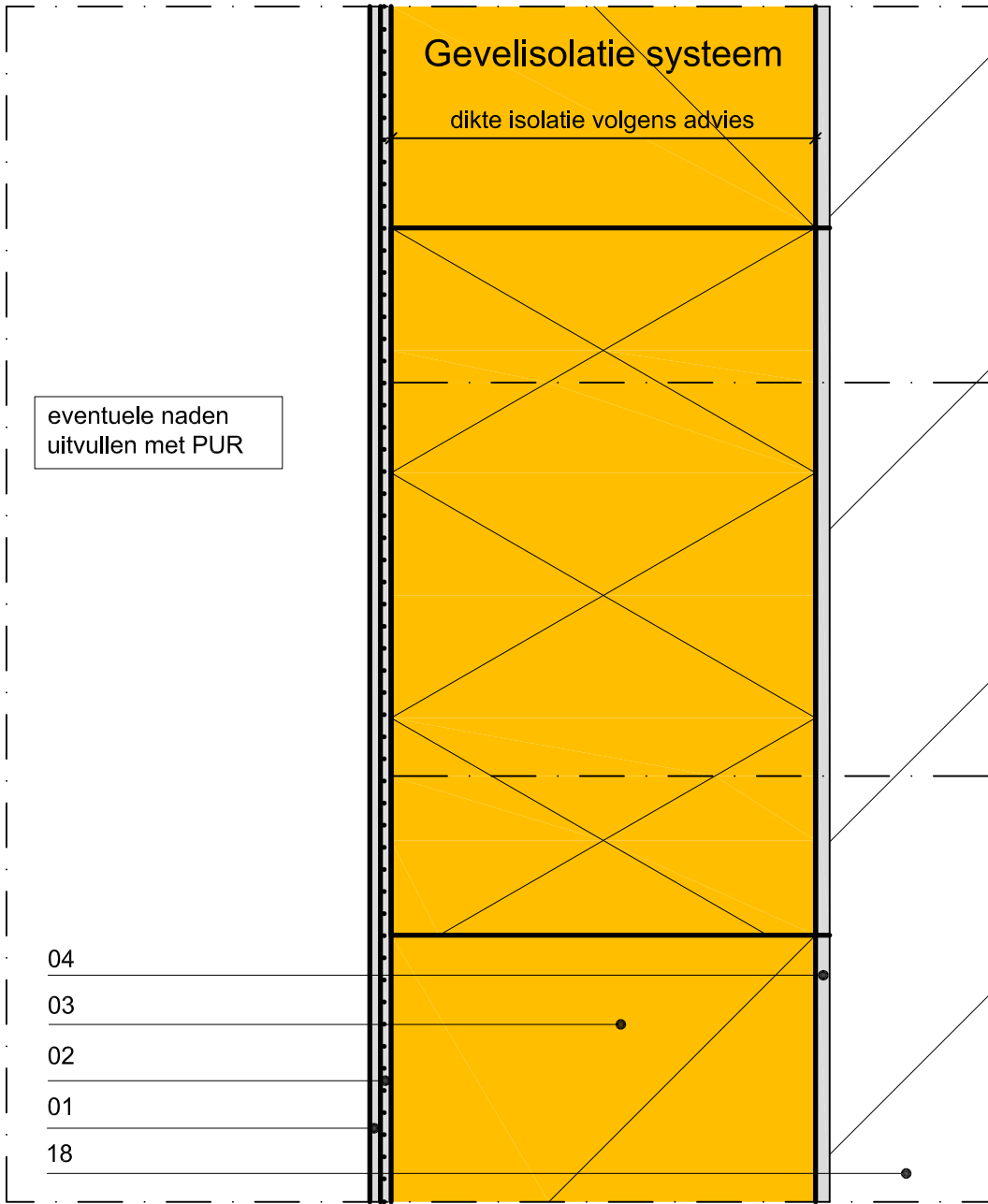
aansluiting tegen metselwerk

1.17

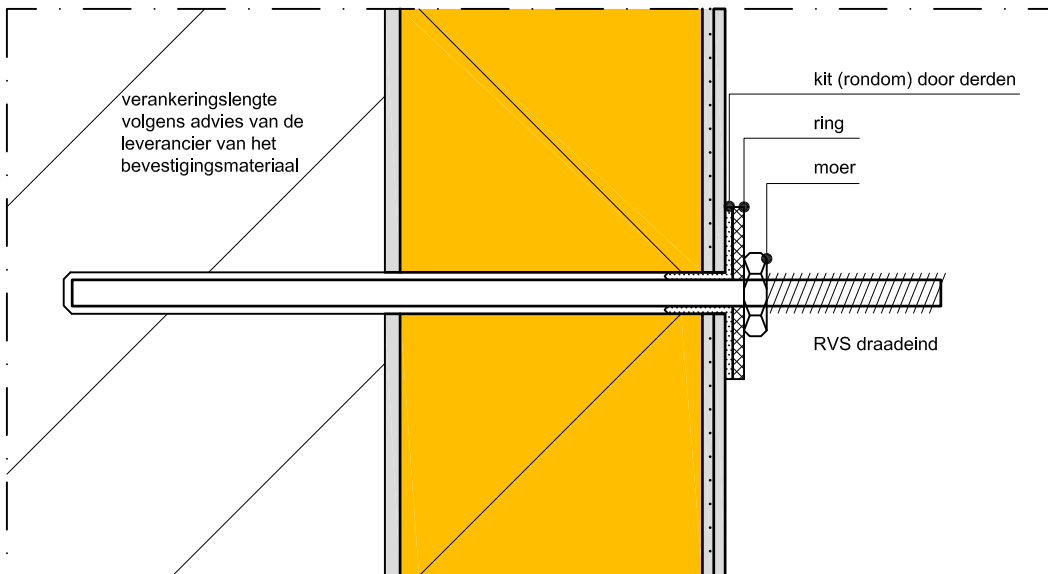


aansluiting bevestiging H.W.A.

1.18

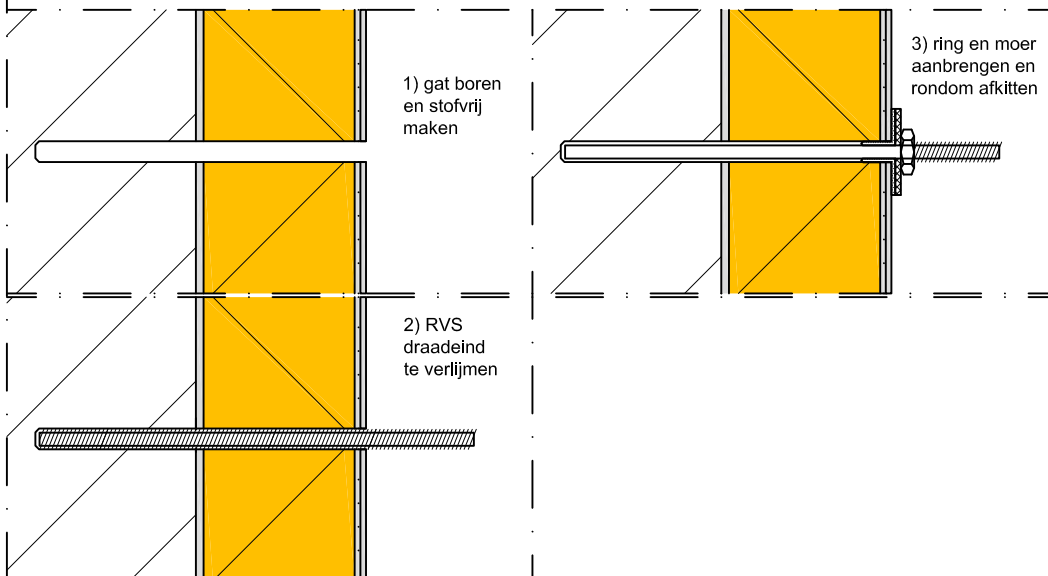


bevestigingen	1.19
---------------	------

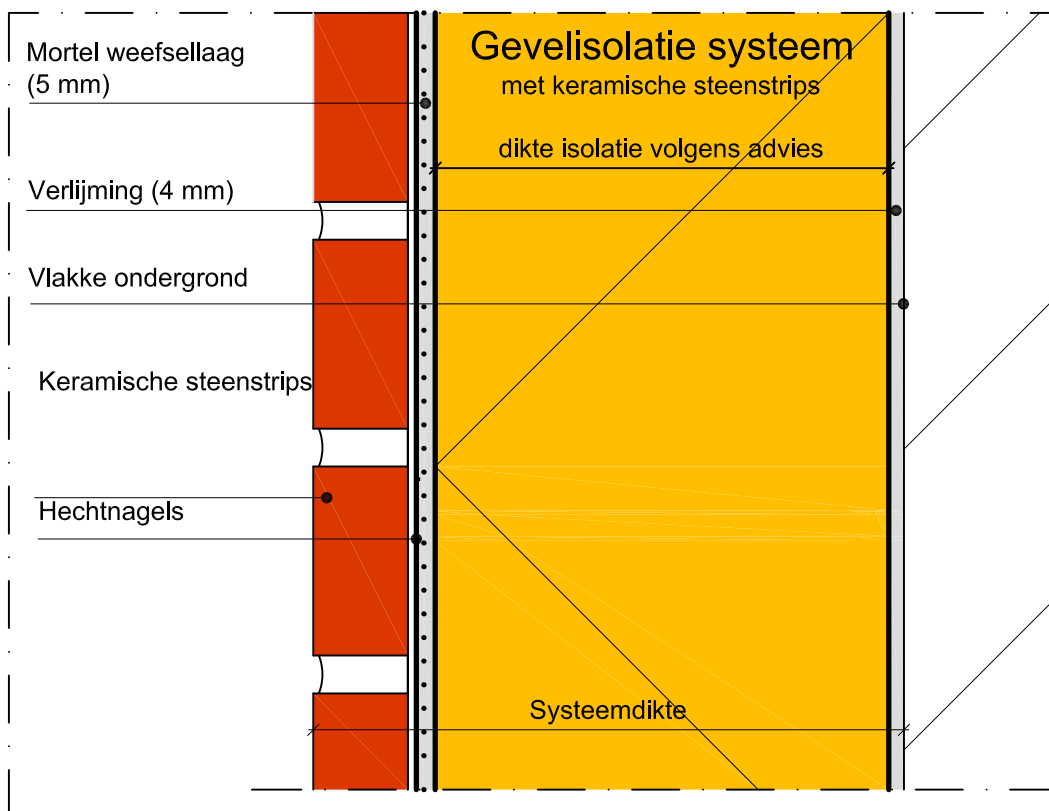


De keuze en de uitvoering van het bevestigingsmateriaal in overeenstemming met de gevraagde toepassing en de voorhanden ondergrond.

De bevestiging mag het gevelisolatie systeem niet belasten.



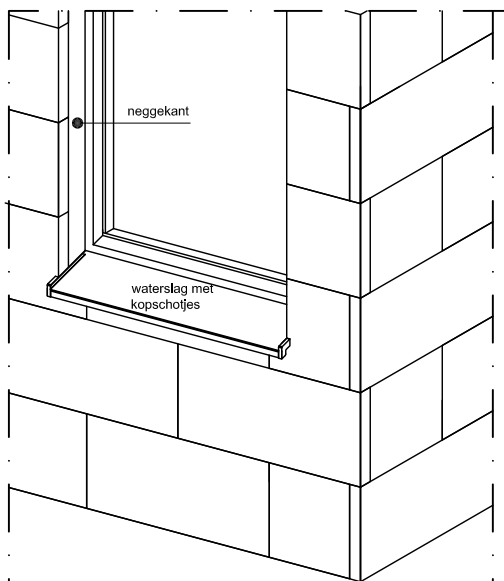
	Keramische steenstrips
	Mortel weefsellaag
	Isolatieplaat
	Verlijming
	Afdichtband 15/4
	Afdichtband Lento 25/9-18
	Betonnen ondergrond
	Metselwerk ondergrond
	Hout
	Cementgebonden plaat (derden)
	Kit (op rugvulling) (derden)



Principe Opbouw

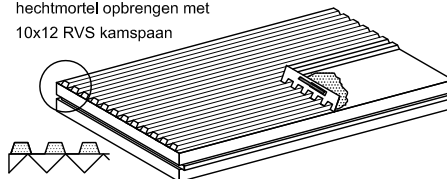
Aanbrengen isolatieplaten in (halfsteens) verband, zonder naden en verspringend op de hoeken.

Systeemdikte = dikte isolatieplaat + ca. 11 mm + dikte van de steenstripsafwerking



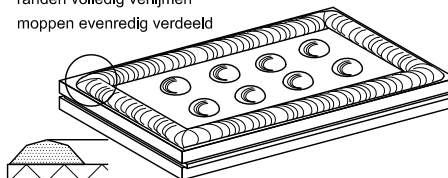
Kammbett-methode

hechtmortel opbrengen met
10x12 RVS kamspaan



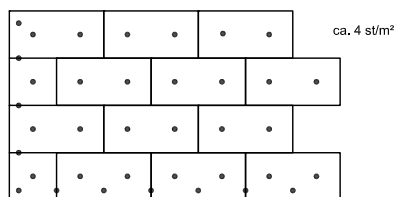
Moppen-methode

randen volledig verlijmen
moppen evenredig verdeeld



Aanbrengen Isolateplaten

- hechtvlak dient minimaal 60 % te bedragen;
- randen volledig verlijmd;
- stempel aan de buitenzijde
- Kammbett-methode of Moppen-methode



2 stuks per plaat + extra t.p.v. de randen en hoeken

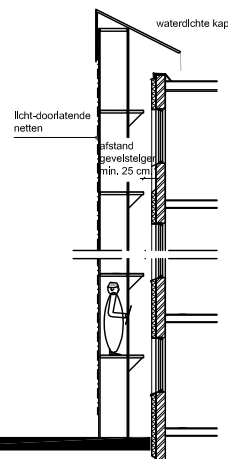
- Ter plaatse van alle ondergronden minimaal 4 st. kunststof hechnagels per m² toepassen, door de weefsellaag aangebracht.
- Tot een hoogte van max. 3,5 mtr. boven maaiveld mag een bevestiging met 4 st. kunststof hechnagels per m² onder de weefsellaag toegepast worden.

Kunststof Hechnagels toepassen conform BRL 1328

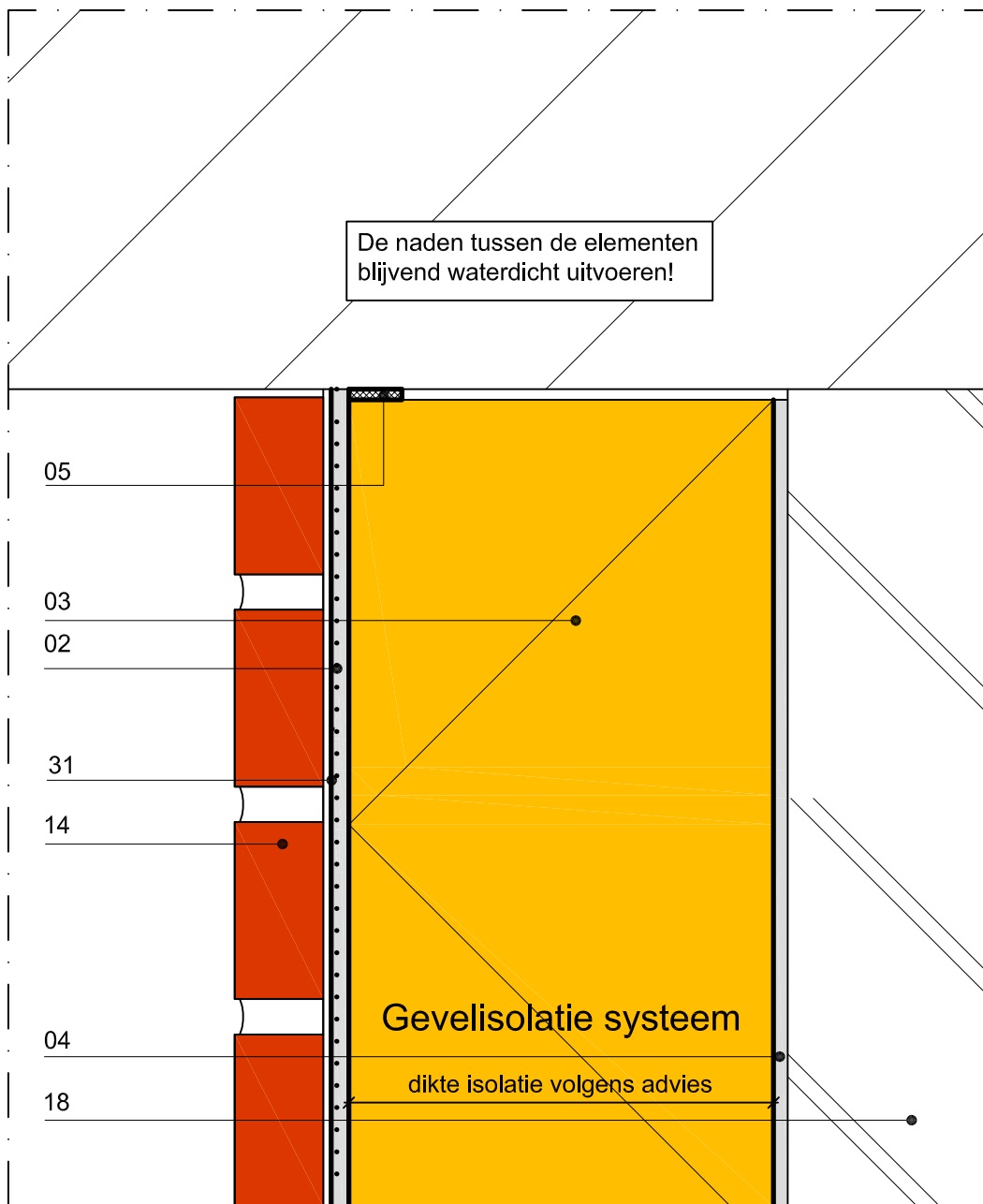
- op niet draagkrachtige ondergronden;
- op gebogen, gekromde ondergronden;
- op horizontale ondergronden (plafonds e.d.)

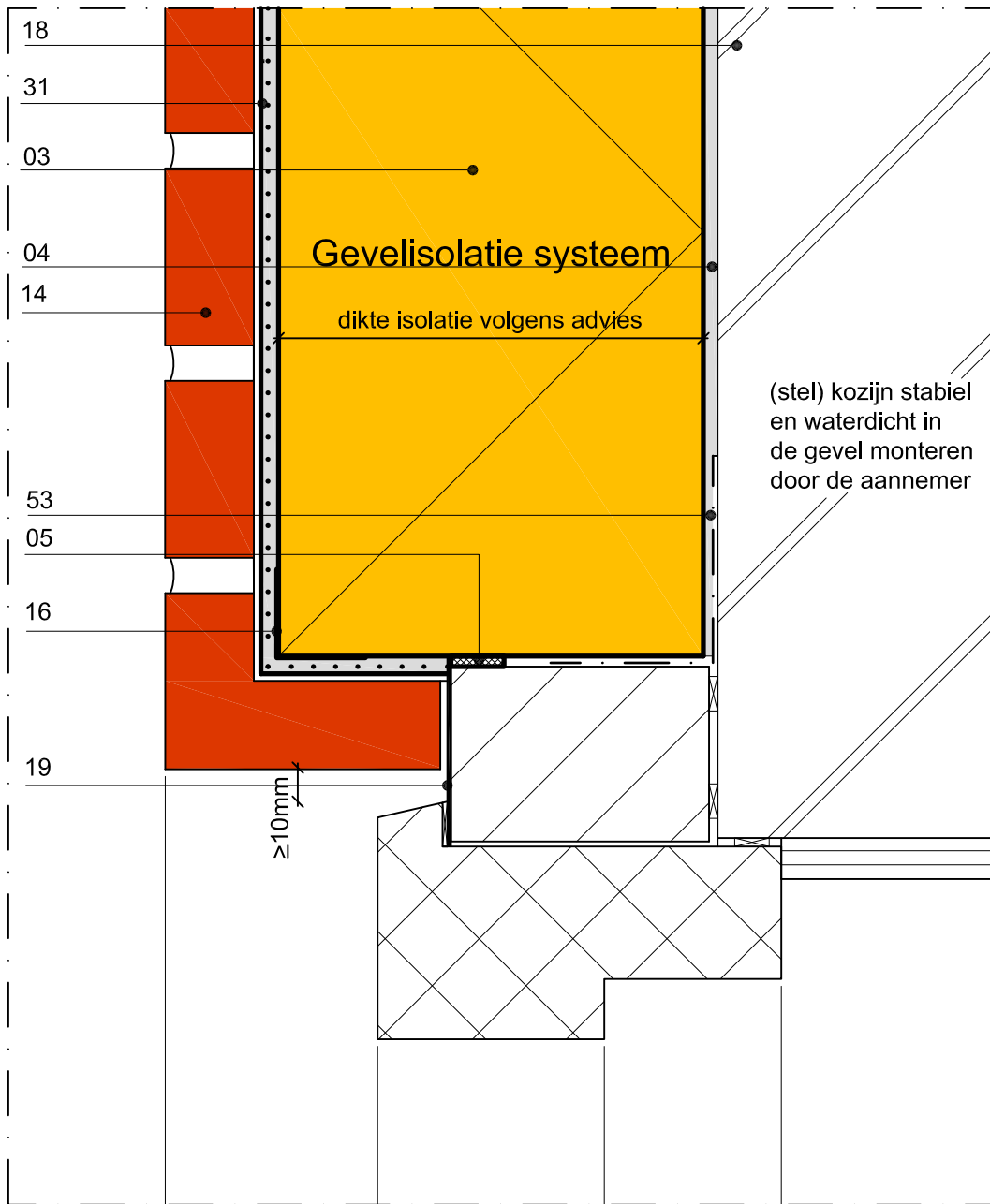
Steigerwerk t.b.v. gevelisolatie

- min. 1 m breed
- doorlopende steiger
- aan de bovenzijde een deugdelijke waterdichte kap (lichtdoorlatend)
- netten aan de buitenzijde
- steigerlagen 2,00 m
- plaatsing i.o.m. applicatie-bedrijf



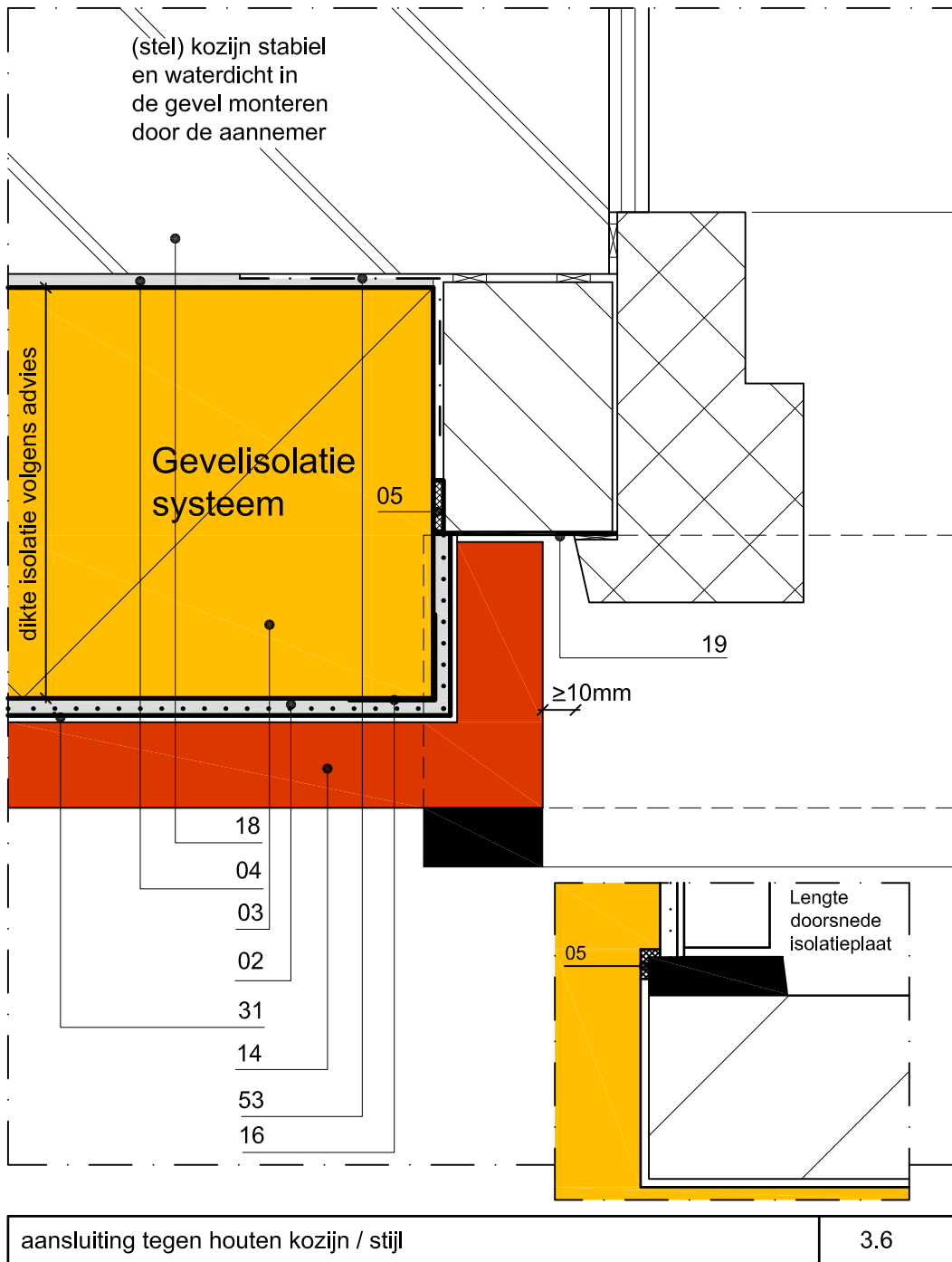
- steiger gemonteerd volgens de vigerende veiligheidseisen (P6 / smalle systeem steiger)
- voorzien van voldoende voorzieningen voor verticaal transport (personen/materiaal)
- voorzien van voldoende verbruikspunten water en stroom

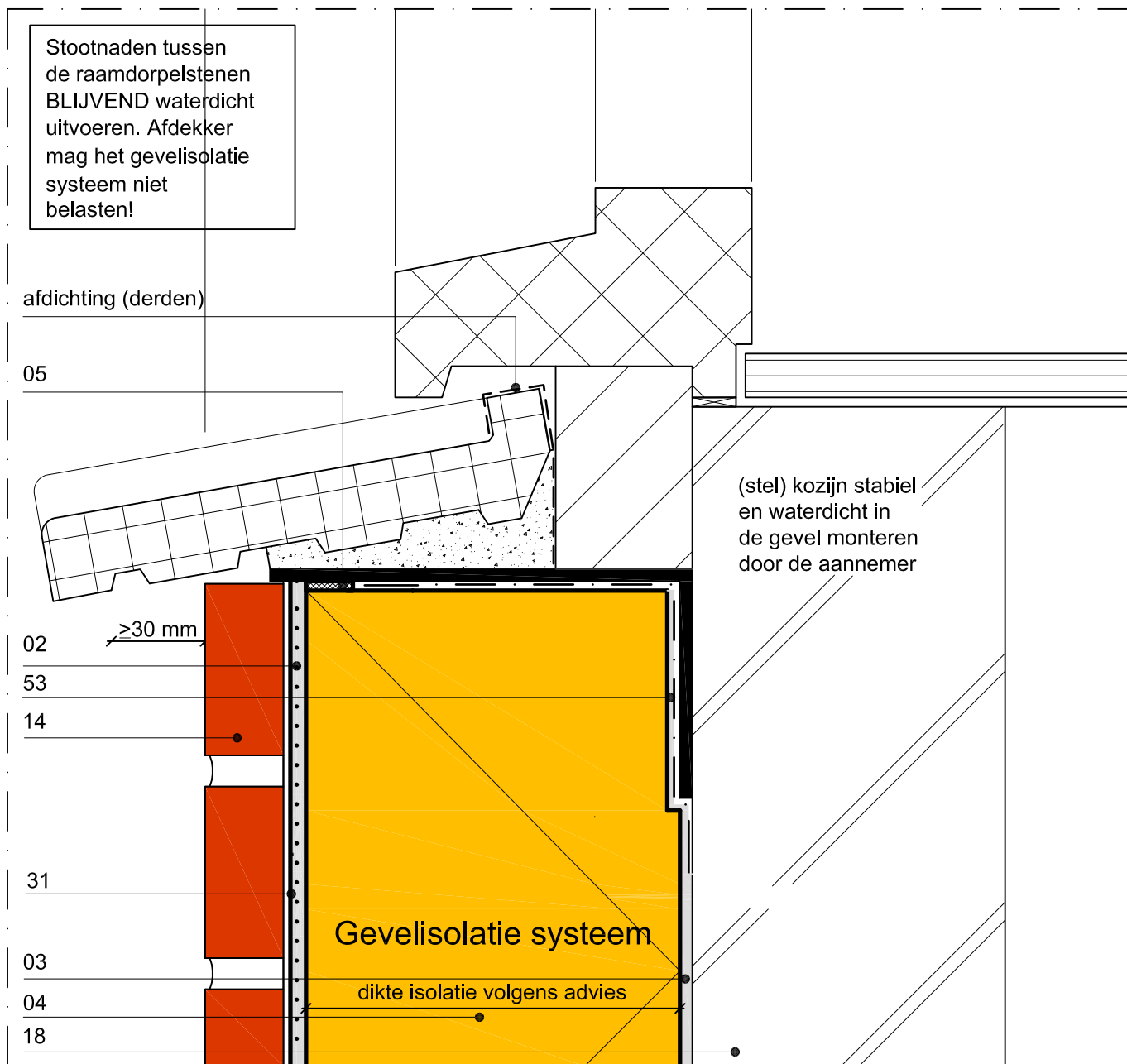




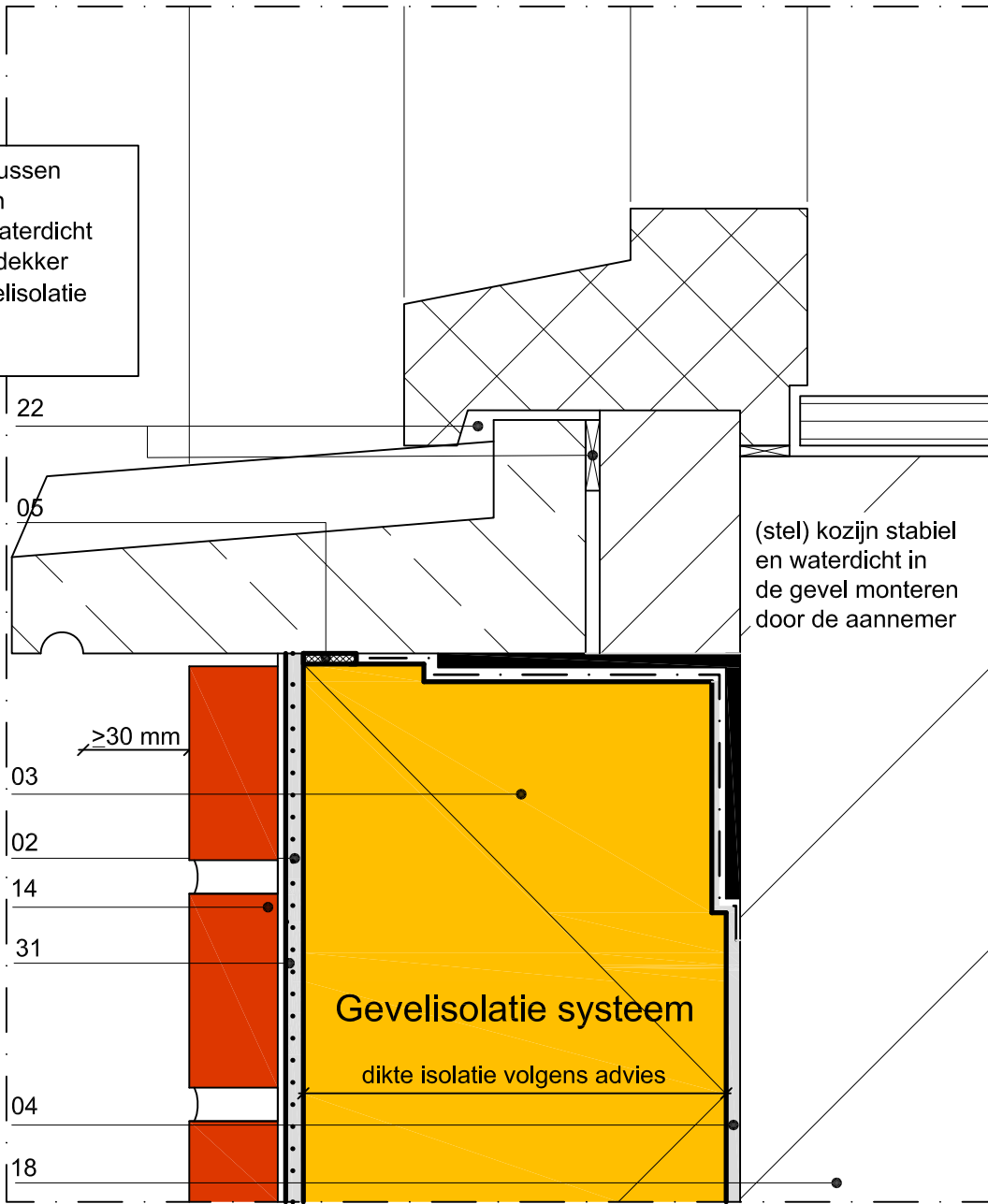
aansluiting tegen houten kozijn / bovendorpel

3.5





Stootnaden tussen de elementen BLIJVEND waterdicht uitvoeren. Afdekker mag het gevelisolatie systeem niet belasten!

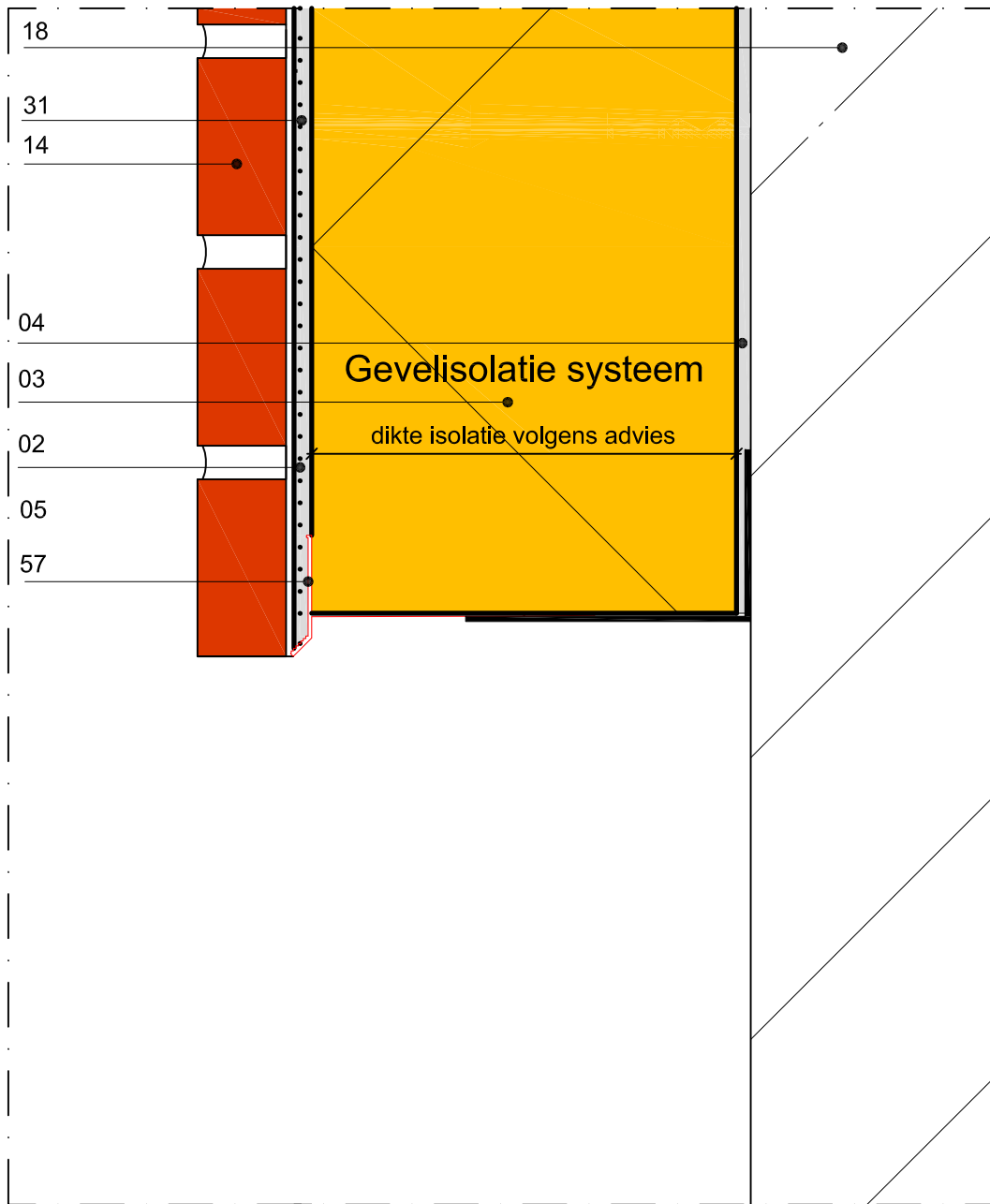


(stel) kozijn stabiel en waterdicht in de gevel monteren door de aannemer

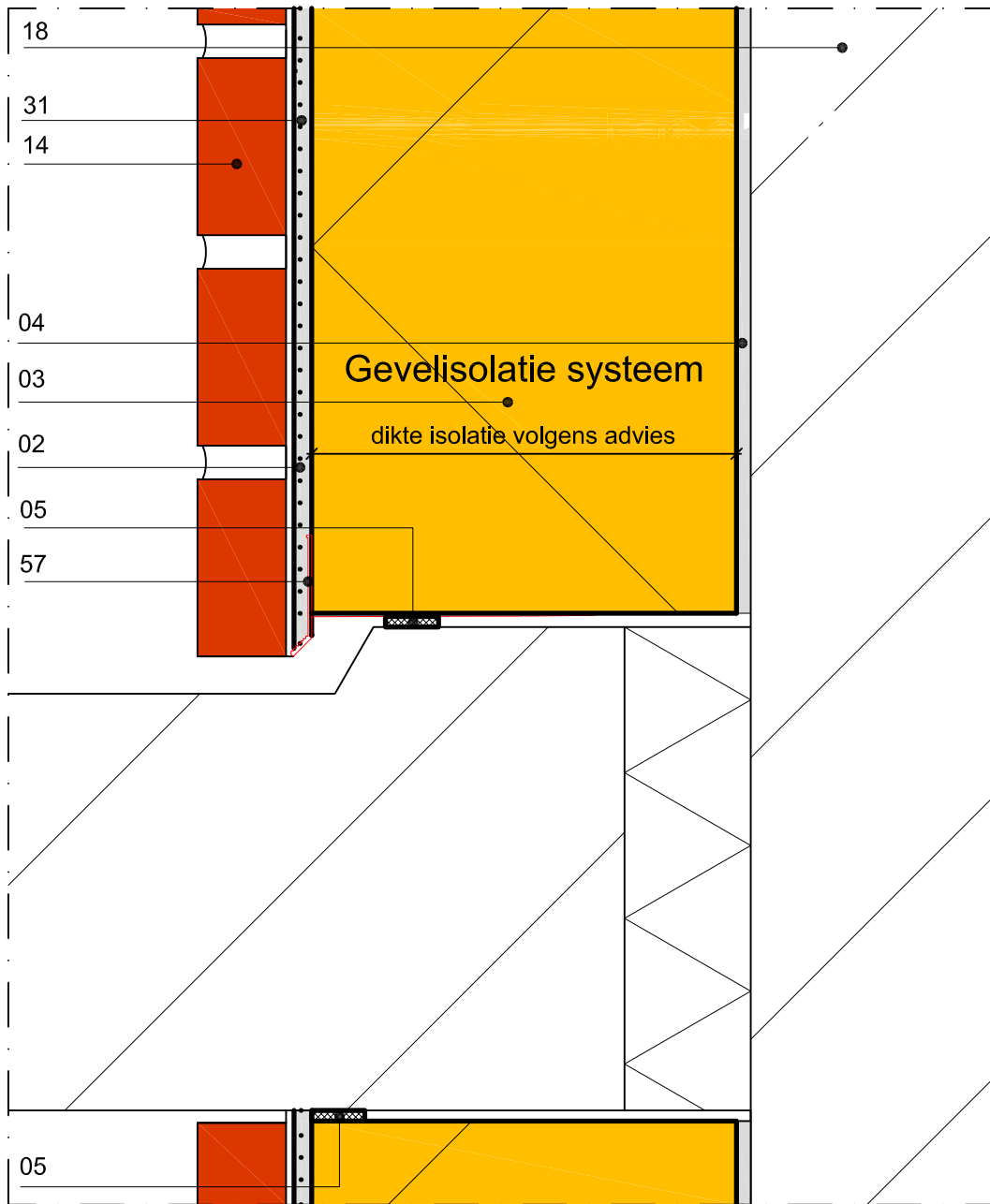
$\geq 30 \text{ mm}$

Gevelisolatie systeem

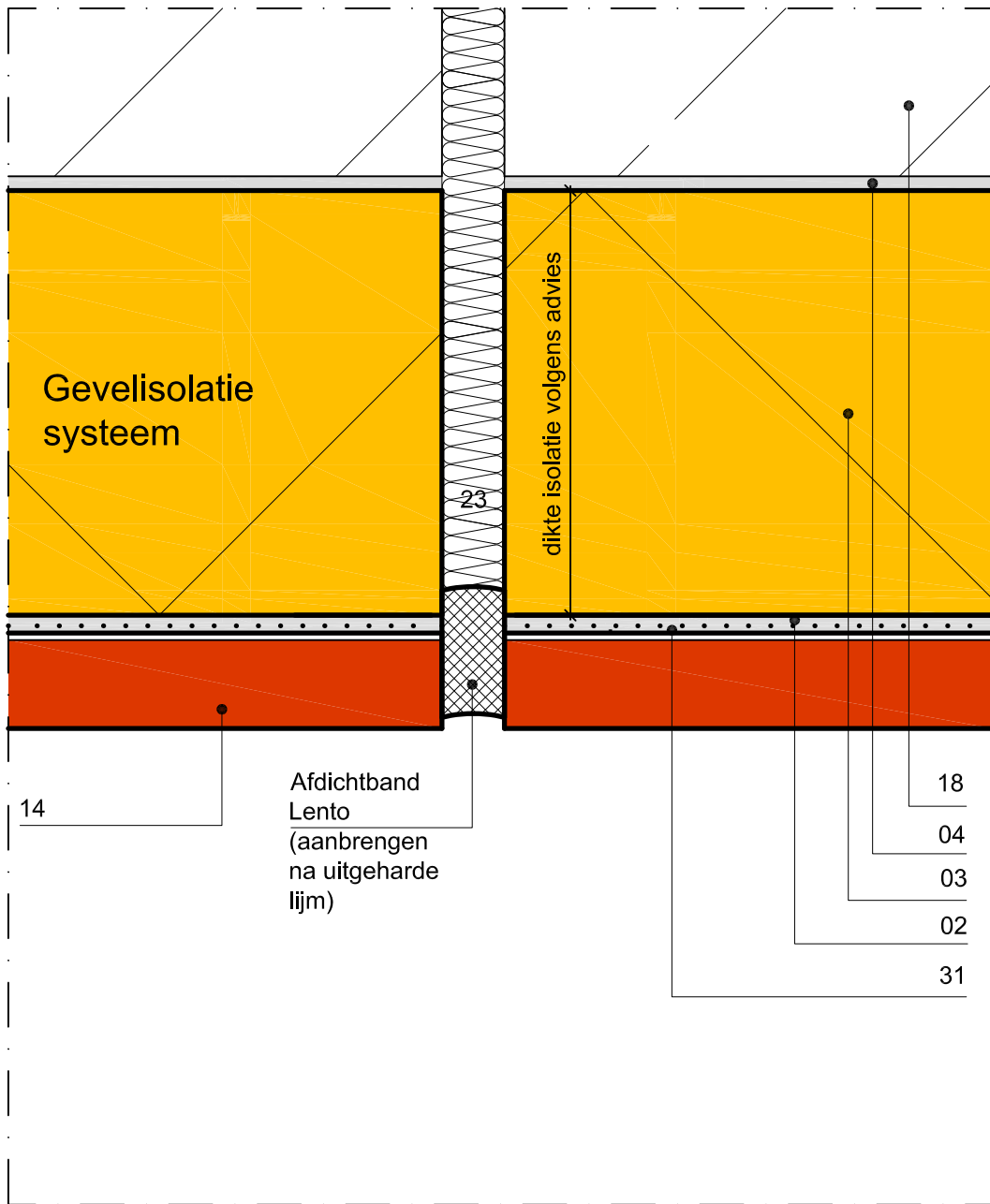
dikte isolatie volgens advies



aansluiting t.p.v. balkonplaat	3.9
--------------------------------	-----

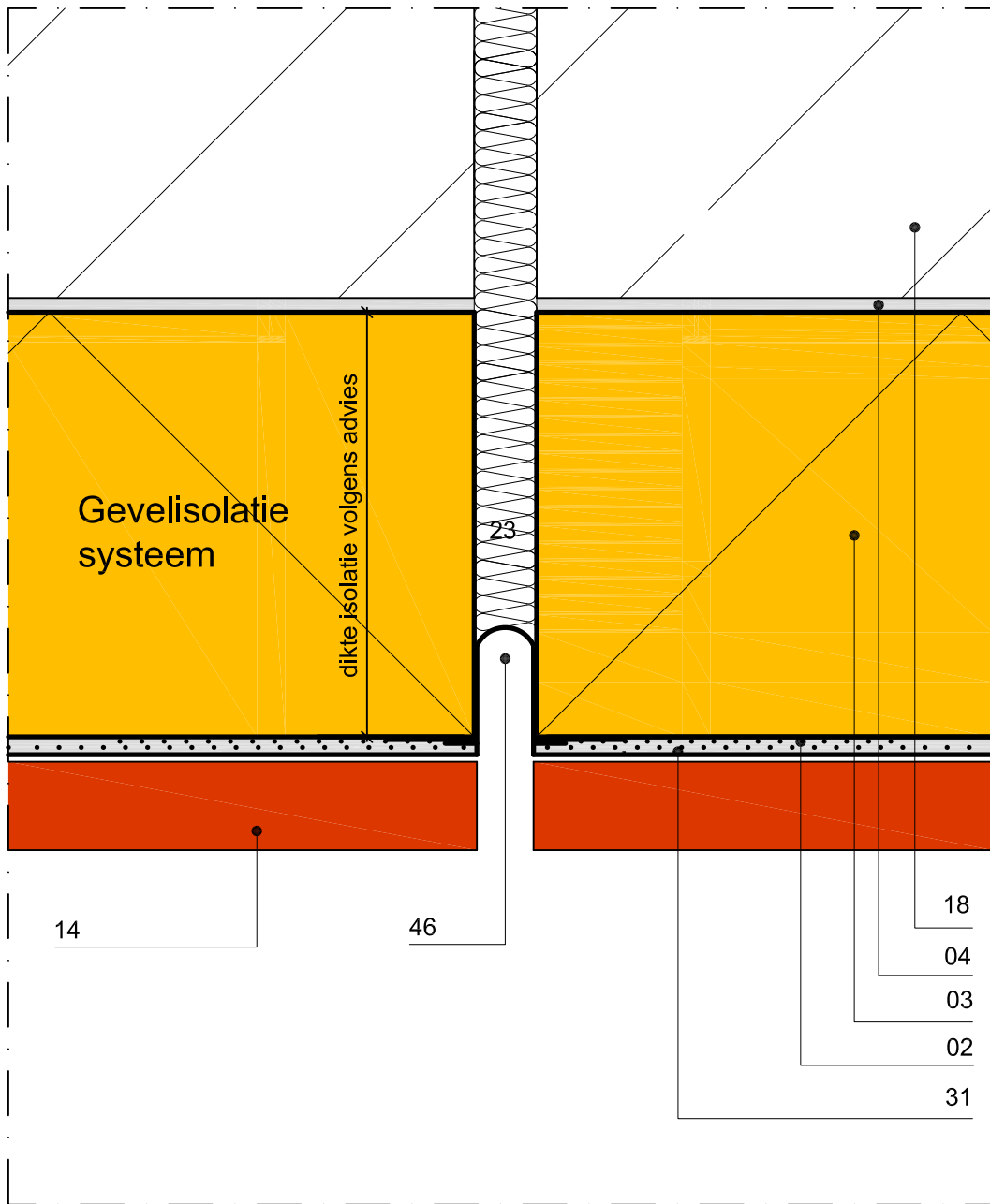


aansluiting t.p.v. balkonplaat	3.10
--------------------------------	------



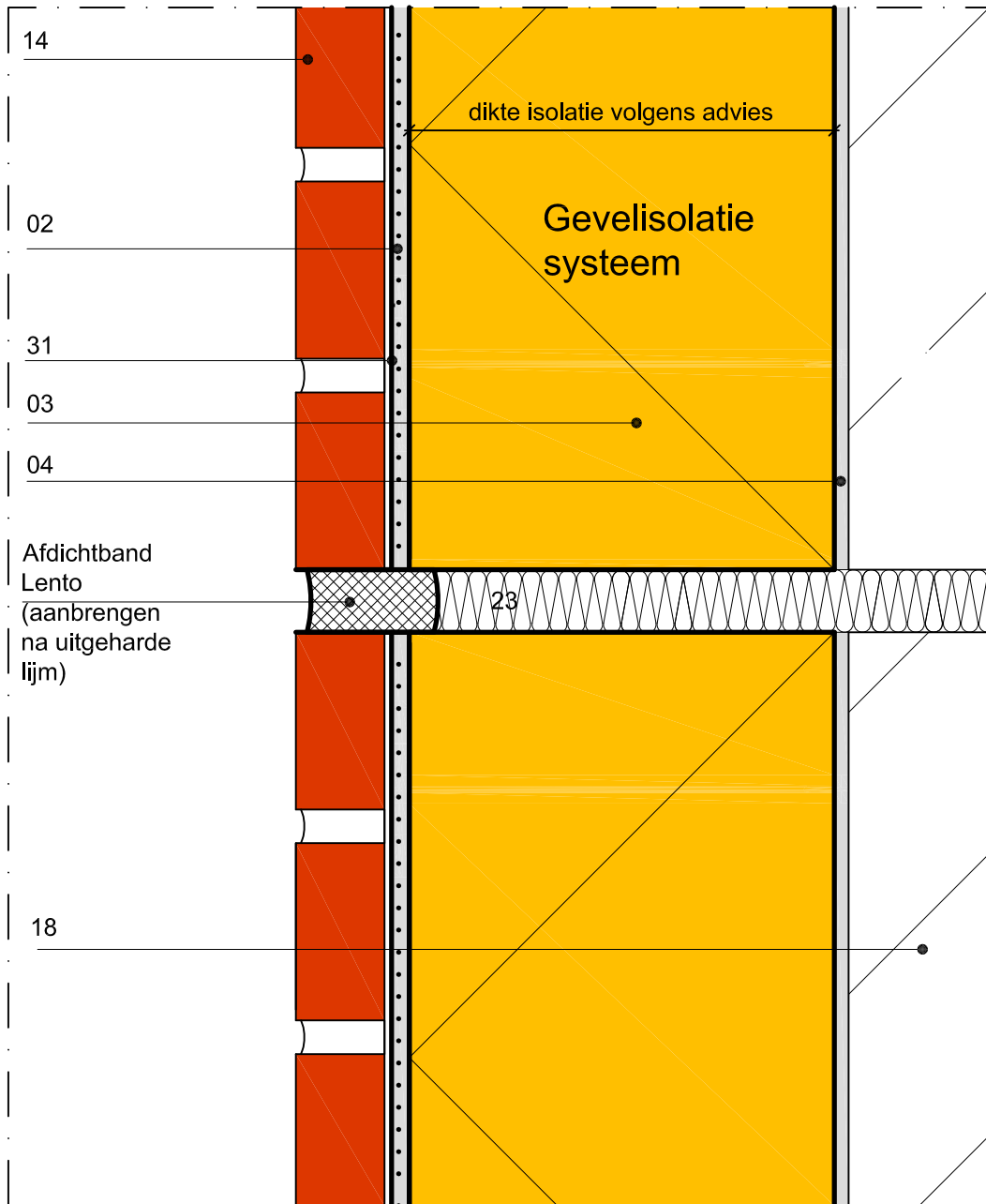
aansluiting bij verticale dilatatie

3.11



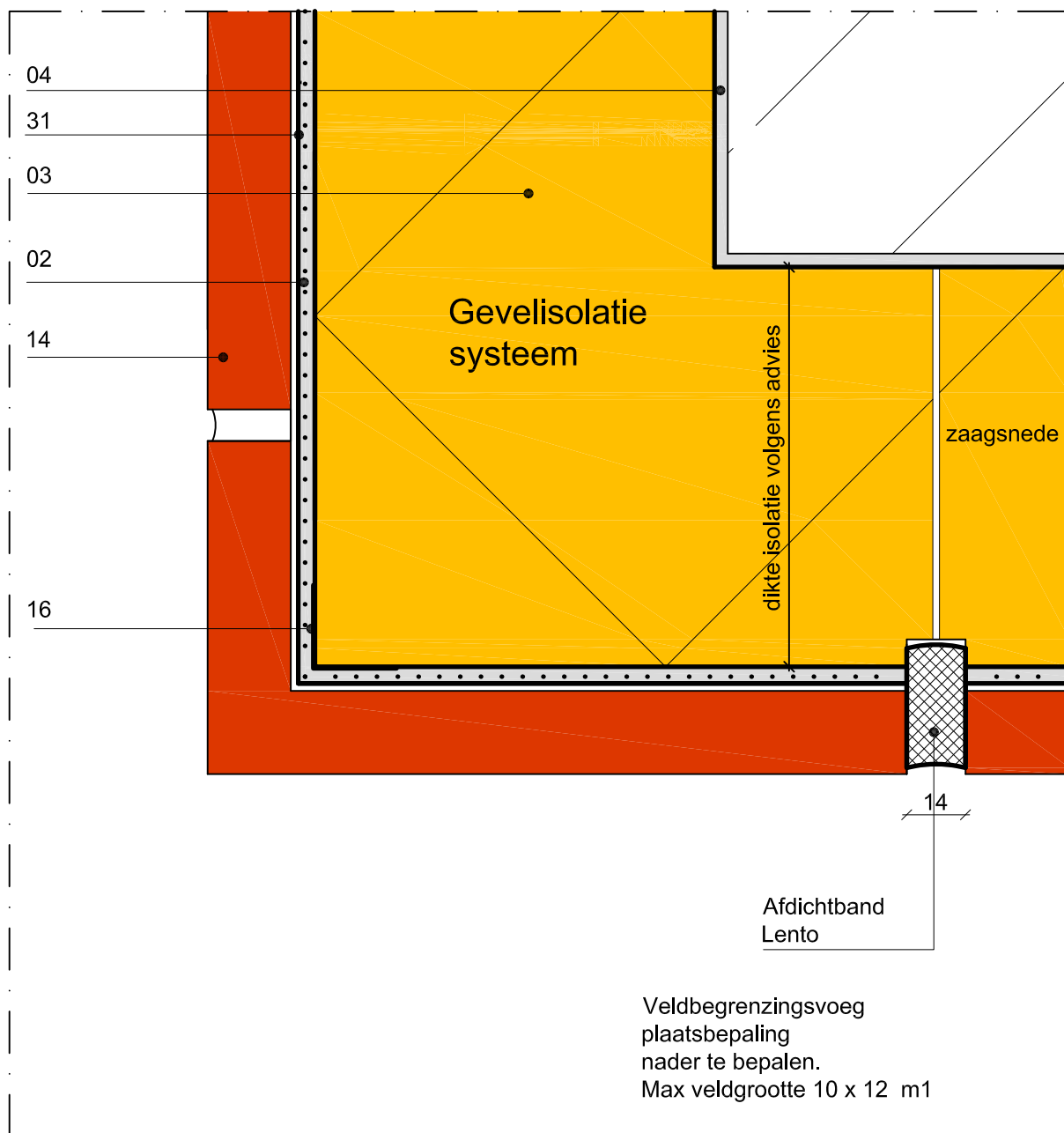
aansluiting bij verticale dilatatie met dilatatieprofiel

3.12



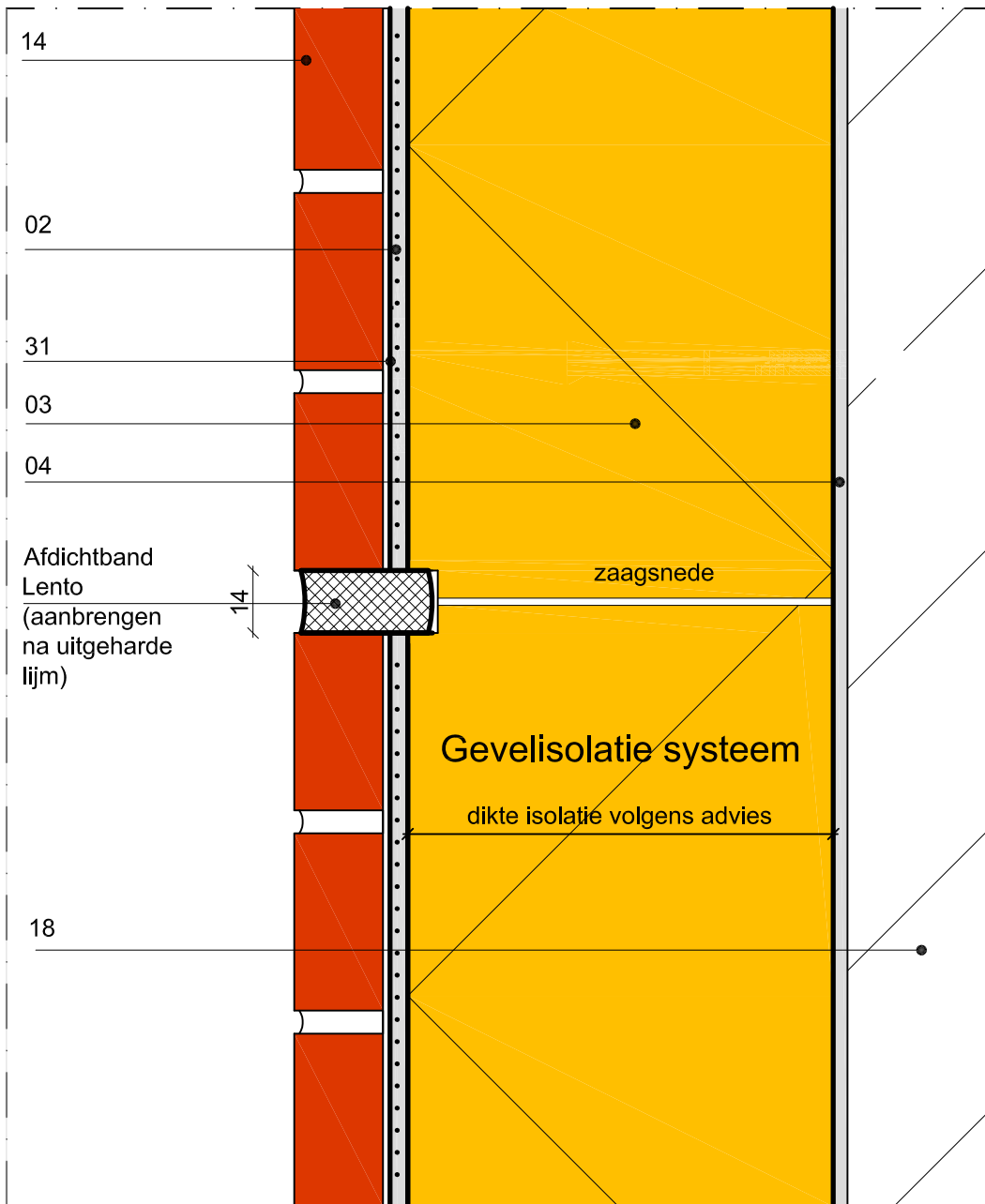
aansluiting bij horizontale dilatatie

3.13



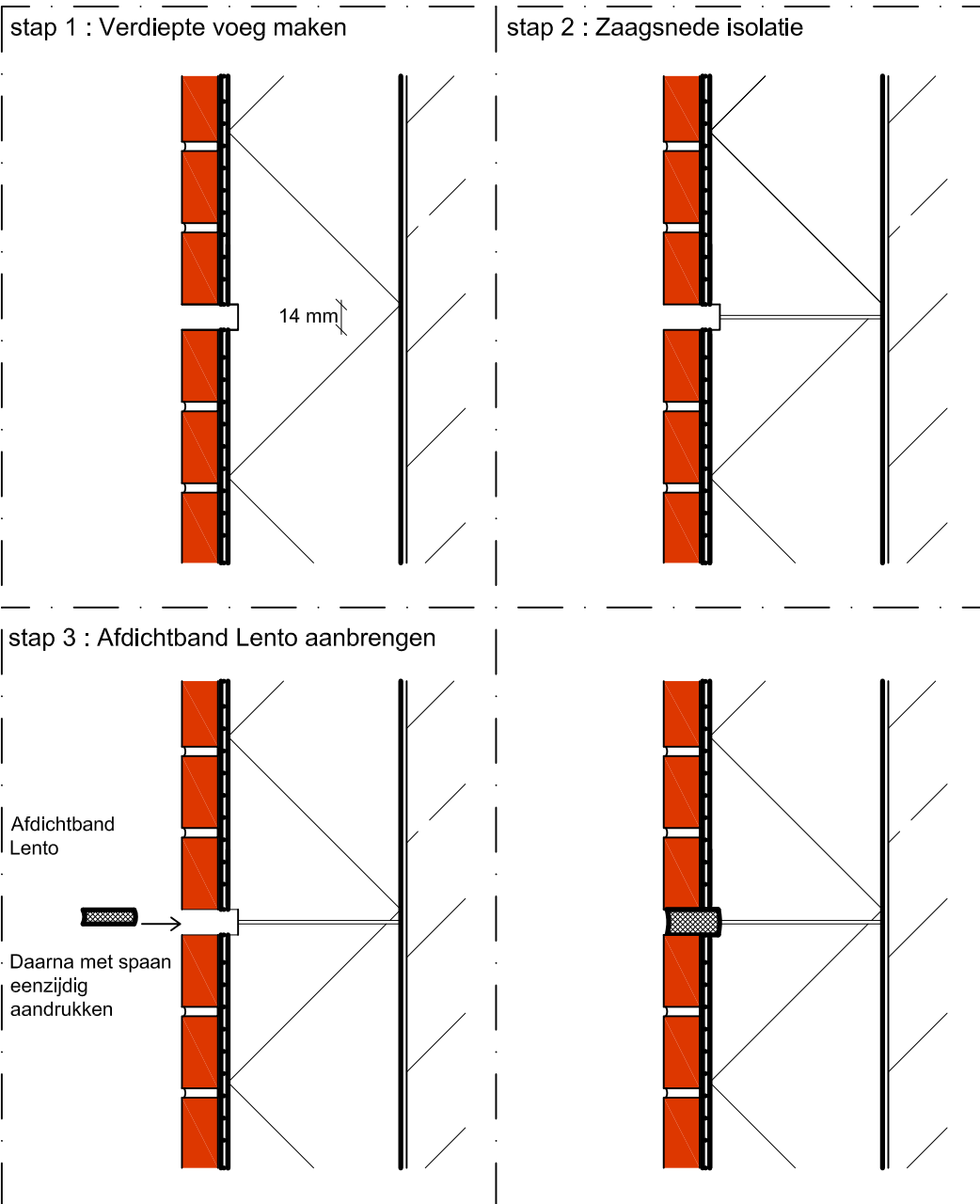
uitwendige hoek (verticale veldbegrenzingsvoeg)

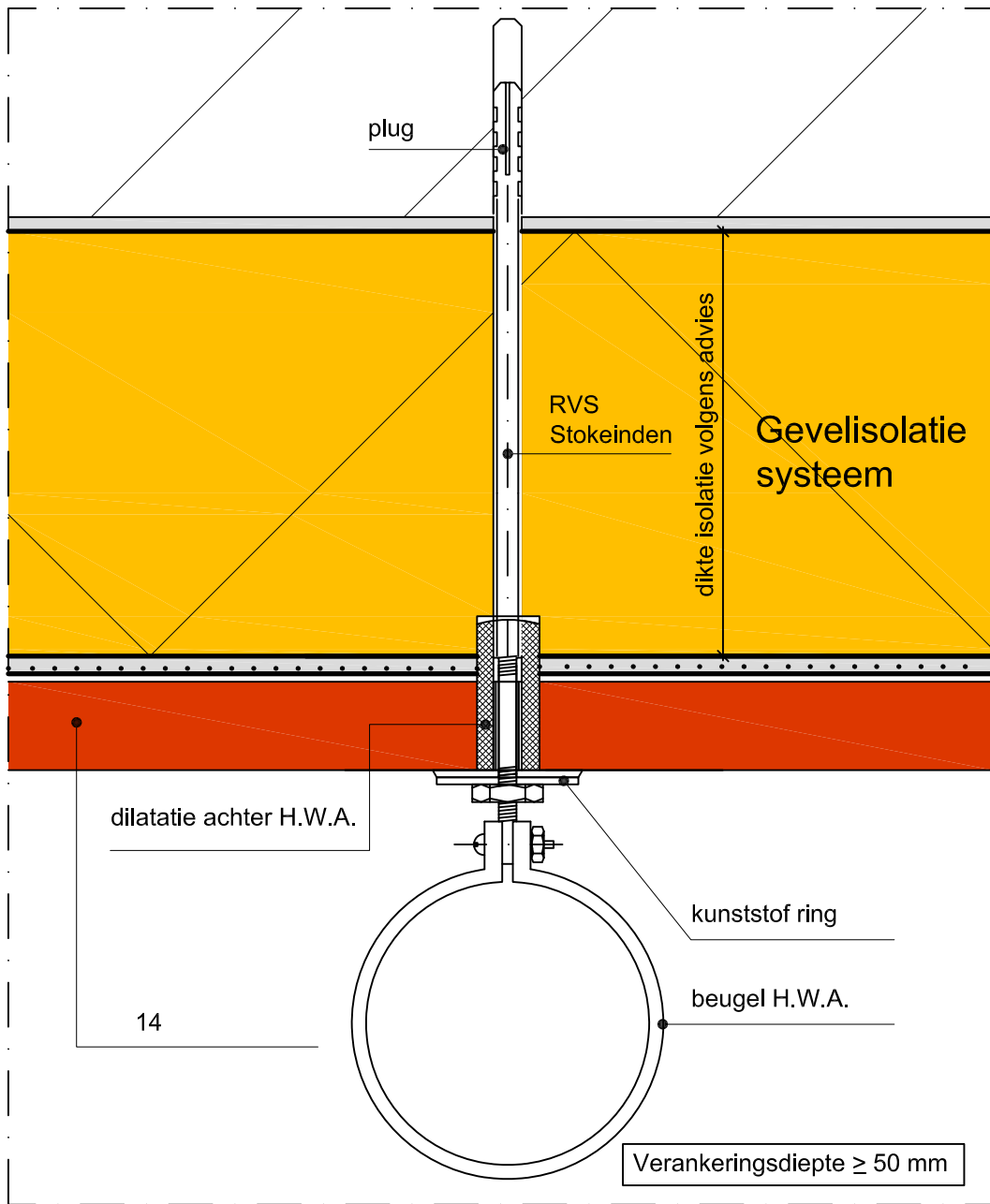
3.14



horizontale veldbegrenzingsvoeg

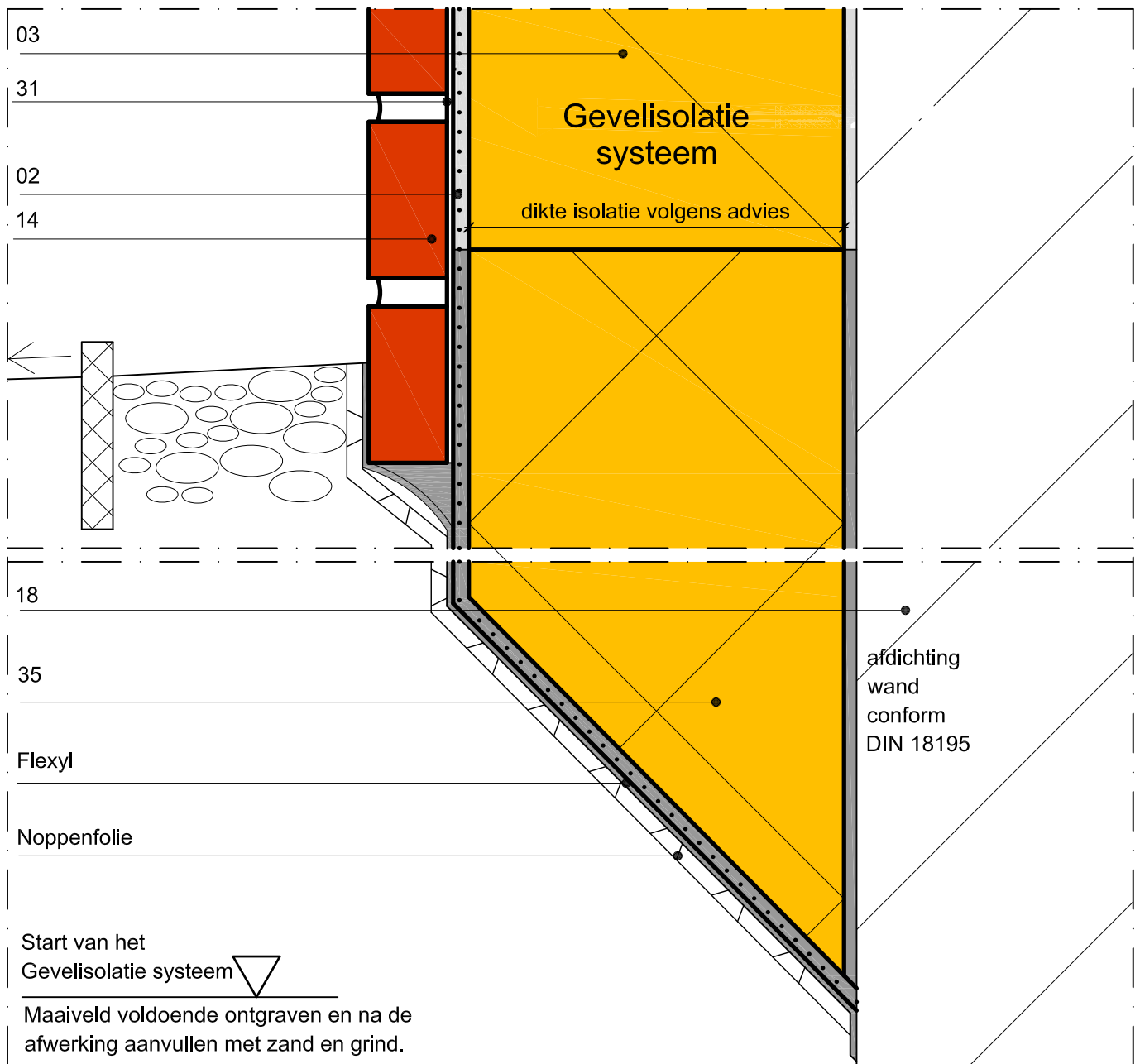
3.15



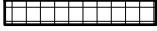
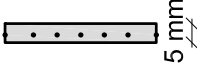




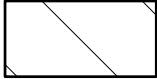







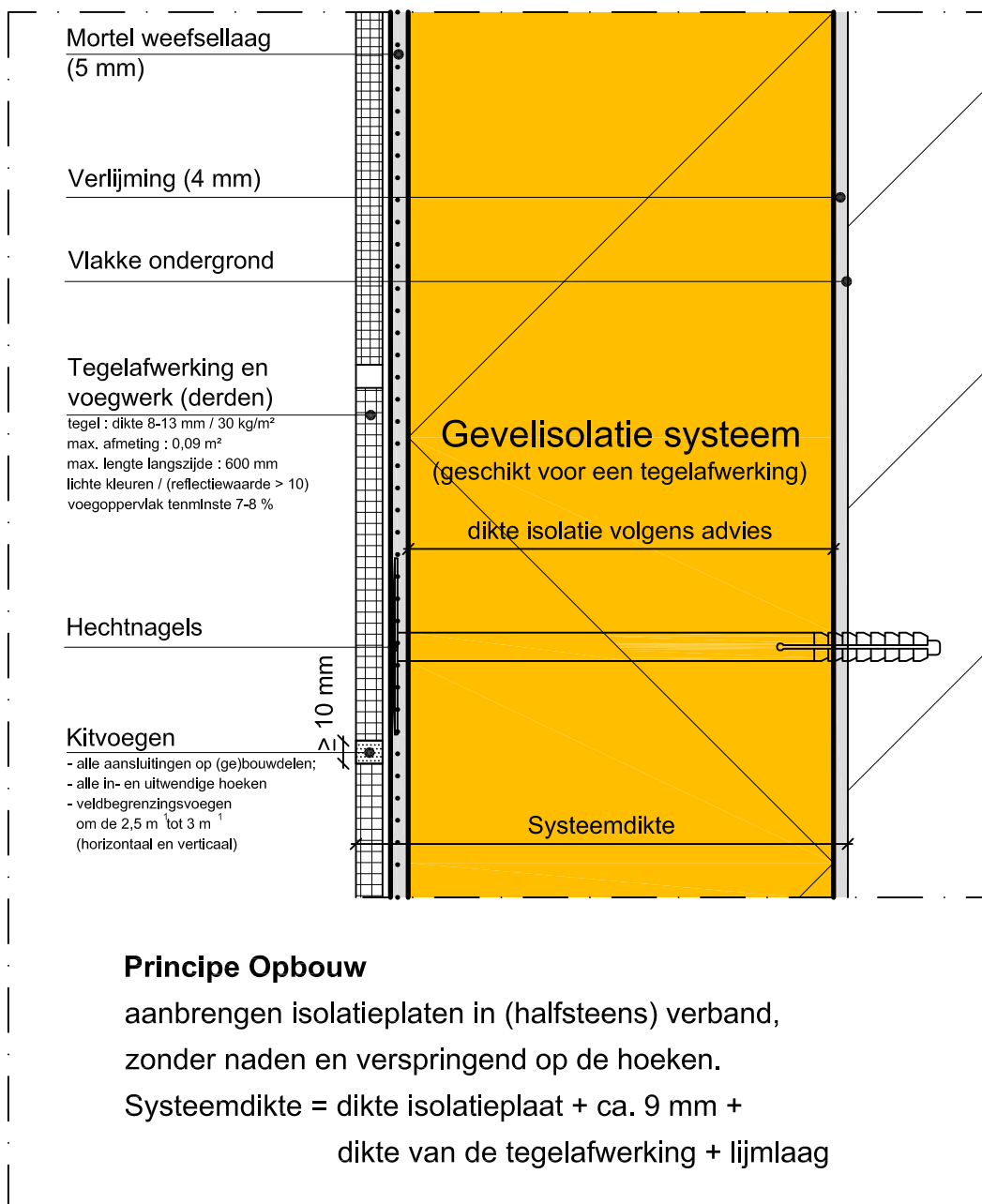
aansluiting bevestiging H.W.A.

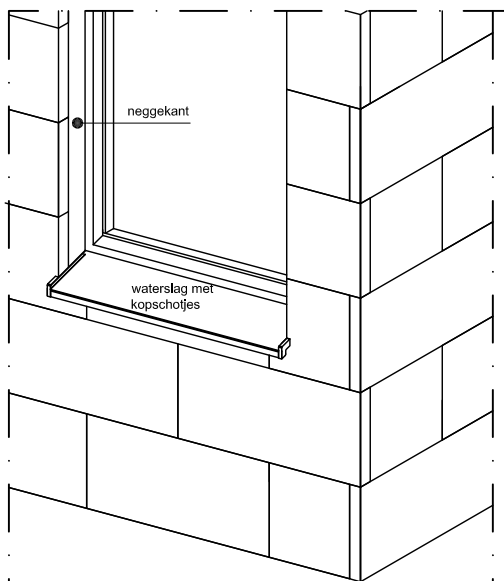
3.17



start systeem in maaiveld	3.18
---------------------------	------

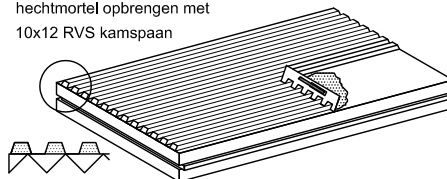
	Tegelwerk (derden)
	Mortel weefsellaag
	Isolatieplaat
	Verlijming
	Afdichtband 15/4
	Betonnen ondergrond
	Metselwerk ondergrond
	Hout
	Cementgebonden plaat (derden)
	Sierpleister
	Minerale steenstrips
	Kit (op rugvulling) (derden)





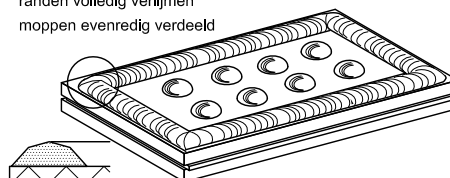
Kammbett-methode

hechtmortel opbrengen met
10x12 RVS kamspaam



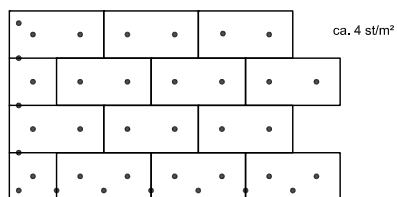
Moppen-methode

randen volledig verlijmen
moppen evenredig verdeeld



Aanbrengen Isolatleplaten

- hechtvlak dient minimaal 60 % te bedragen;
- randen volledig verlijmd;
- stempel aan de bultenzijde
- Kammbett-methode of Moppen-methode



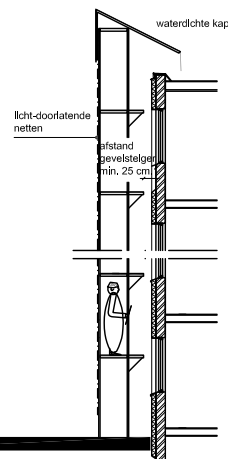
2 stuks per plaat + extra t.p.v. de randen en hoeken

- Ter plaatse van alle ondergronden minimaal 4 st. kunststof hechnagels per m² toepassen, door de weefsellaag aangebracht.
- Tot een hoogte van max. 3,5 mtr. boven maaiveld mag een bevestiging met 4 st. kunststof hechnagels per m² onder de weefsellaag toegepast worden.

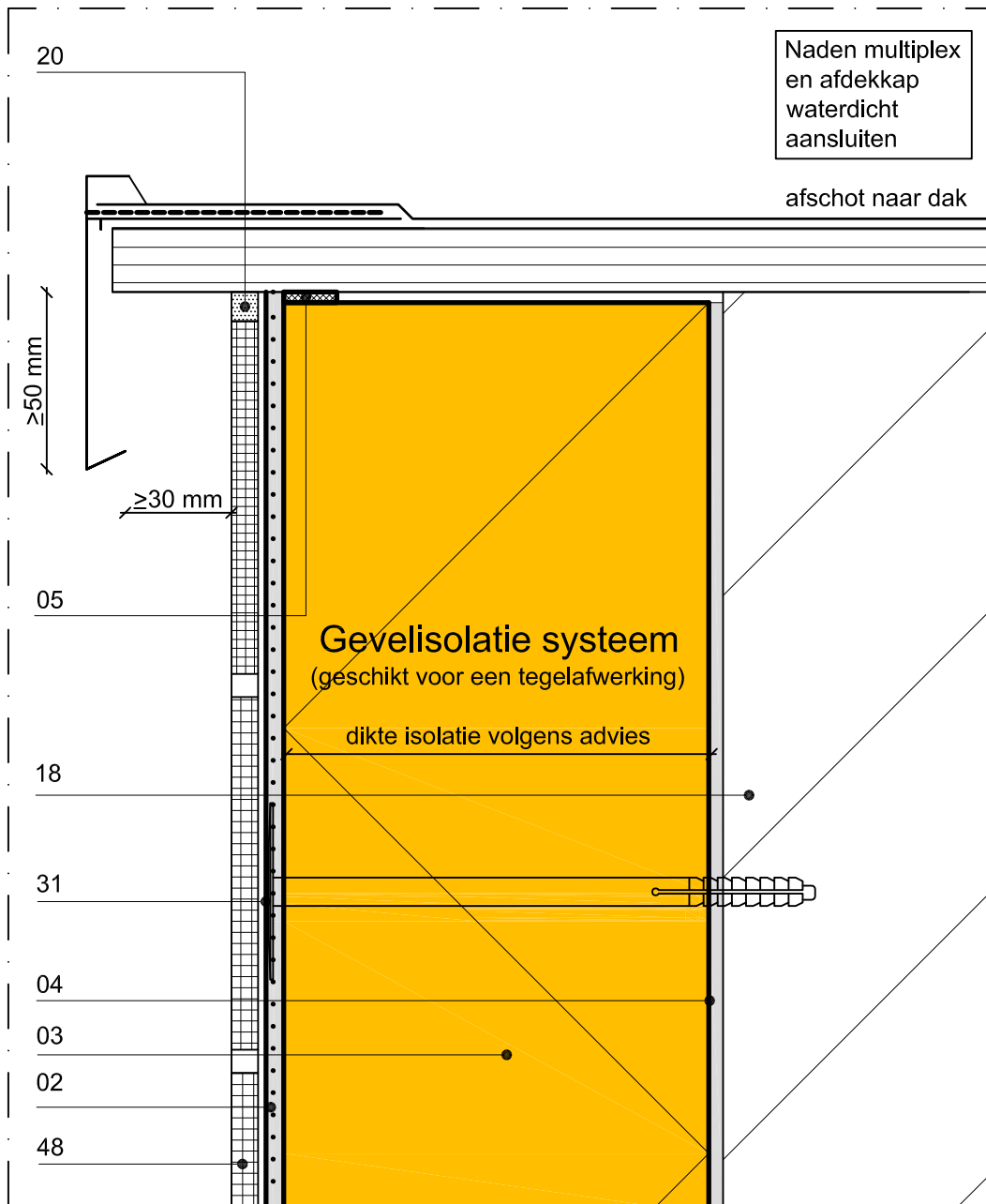
Kunststof Hechnagels toepassen conform BRL 1328

Steigerwerk t.b.v. gevelisolatie

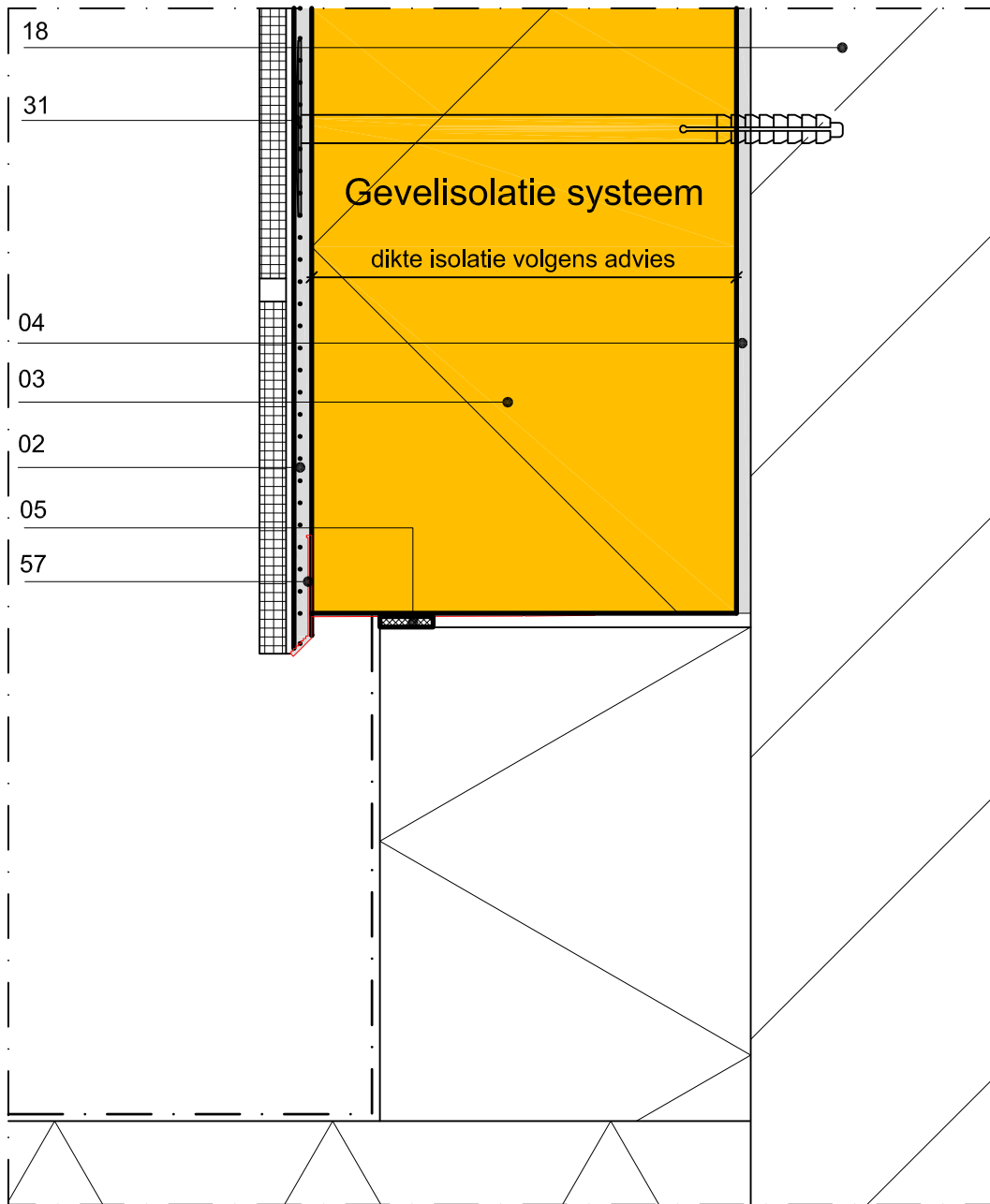
- min. 1 m breed
- doorlopende steiger
- aan de bovenzijde een deugdelijke waterdichte kap (lichtdoorlatend)
- netten aan de buitenzijde
- steigerlagen 2,00 m
- plaatsing i.o.m. applicatie-bedrijf



- steiger gemonteerd volgens de vigerende veiligheidseisen (P6 / smalle systeem steiger)
- voorzien van voldoende voorzieningen voor verticaal transport (personen/materiaal)
- voorzien van voldoende verbruikspunten water en stroom

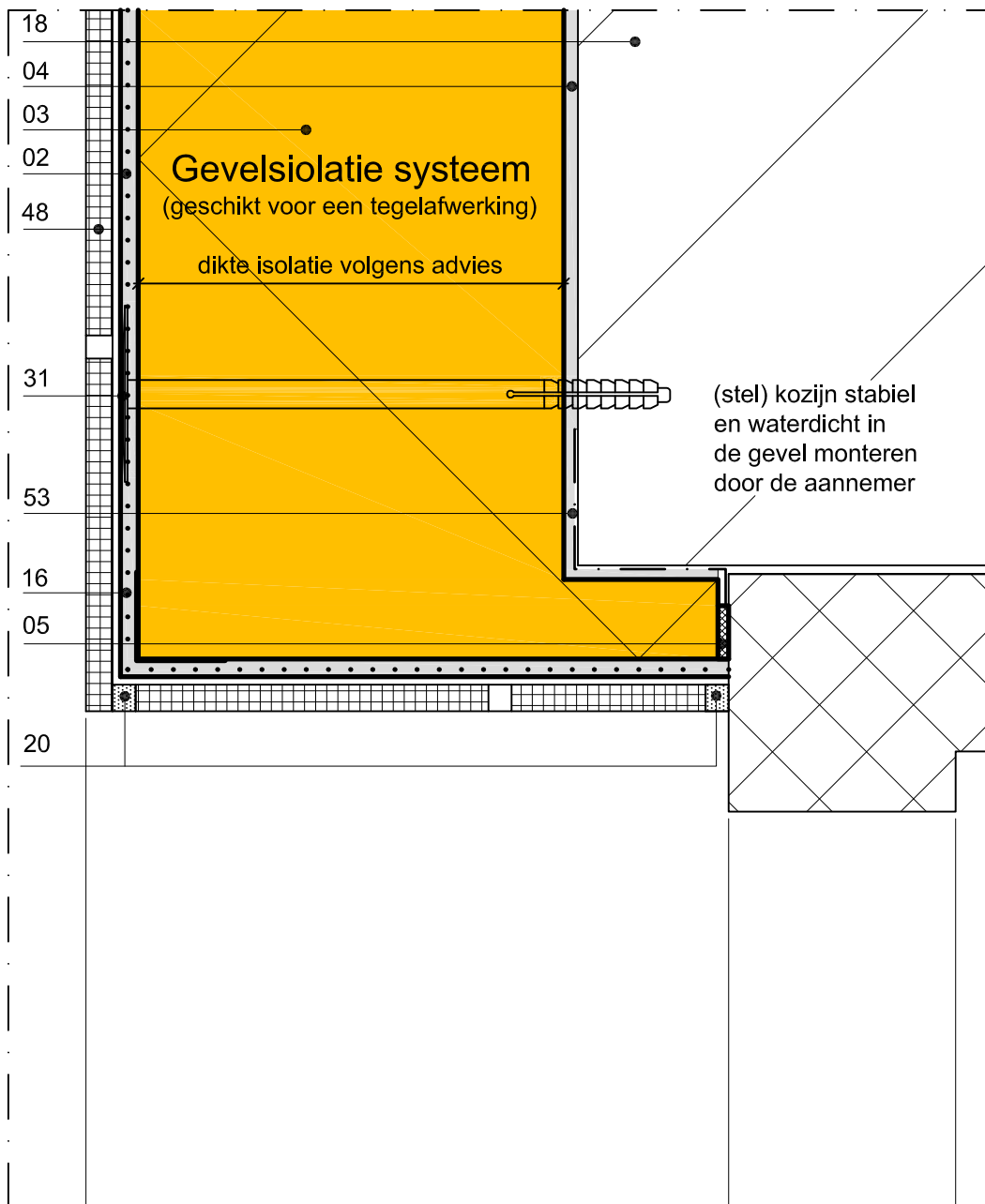


aansluiting tegen dakrand	2.4
---------------------------	-----

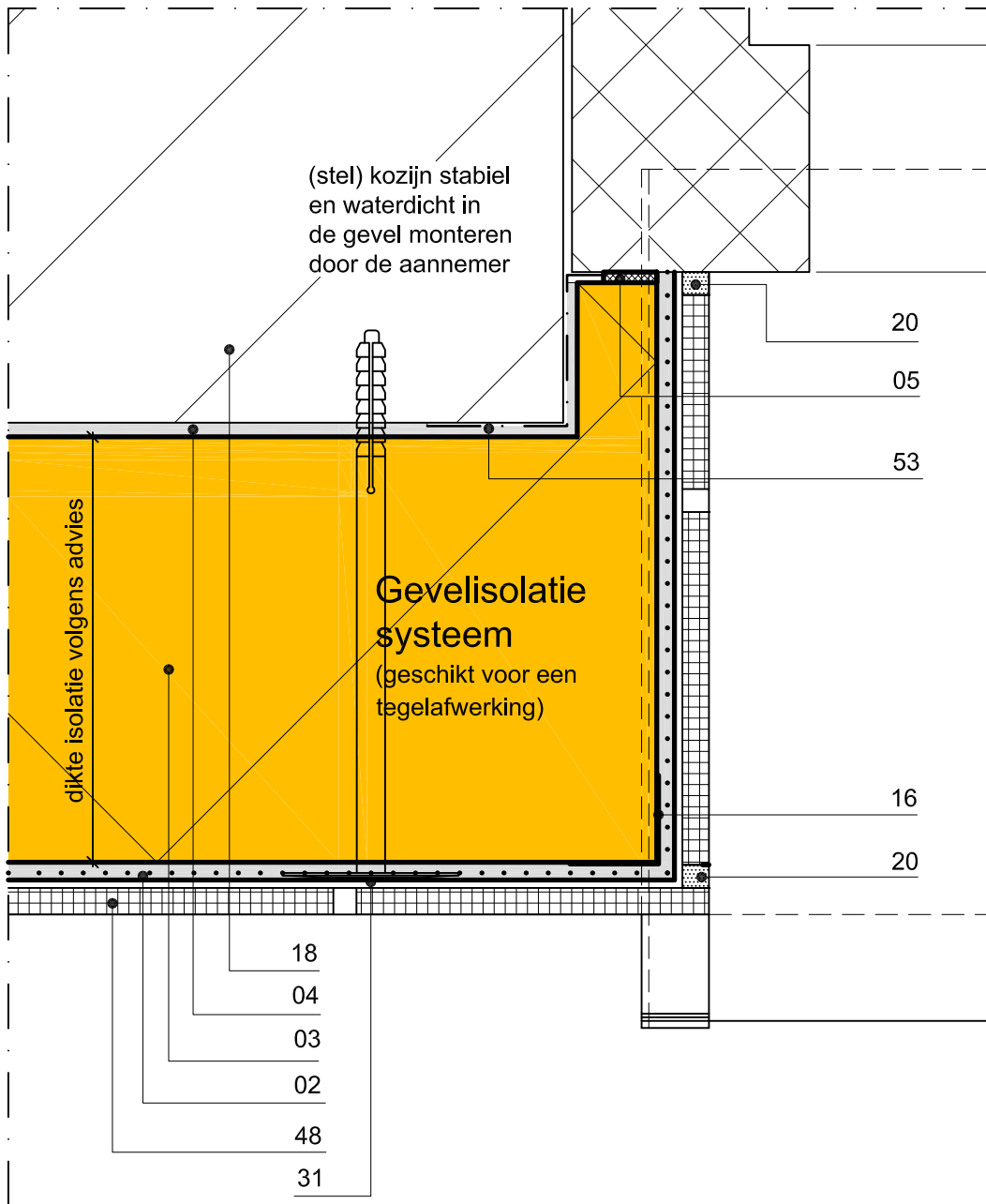


start systeem boven lager gelegen dak

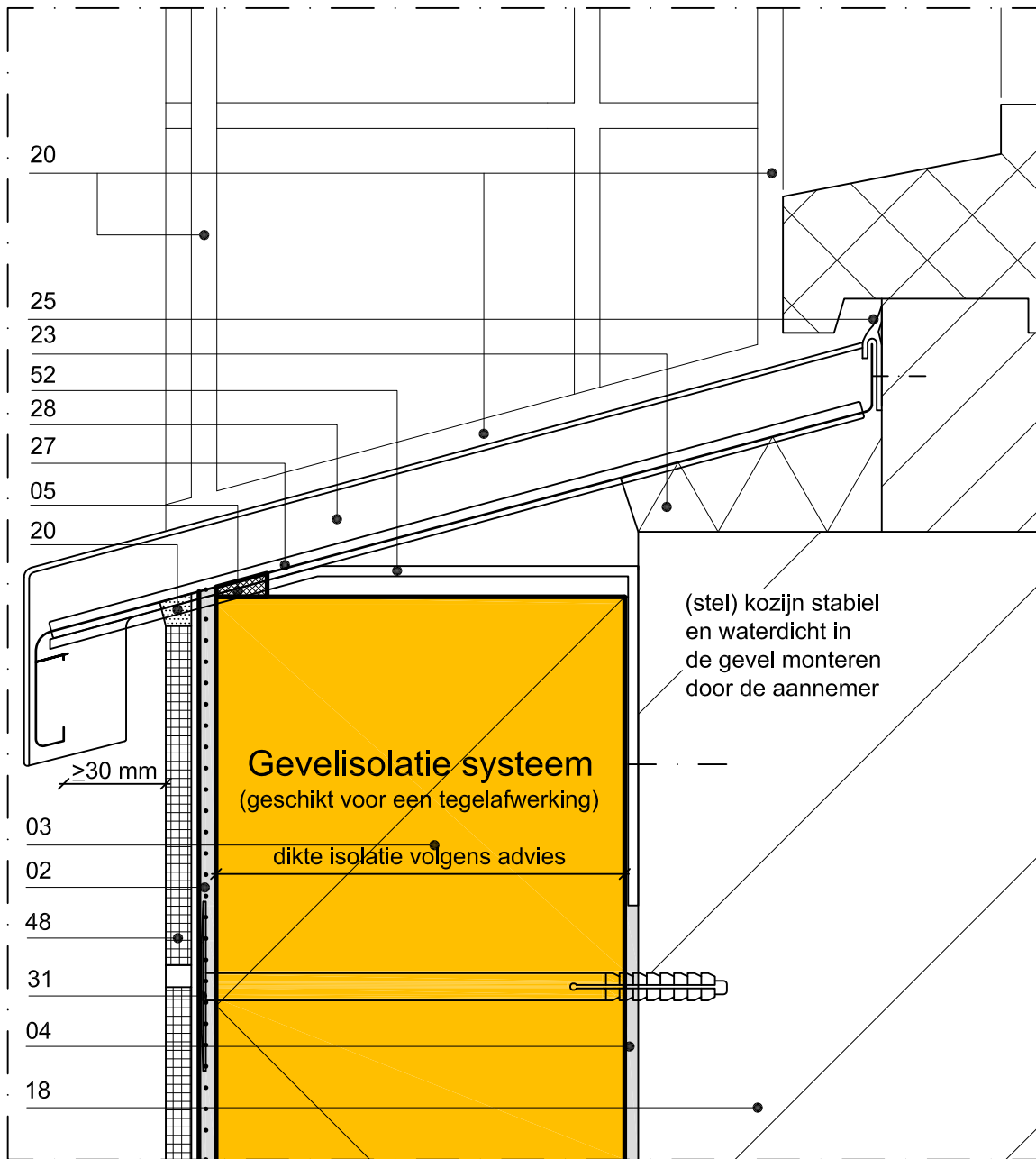
2.5



aansluiting tegen houten kozijn / bovendorpel	2.6
---	-----

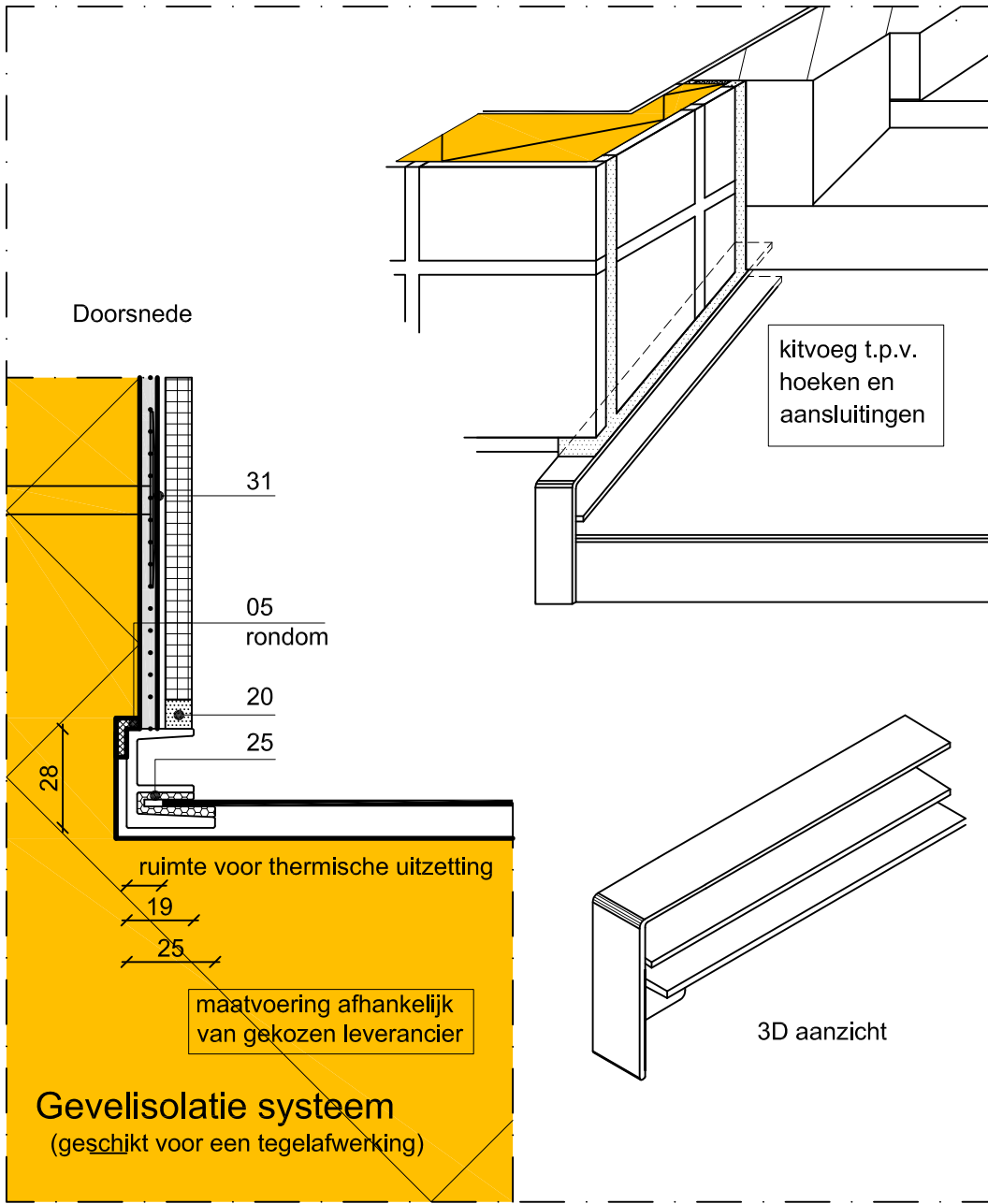


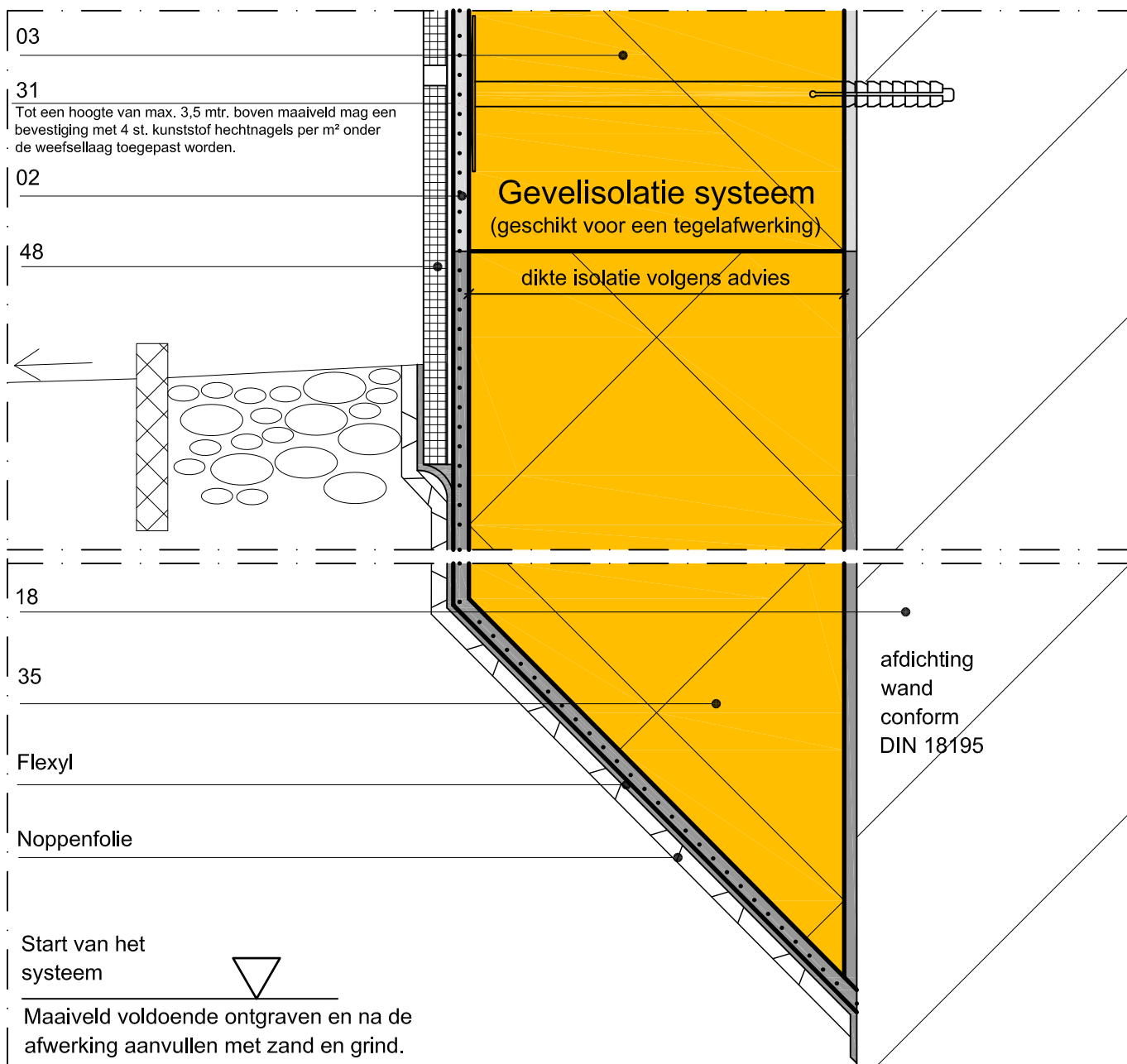
aansluiting tegen houten kozijn / stijl	2.7
---	-----



aansluiting tegen houten kozijn / onderdorpel

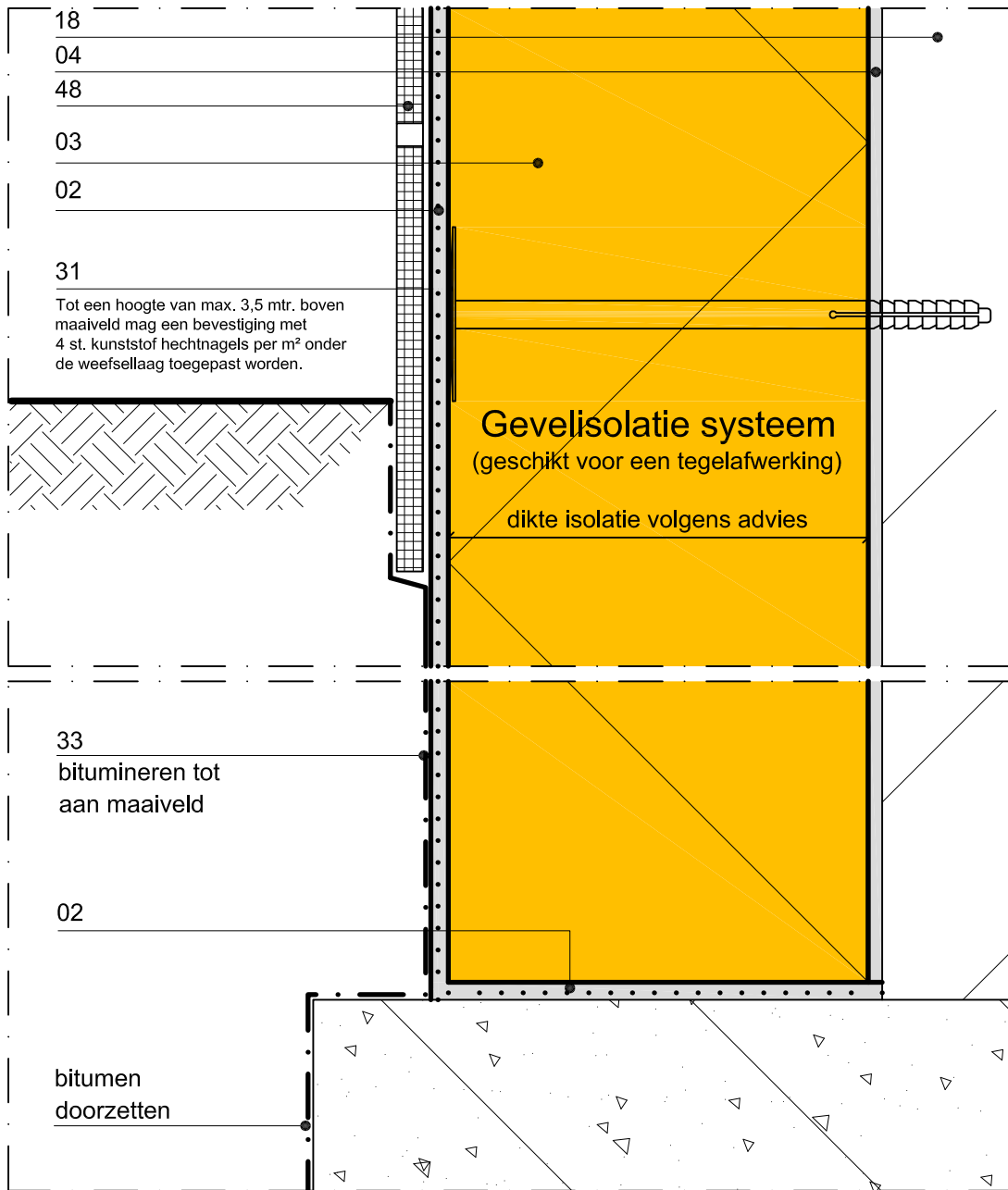
2.8





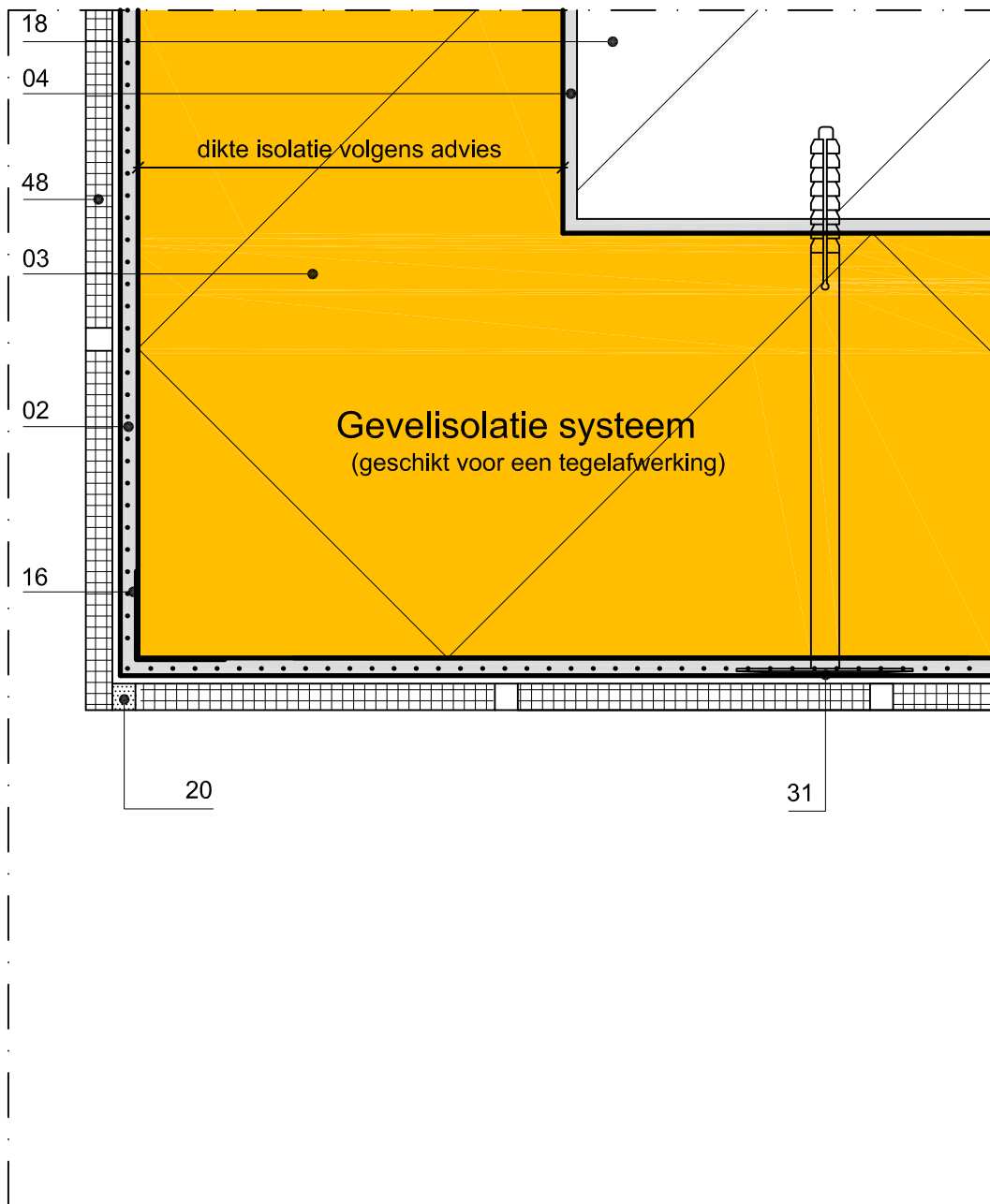
start systeem in maaiveld

2.10

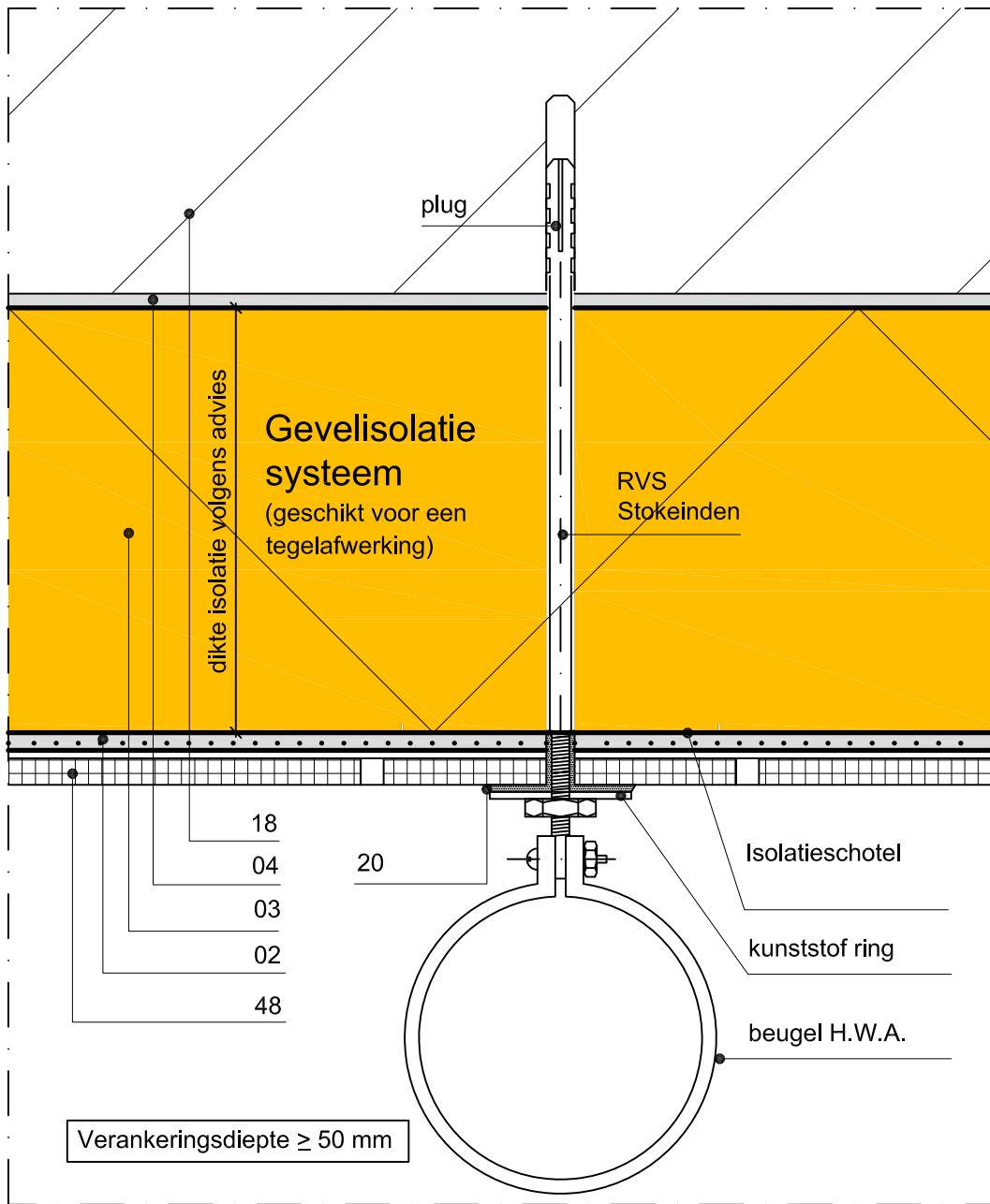


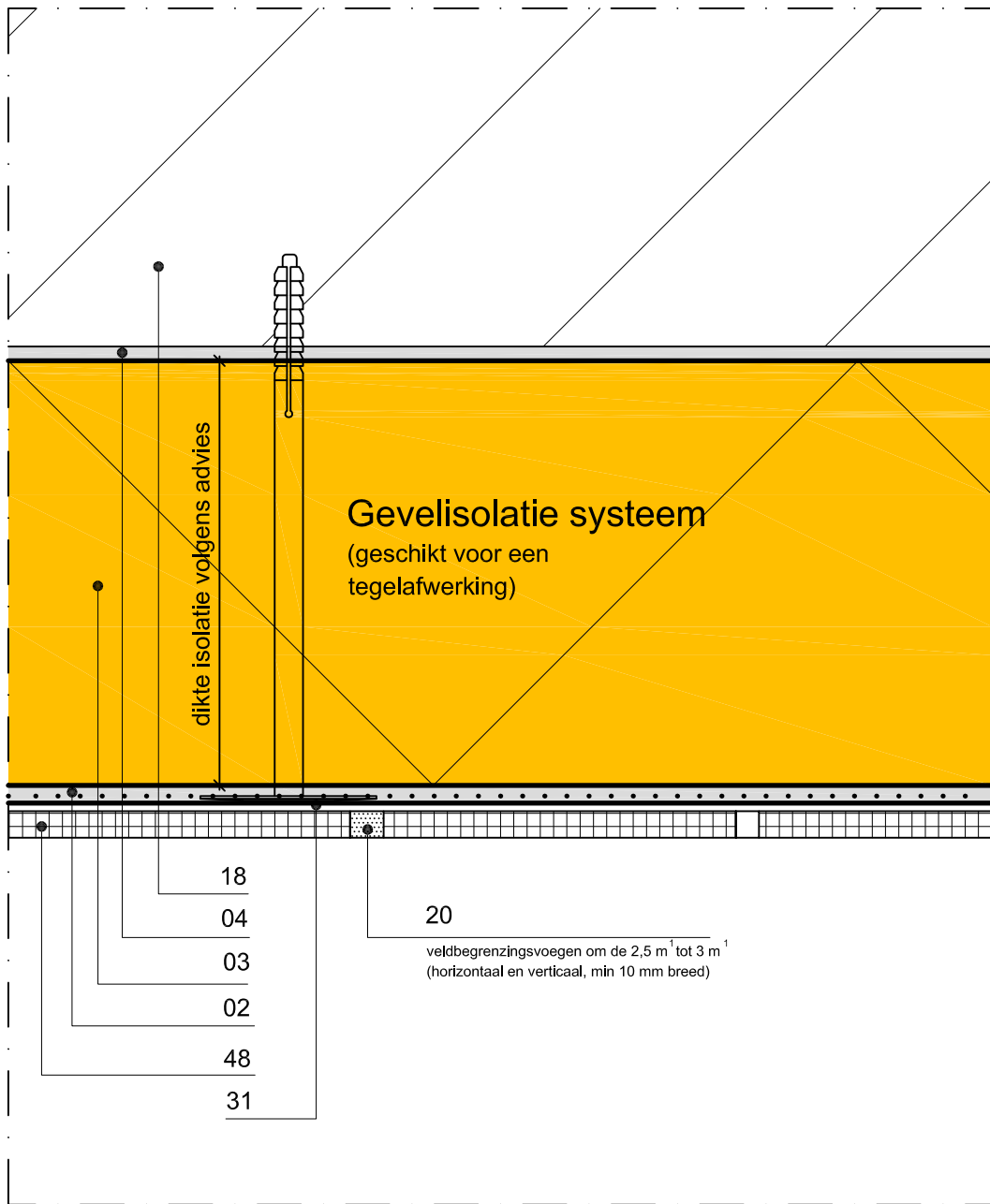
start systeem in maaiveld

2.11



uitwendige hoek	2.12
-----------------	------





veldbegrenzingsvoegen in tegelafwerking	2.14
---	------