

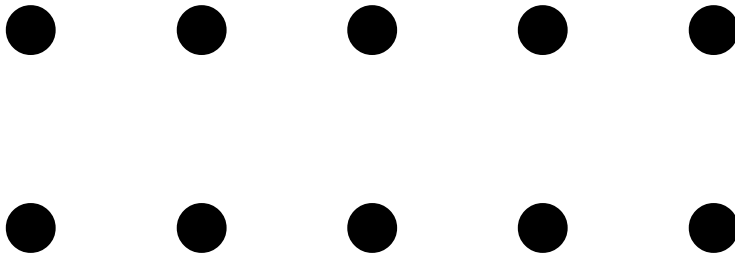
# ***Kwaliteitsrichtlijn***

## ***Metalen gevels en daken 2023***

*versie 1 juni 2023*

---

### ***Deel 2: Technische richtlijn***



## Inhoudsopgave

### Hoofdstukindeling technische aspecten

	<b>Algemeen</b>	<b>Binnendoosconstructies</b>	<b>Sandwichpaneel-constructies</b>	<b>Metalen warm- en ' koud' dakconstructies</b>	<b>Gevelconstructies met een enkele beplating</b>	<b>Eisen aan aluminium en stalen felsdaken</b>	<b>Geventileerde metalen gevelafwerking</b>	<b>Handling, opslag en montage</b>	<b>Reiniging &amp; Onderhoud</b>	<b>Informatieverstrekking</b>	<b>Literatuur, bronvermelding</b>	<b>Achtergrondinformatie</b>
	<b>2.</b>	<b>3.</b>	<b>4.</b>	<b>5.</b>	<b>6.</b>	<b>7.</b>	<b>8.</b>	<b>9.</b>	<b>10.</b>	<b>11.</b>	<b>12.</b>	<b>A</b>
<b>Statica</b>	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2			.2	.2	
<b>Waterdichtheid</b>	.3	.3	.3	.3	.3	.3	.3			.3	.4	
<b>Winddichtheid/luchtdoorlatendheid</b>	.4	.4	.4	.4	.4	.4	.4			.4	.4	
<b>Warmte-isolatie</b>	.5	.5	.5	.5	.5	.5	.5			.5	.3	
<b>Vochthuishouding</b>	.6	.6	.6	.6	.6	.6	.6			.6	.3	
<b>Geluidsisolatie en – absorptie</b>	.7	.7	.7	.7	.7	.7	.7			.7	.6	
<b>Brandveiligheid</b>	.8	.8	.8	.8	.8	.8	.8			.8	.5	
<b>Levensduur</b>	.9	.9	.9	.9	.9	.9	.9			.9	.8	
<b>Uiterlijk, toleranties</b>	.10	.10	.10	.10	.10	.10	.10			.10	.9	

Zie voor paginering de inhoudsopgave op de volgende pagina's

# Inhoud

<b>Inleiding</b>	<b>11</b>
1.1 Doel .....	11
1.2 Opzet .....	12
1.3 Wijze van totstandkoming .....	12
1.4 Status .....	13
1.5 Verantwoording .....	13
1.6 Definities .....	14
<b>Algemene eisen aan metalen gevels en daken</b>	<b>16</b>
2.1 Inleiding .....	16
2.2 Statica .....	17
2.3 Waterdichtheid .....	23
2.4 Winddichtheid/luchtdoorlatendheid .....	27
2.5 Thermische isolatie .....	29
2.6 Vochthuishouding .....	30
2.7 Geluidsisolatie en -absorptie .....	32
2.8 Brandveiligheid .....	34
2.9 Levensduur .....	39
2.10 Uiterlijk en toleranties .....	53
<b>Eisen aan binnendoosconstructies</b> .....	<b>60</b>
3.1 Inleiding .....	60
3.2 Statica .....	63
3.3 Waterdichtheid .....	69
3.4 Winddichtheid/luchtdoorlatendheid .....	70
3.5 Thermische isolatie .....	71
3.6 Vochthuishouding .....	71
3.7 Geluidsisolatie en -absorptie .....	72
3.8 Brandveiligheid .....	73
3.9 Levensduur .....	73
3.10 Uiterlijk en toleranties .....	74
<b>Eisen aan sandwichpaneel-constructies</b>	<b>76</b>
4.1 Inleiding .....	76
4.2 Statica .....	80
4.3 Waterdichtheid .....	83
4.4 Winddichtheid/luchtdoorlatendheid .....	87
4.5 Thermische isolatie .....	90
4.6 Vochthuishouding .....	91
4.7 Geluidsisolatie en -absorptie .....	92
4.8 Brandveiligheid .....	93
4.9 Levensduur .....	94

4.10	Uiterlijk en toleranties .....	94
<b>Eisen aan warm- en 'koud' dakconstructies (n.v.t. voor sandwichpanelen)</b>		<b>96</b>
5.1	Inleiding .....	96
5.2	Statica.....	98
5.3	Waterdichtheid .....	103
5.4	Winddichtheid/luchtdoorlatendheid .....	106
5.5	Thermische isolatie .....	107
5.6	Vochthuishouding.....	108
5.7	Geluidsisolatie en –absorptie .....	110
5.8	Brandveiligheid.....	111
5.9	Levensduur.....	112
5.10	Uiterlijk, toleranties .....	112
<b>Eisen aan gevelconstructies met enkele beplating</b>		<b>114</b>
6.1	Inleiding .....	114
6.2	Statica.....	114
6.3	Waterdichtheid .....	115
6.4	Winddichtheid/luchtdoorlatendheid .....	116
6.5	Thermische isolatie .....	117
6.6	Vochthuishouding.....	117
6.7	Geluidsisolatie en –absorptie .....	118
6.8	Brandveiligheid.....	119
6.9	Levensduur.....	119
6.10	Uiterlijk en toleranties .....	119
<b>Eisen aan aluminium en stalen felsdaken</b>		<b>123</b>
7.1	Inleiding .....	123
7.2	Statica.....	124
7.3	Waterdichtheid .....	125
7.4	Winddichtheid/luchtdoorlatendheid .....	126
7.5	Thermische isolatie .....	126
7.6	Vochthuishouding.....	127
7.7	Geluidsisolatie en –absorptie .....	128
7.8	Brandveiligheid.....	129
7.9	Levensduur.....	129
7.10	Uiterlijk, toleranties .....	130
<b>Eisen aan geventileerde metalen gevelafwerking</b>		<b>132</b>
8.1	Inleiding .....	132
8.2	Statica.....	136
8.3	Waterdichtheid .....	138
8.4	Winddichtheid/luchtdoorlatendheid .....	140
8.5	Thermische isolatie .....	141

8.6	Vochthuishouding.....	142
8.7	Geluidsisolatie en -absorptie.....	143
8.8	Brandveiligheid.....	143
8.9	Levensduur.....	144
8.10	Uiterlijk en toleranties.....	146
<b>Handling, opslag en montage</b>		<b>148</b>
9.1	Handling.....	148
9.2	Opslag.....	149
9.3	Montage.....	151
<b>Reiniging en onderhoud</b>		<b>154</b>
10.1	Reiniging.....	154
10.2	Onderhoud.....	154
<b>Informatieverstrekking door leverancier van producten en materialen</b>		<b>156</b>
11.1	Inleiding en algemeen.....	156
11.2	Statica.....	157
11.3	Waterdichtheid.....	158
11.4	Winddichtheid/luchtdoorlatendheid.....	158
11.5	Warmte-isolatie.....	158
11.6	Vochthuishouding.....	158
11.7	Geluidsisolatie en –absorptie.....	159
11.8	Brandveiligheid.....	159
11.9	Levensduur.....	159
11.10	Uiterlijk.....	160
<b>Literatuur, bronvermelding</b>		<b>161</b>
12.1	Algemeen.....	161
12.2	Statica.....	161
12.3	Warmte- en vochthuishouding.....	162
12.4	Water- en winddichtheid.....	163
12.5	Brand.....	164
12.6	Geluid.....	164
12.7	Uitvoering.....	165
12.8	Levensduur en onderhoud.....	165
12.9	Maatvoering en -toleranties, esthetica.....	166
<b>A. Bijlage achtergrondinformatie</b>		<b>168</b>
<b>A.1 Inleiding</b>		<b>168</b>
<b>A.2 Statica (indeling in kleurklassen van een beperkt aantal, veel toegepaste kleuren)</b>		<b>169</b>
<b>A.3 Waterdichtheid</b>		<b>169</b>
<b>A.4 Winddichtheid/luchtdoorlatendheid</b>		<b>170</b>
<b>A.5 Warmte-isolatie</b>		<b>171</b>
<b>A.6 Vochthuishouding</b>		<b>172</b>

<b>A.7 Geluidisolatie en –absorptie</b>	<b>172</b>
<b>A.8 Brandveiligheid</b>	<b>174</b>
<b>A.9 Levensduur</b>	<b>174</b>
<b>A.10 Uiterlijk</b>	<b>174</b>

## **Disclaimer**

Redactie, auteurs en uitgevers van deze leidraad houden zich aanbevolen voor opmerkingen en suggesties van gebruikers. U kunt deze kenbaar maken bij het secretariaat van de MDG en Dumebo DWS. De laatstgenoemde is een branchevereniging van de Metaalunie te Nieuwegein.

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen, of enige andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de MDG en Dumebo DWS.

Hoewel aan de totstandkoming van deze uitgave de uiterste zorg is besteed, aanvaarden de MDG en Dumebo DWS geen enkele aansprakelijkheid voor eventuele fouten en onvolkomenheden, noch voor de gevolgen daarvan, behoudens voor zover deze voortvloeien uit opzet of grove schuld.







## Inleiding

### 1.1 Doel

Metalen gevels en daken worden sedert een geruime periode op grote schaal op de Nederlandse markt toegepast en zijn op dit gebied uitgegroeid tot één van de belangrijkste bouwproducten. In aanvang vonden metalen gevels en daken met name hun toepassing in de meer industriële bouw. Echter gaandeweg ontdekte men dat dit type gevels en daken ook grote mogelijkheden biedt voor andere bouwtypen.

In kantoren, scholen, schouwburgen, musea en ook woningbouw worden metalen gevels en daken heden ten dage op grote schaal toegepast.

De 'Technische richtlijn' heeft de volgende doelstellingen:

- vastleggen en duidelijk maken uit welke onderdelen een metalen gevel- respectievelijk dakconstructie is opgebouwd;
- aangeven van de mogelijkheden en beperkingen van deze onderdelen;
- vastleggen op welke wijze een metalen gevel- respectievelijk dakconstructie samengesteld, ontworpen, uitgewerkt en uitgevoerd dient te worden om te kunnen voldoen aan het Bouwbesluit en aan een verantwoord technisch en esthetisch niveau;
- een instrument bieden om bij start, tijdens en na afloop van de engineering en van de uitvoerende werkzaamheden het bereikte kwaliteitsniveau te kunnen toetsen aan het in deze richtlijn vastgelegde niveau.

Een bijzonder aspect van dit kwaliteitsdocument is dat het niet alleen nastreeft de technische kwaliteit te omschrijven maar ook de esthetische kwaliteit.

In het belang van helderheid, inzichtelijkheid en verifieerbaarheid is er in deze richtlijn voor gekozen een aantal zaken expliciet uit te werken en te omschrijven. Daarmee wordt niet uitgesloten dat ook met andere constructies, methoden en/of werkwijzen tot een vergelijkbaar niveau kan worden gekomen. Indien partijen hiervoor wensen te kiezen, dient dit wel vooraf aangetoond te worden middels berekeningen en/of beproevingen. Zo niet dan kunnen de leden van MDG geen garanties verstrekken inzake het in de praktijk functioneren van de door hen geleverde materialen, producten, diensten en/of systemen.

**Met nadruk wordt er op gewezen dat de applicateur de verantwoordelijkheid ervoor draagt dat de door deze toegepaste materialen en producten en de door deze gerealiseerde constructiedelen voldoen aan de regelgeving en de contractuele afspraken. Maar niet meer dan dat. Deze draagt derhalve geen enkele verantwoordelijkheid m.b.t. de kwaliteit van aansluitende delen. Ook het vaststellen en vastleggen van de eisen waaraan de materialen, producten en delen dienen te voldoen vallen, tenzij anders overeengekomen, niet onder de verantwoordelijkheid van de applicateur. Deze dienen door zijn opdrachtgever expliciet en schriftelijk bij opdracht te zijn vermeld.**

## 1.2 Opzet

Deze technische richtlijn bestaat uit vier delen: een algemeen gedeelte (hoofdstuk 2), waarin de Bouwbesluit-eisen en algemene uitgangspunten inzake kwaliteit nader worden aangeduid en omschreven, die van toepassing zijn op alle in deze richtlijn behandelde metalen gevel- en dakconstructies; een specifiek gedeelte (Hoofdstuk 3 t/m 8), waarin dit per constructietype nader wordt uitgewerkt; een gedeelte dat omschrijft hoe om te gaan met metalen gevel- en dakproducten bij opslag, montage en onderhoud (hoofdstuk 9 en 10), een gedeelte dat aangeeft welke informatie bij een bepaald type materiaal of product moet worden verstrekt en op welke wijze (Hoofdstuk 11) en tenslotte een gedeelte met (achtergrond)informatie (Bijlage A).

Deze technische richtlijn richt zich op en beperkt zich tot de volgende constructies en haar samenstellende onderdelen: binnendoosconstructies, zelfdragende sandwichpaneel-constructies, metalen 'koud'dak- en warmdakconstructies, gevelconstructies met een enkele beplating en geventileerde metalen gevelafwerkinggevels. Deze vijf constructietypen tezamen vertegenwoordigen het overgrote gedeelte van de toepassingen van metalen gevels en daken.

## 1.3 Wijze van totstandkoming

Deze technische richtlijn is op initiatief van MDG en Dumebo DWS tot stand gebracht door een technische commissie, waarin de leden van beide groepen vertegenwoordigd zijn. In de commissie hebben tevens vertegenwoordigers van Nieman Kettlitz Gevel- en Dakadvies en KIWA BDA Dak- en Geveladvies zitting. De realisatie van deze uitgave staat onder auspiciën van ir. O. Kettlitz en kan met ingang van 1 juni 2023 worden gehanteerd. Er geldt een overgangperiode tot eind februari 2024, tot die tijd kan de kwaliteitsrichtlijn uitgave 2020 nog worden toegepast. Met ingang van 1 maart 2023 dient de huidige versie (1 juni 2023) te worden toegepast.

De commissie heeft deze richtlijn in nauwe samenspraak met haar leden opgesteld. Alle leden hebben zich hieraan geconformeerd.

De belangrijkste wijzigingen in deze uitgave t.o.v. uitgave 2020 zijn:

- Nadere omschrijving van de functies en (on)mogelijkheden van folies toegepast in gevel- en dakconstructies;
- Nadere toelichting van de invloed van de aluminiumlegering op het optreden van (filiforme) corrosie;
- Aandachtspunten bij het toepassen van aluminium composietplaten;
- Omschrijving van de juiste wijze hoe de Rc-waarde van sandwichpanelen in hun toepassing bepaald dient te worden;
- Nadere omschrijving van de mogelijkheden en beperkingen van een bepaalde mate van luchtdichtheid bij de toepassing van sandwichpanelen;
- De toepassing van metalen gevelafwerkingen op een houten achterconstructie;
- Windbelasting op metalen plafondelementen;
- Beperkte toepassing van PVDF-coatings op verzinkt staal in relatie tot milieu en mate van berekening;
- Opname hoofdstuk over aluminium en stalen felsdaken.
- Verwijdering verwijzing naar EPAQ met betrekking tot de materiaaltoleranties.

## 1.4 Status

Leden van MDG zijn verplicht te werken en leveren volgens de technische richtlijn. Indien op één of meerdere onderdelen hiervan afgeweken dient te worden, dient dit eenduidig en ondubbelzinnig overeen te zijn gekomen en te zijn vastgelegd in de opdracht(bevestiging).

Deze is beschikbaar op de internetsite van MDG: 'www.verMDG.nl' en de site van Dumebo DWS: 'www.dumebodws.nl'.

De leden van Dumebo DWS verplichten zich tot de werkwijzen zoals vastgelegd in deze richtlijn en tevens om te allen tijde volgens deze richtlijn in te kopen.

## 1.5 Verantwoording

De Kwaliteitsrichtlijn metalen gevels en daken is gebaseerd op en volgt het Bouwbesluit (Bouwbesluit 2012 versie 1 juli 2018). Dit geldt onverkort ook voor de daarin aangewezen normen en normparagrafen.

Verder zijn de volgende bronnen gebruikt (zie ook 10. Literatuur, bronvermelding):

- Nederlandse publicaties en normen;
- buitenlandse en Europese publicaties en (voor)normen;
- cursusdictaten behorende bij de diverse theorie- en praktijkopleidingen;
- leveranciersinformatie;
- praktijkervaringen.

De laatste bronnen zijn niet te allen tijde strikt gevolgd. In een aantal gevallen zijn nuanceringen en/of verzwaarde eisen aangebracht. Daar waar Nederlandse of buitenlandse regelgeving voorhanden is, is hiervan gebruik gemaakt en/of is hiernaar verwezen. Waar beide beschikbaar zijn, is steeds de Nederlandse regelgeving gevolgd.

Bij de samenstelling van deze richtlijn is nagestreefd de gebruikelijke (wijze van) toepassing van metalen gevels en daken zo volledig mogelijk af te dekken en aan te sluiten op de huidige ontwikkelingen. Gezien echter de zeer brede toepassing en gezien ook de snelheid van de voortgaande ontwikkelingen is het niet onmogelijk dat één of meerdere toepassingen en/of producten/constructies niet (volledig) door deze kwaliteitsrichtlijn worden afgedekt. In dat geval wordt, indien hier onduidelijkheden door ontstaan, aanbevolen voor nader advies contact op te nemen met het secretariaat van de MDG (Lissabonring 24, 5152 NT, Drunen, telefoon 0416 700 279) of van Dumebo DWS (Koninklijke Metaalunie, Postbus 2600, 3430 GA Nieuwegein, telefoon 030 605 33 44) .

De samenstellers van de kwaliteitsrichtlijn hebben de uiterste zorgvuldigheid betracht bij het opstellen van dit document. Toch kan niet worden uitgesloten dat deze richtlijn onvolledigheden dan wel onjuistheden bevat. Noch de MDG, noch Dumebo DWS aanvaardt enige aansprakelijkheid voor de gevolgen van eventuele onjuistheden, fouten e.d. behoudens die welke te wijten zijn aan opzet of grove schuld. Suggesties voor verbetering/ completering zijn te allen tijde welkom en kunnen gericht worden aan het MDG-secretariaat.

## 1.6 Definities

<b>Leverancier</b>	De partij die materialen en producten levert aan de verwerker.
<b>Verwerker</b>	De partij die deze materialen en producten verwerkt tot een gevel- en/of dakconstructie.
<b>Applicateur</b>	De partij die deze materialen en producten verwerkt tot een gevel- en/of dakconstructie.
<b>Opdrachtgever</b>	Opdrachtverlener (contractueel) aan de verwerker





---

## Algemene eisen aan metalen gevels en daken

### 2.1 Inleiding

Bij de realisatie van een gebouw heeft men te maken met een aantal wettelijke voorschriften om een minimaal niveau van bouwkwaliteit te bereiken (niet limitatief):

1. Het Bouwbesluit (Bouwbesluit 2012 versie 1 juli 2018).
2. De Bouwverordening met daarin de gebruikersvergunning met eisen gerelateerd aan het gebruik van dat specifieke gebouw;
  1. CE markering voor die producten waarvoor er een norm is volgens de CPR 305/2011/EU;
  2. De Brandweerwet met daarin de brandveiligheidsverordening voor het gebruik van inrichtingen die niet onder de Woningwet vallen, zoals feesttenten, hotelboten, campings etc.
3. De Wet milieubeheer (voorheen de Hinderwet genoemd) met o.a. speciale eisen voor de opslag van gevaarlijke stoffen, zoals bestrijdingsmiddelen, vuurwerk, radioactieve stoffen etc. (o.a. CPR-richtlijnen);
4. De Arbowet met eisen op het gebied van veiligheidsaspecten tijdens de bouw en het gebruik van het gebouw (o.a. bereikbaarheid van bouwdelen voor onderhoud, voorzieningen tegen valgevaar e.d.);
5. Aanvullende eisen gesteld door opdrachtgevers, verzekeringsmaatschappijen, lokale instanties e.d.

Verder is een groot aantal nationale en internationale technische normen en richtlijnen van belang. In Hoofdstuk 12. van deze Richtlijn is hiervan een overzicht gegeven.

Met name de Europese regelgeving en de harmonisering van regelgeving staan niet stil. Voor sandwichpanelen is een geharmoniseerde productnorm (t.b.v. CE-markering) beschikbaar gekomen in de vorm van de NEN-EN 14509. Deze is er ook voor gevelplaten en kouddakplaten in de vorm van de EN 14782. Voor warmdakplaten en binnendozen betreft dit de NEN-EN 1090-4/5.

Dit hoofdstuk behandelt de algemene eisen en voorwaarden vanuit het Bouwbesluit.

De in Hoofdstuk 2 opgenomen eisen en voorwaarden gelden voor de volgende constructietypen:

- binnendoosconstructies (hoofdstuk 3);
- sandwichpaneel-constructies (hoofdstuk 4);
- warm- en 'koud'dakconstructies (hoofdstuk 5);
- gevelconstructies met enkele beplating (hoofdstuk 6);
- felsdaken (Hoofdstuk 7);

**Voor geventileerde metalen gevelafwerking gelden deze alleen voor zover van toepassing verklaard in het betreffende hoofdstuk (Hoofdstuk 8.) en voor zover relevant.**

In de hoofdstukken genoemd achter het betreffende constructietype zijn de eisen opgenomen die specifiek voor dat type gelden. Hoofdstuk 6 heeft geen betrekking op gevelconstructies op basis van een enkele beplating met aan de binnenzijde hiervan een niet-metalen binnenblad in de vorm van bijvoorbeeld houtskeletbouw of beton. Dit type gevelconstructies valt onder Hoofdstuk 8.

Naast de negen uitgewerkte criteria (statica, waterdichtheid, winddichtheid/luchtdoorlatendheid, thermische isolatie, vocht-huishouding, geluidsisolatie en –absorptie, brandveiligheid, levensduur, uiterlijk en toleranties) zijn ook de overige relevante eisen uit de bovengenoemde wettelijke documenten van toepassing. Een voorbeeld hiervan is dat spleten en andere openingen, om ongedierte te weren, niet breder dan 10 mm mogen zijn.

## 2.2 Statica

### Normen en richtlijnen

De staalkwaliteiten toe te passen voor binnendozen, koudgeformde profielen en profielbeplating dienen te voldoen aan de NEN-EN 1993-1-3, NEN-EN 10143 en NEN-EN 10346. Dit geldt ook voor de stalen platen van sandwichpanelen. Aluminium toe te passen in de buitenbeplating dient te voldoen aan NEN-EN 485-2.

Afmetingen van schroeven en blindklinknagels dienen te voldoen aan NEN-EN 1993-1-8, Ontwerp en berekening van verbindingen. Toleranties liggen vast in de NEN-EN-ISO 4759-1: 2001. Materiaaleigenschappen van schroeven dienen te voldoen aan NEN-ISO 898.

Belastingen en de consequence class (CC) dienen door de constructeur te worden ontleend aan de NEN-EN 1991-1 'Belastingen op constructies' inclusief Nationale Bijlage. M.b.t. belastingen en vervormingseisen voor profielplaten, koudgewalste profielen en binnendoosconstructies is verder NEN-EN 1993-1-3 'Aanvullende regels voor koudgeformde dunwandige profielen en platen' van toepassing. Met betrekking tot belastingen en vervormingseisen voor sandwichpanelen is verder de NEN-EN 14509 'Zelfdragende metalen sandwichpanelen – Fabrieksproducten – Specificaties' van toepassing.

De bepaling van de overspanningscapaciteit van profielplaten dient uitgevoerd te worden zoals omschreven in de NEN-EN 1090-4/5 of de NEN-EN 1993-1-3. De overspanningscapaciteit van binnendozen dient middels beproeving bepaald. De bepaling van de overspanningscapaciteit van koudgeformde lijnvormige tussenprofielen dient uitgevoerd te worden zoals omschreven in de NEN-EN 1993-1-3. De bepaling van de overspanningscapaciteit van sandwichpanelen dient uitgevoerd te worden zoals omschreven in de NEN-EN 14509 (Annex E van deze norm bevat een rekenmodule die is afgestemd op de Eurocode, met name Eurocode 0 en Eurocode 1 inclusief aanvulling). De bepaling van de sterkte van bevestigingsmiddelen en verbindingen dient uitgevoerd/bepaald te worden zoals omschreven European Assessment Document (EAD) 330047-00-0602 en 330046-01-0602.

De EAD 330047-00-0602 is van toepassing op sandwichpaneelschroeven. De EAD 330046-01-0602 is van toepassing op boorschroeven voor enkelwandige platen.

In de hiervoor genoemde publicaties worden de verschillende bezwijkvormen van een bevestiging omschreven en zijn de bijhorende toetsingswijzen en –criteria vastgelegd. Hierbij is echter één bezwijkvorm, die met enige regelmaat voorkomt, niet opgenomen en dat betreft het in de tijd terugdraaien van schroeven. Onder invloed van repeterende belastingen en/of vervormingen – hierbij valt te denken aan temperatuursvervormingen, windvibraties en gebouwtrillingen door bijvoorbeeld machines of een kraanbaan – blijken schroeven soms op den duur los te komen. Hierbij zijn de grootte en frequentie van de belastingen en/of vervormingen van belang (die weer afhankelijk zijn van een groot aantal factoren) en de dimensionering van de bevestiging (aantallen schroeven per vierkantenmeter, materiaaldikten, type schroef etc.).

### Ontschroeven

Uit onderzoek blijkt dat de weerstand tegen het terugdraaien van schroeven in een belangrijke mate wordt bepaald door de dikte van de constructie waarin wordt bevestigd. In situaties dat er in combinatie met vooral horizontale platen en/of zetwerk sprake kan zijn van significante repeterende belastingen en/of vervormingen (zon beschermen gevels, lange gevels, aluminium platen etc.) en er bij het loskomen van de schroeven het risico bestaat dat een plaat naar beneden komt (primaire bevestiging), dient aan het risico van terugdraaiende schroeven specifiek aandacht te worden besteed. Als vuistregel om dit risico te minimaliseren kan hierbij worden aangehouden dat de constructie, waaraan de gevel- of dakplaten of het zetwerk worden bevestigd, minimaal 2x de dikte van deze te bevestigen delen dient te hebben bij de bevestiging op stalen delen en minimaal 2,5x deze dikte bij de bevestiging op aluminium delen. Vanaf een dikte van 2 mm resp. 2,5 mm bij een stalen resp. aluminium achterconstructie is het risico op terugdraaiende schroeven over het algemeen te verwaarlozen.

### Secundaire bevestiging

Er dient onderscheid te worden gemaakt tussen primaire bevestigingen en bevestigingsmiddelen en secundaire bevestigingen en bevestigingsmiddelen. Eerstgenoemden spelen een rol bij het overdragen van belastingen naar achter-c.q. onderliggende constructiedelen. Laatstgenoemde spelen slechts een rol bij het spreiden van vervormingen, sluiten van overlappen en het vastzetten van zetwerk e.d.

Omdat er dit laatste type geen veiligheidsrisico's zijn als gevolg van het terugdraaien van schroeven, kan bij secundaire bevestigingen voor wat betreft de achterliggende delen worden volstaan met een minimale dikte van 1,0 mm bij de toepassing van staal en van 1,6 mm bij de toepassing van aluminium voor deze delen.

### Overige achter/onderconstructies

Bij de bevestiging in houten onderconstructies dient de gekozen houtkwaliteit geschikt te zijn en de houtafmetingen te voldoen aan de voorschriften. Ook voor op hout gelden EAD 330047-00-0602 en 330046-01-0602. De wijze van bevestigen aan steenachtige achterconstructies en de hierbij toe te passen bevestigingsmethoden (zoals bijvoorbeeld pluggen) vallen niet onder de reikwijdte van deze richtlijn. Voor de wijze van toepassing en dus ook plaatsing van bevestigingsmiddelen geldt NEN-EN 1993-1-3 en NEN-EN 1993-1-8. Bij de toepassing in sandwichpaneelconstructies geldt tevens de NEN-EN 14509.



## Hout in de spouw

Tabel 3 Relatie tussen risicoklassen en duurzaamheidsklassen (NEN-EN 460) op twee verschillende manieren weergegeven.

Risicoklasse	Houtvochtgehalte	Gewenste levensduur 25 jaar	Gewenste levensduur 10 jaar
1	Permanent < 20%	I - II - III - IV - V	I - II - III - IV - V
2	Incidenteel, kortdurend > 20%	I - II - III	I - II - III - IV
3	Regelmatig, kortdurend > 20%	I - II - II tot III	I - II - III - IV
4	Permanent > 20%	I - II	I - II - III
4	Permanent > 20% + grondcontact	I	I - II - III
5	Permanent > 20% (zout water)	I	I - II

## Verband tussen risicoklasse en levensduurklasse van kernhout (NEN-EN 460)

Risicoklasse	Duurzaamheidsklasse				
	1	2	3	4	5
1	O	O	O	O	O
2	O	O	O	(O)	(O)
<b>3</b>	<b>O</b>	<b>O</b>	<b>(O)</b>	<b>(O)-(X)</b>	<b>(O)-(X)</b>
4	O	(O)	(X)	X	X
5	O	X	(X)	X	X

O Natuurlijke levensduur is voldoende

X Verduurzaming is noodzakelijk

(...) Afhankelijk van de omstandigheden en kwaliteitseisen/ levensduur

### Veiligheidsklassen

In de Eurocodes wordt niet meer gesproken over de veiligheidsklassen 1 t/m 3. In plaats daarvan is er een nieuwe indeling gemaakt op basis van de 'consequence classes'. Deze zijn gedefinieerd op basis van de mogelijke gevolgen van het bezwijken of slecht functioneren van de betreffende constructie. De gevolgklassen volgens NEN-EN 1990 komen niet precies overeen met de veiligheidsklassen volgens NEN 6700. Metalen gevels en daken vallen voor de meeste industriële gebouwen in de laagste klasse (CC1). Voor kantoren, woningen en industriegebouwen vanaf 3 bouwlagen is de gevolgklasse CC2 van toepassing en bij gebouwen waarin zich veel mensen kunnen bevinden en bij hoge gebouwen ( $h > 70$  m) is dit de hoogste klasse CC3.

Hierbij horen de volgende veiligheidsfactoren (volgens formule 6.10b in NEN-EN 1990):

Gevolgklasse	Permanente belasting	Variabele belasting
CC1	1,08	1,35
CC2	1,20	1,50
CC3	1,32	1,65

### Veiligheidsstrategieën

Een gevel- en dakconstructie en zijn onderdelen dienen gedurende hun referentieperiode, zoals nader omschreven in Eurocode 0, de daarop conform de voorschriften aangrijpende krachten zonder bezwijken te kunnen opnemen en afdragen. Voor industriële gebouwen van 1 of 2 verdiepingen hanteert men hierbij een referentieperiode van 15 jaar. Voor overige gebouwen geldt over het algemeen een periode van 50 jaar.

Om aan deze eis te voldoen kan men drie verschillende strategieën volgen. Deze dient vooraf bepaald te zijn en door de opdrachtgever schriftelijk kenbaar te zijn gemaakt. De eerste strategie is het toepassen van duurzame materialen en constructies die zonder enige vorm van onderhoud gedurende deze periode voldoende sterk blijven. De tweede strategie is deze periode te overbruggen middels periodieke inspectie en onderhoud. De derde strategie is het vervangen van de toegepaste materialen binnen deze periode.

De eerste strategie wordt over het algemeen gevolgd voor niet- of moeilijk te inspecteren en te onderhouden constructiedelen, zoals achter/onderconstructies. De tweede strategie wordt over het algemeen gevolgd voor goed inspecteerbare en onderhoudbare bouwdelen, zoals de (buitenzijde van de) gevelafwerking. Voor de derde strategie komen in principe alleen materialen in aanmerking, waarvan algemeen bekend is, dat deze niet voldoende duurzaam zijn voor een periode van 50 jaar, en die duidelijk waarschuwen alvorens te bezwijken.

Opmerking:

1. Bij het belopen van metalen dakplaten, bijvoorbeeld tijdens de montage of het aanbrengen van isolatie of afwerkklagen, kunnen lokale plastische deformaties (lees: deuken) ontstaan, die het aanzicht en de functionaliteit van het dak kunnen schaden. Deze belastingsituatie is gewoonlijk niet verdisconteerd in de overspanningstabellen van leveranciers. De beloopbaarheid (risico op deuken) van een profielplaat kan proefondervindelijk worden vastgesteld bijvoorbeeld volgens de methode zoals omschreven in de DIN 18 807, deel 2. Hieruit kunnen resultaten komen die het noodzakelijk kunnen maken de overspanningscapaciteit van de plaat te reduceren dan wel een dikkere plaat toe te passen. Raadpleeg zonodig de leverancier;
2. In de genoemde normen wordt over het algemeen uitgegaan van statisch belaste constructiedelen en verbindingen. Is er sprake van een dynamische belasting dan kan dit om aanvullende voorwaarden vragen;
3. De opdrachtgever dient zorg te dragen voor een geschikte achter/onderconstructie met voldoende en juiste bevestigingsmogelijkheden;

4. Voor de windbelasting op buitenplafonds en buitenplafondafwerkingen t.p.v. onderdoorgangen zijn er geen genormeerde vormfactoren vermeld in de vigerende normen. De grootte van deze belasting wordt in sterke bepaald door de mate waarin er extra zuiging kan optreden t.p.v. de onderdoorgang. Als veilige aanname voor een vlak plafond kan worden gekozen voor een stuwdruk van tweemaal de stuwdruk op dakrandhoogte. Voor de vormfactoren kunnen de factoren voor platte daken worden gehanteerd. Echter ter plaatse van de hoekzones kunnen de waarden aangegeven voor de randzones worden toegepast.

Bij hoge en slanke gebouwen, waarbij de windbelasting op de gevel in zones mag worden opgedeeld, kan de stuwdruk worden genomen die geldt voor de zone, waarin het buitenplafond zich bevindt.

5. Waar wordt verwezen naar een norm of richtlijn betreft het steeds de laatst uitgekomen definitieve versie.

## Toetsing

De constructieve veiligheidseisen volgen uit (onder andere) het Bouwbesluit. Door de opdrachtgever dienen minimaal de volgende gegevens te worden opgegeven: consequence class, windgebied, gebouwhoogte, bebouwd/onbebouwd, overspanningen, legpatroon (indien niet vrij te kiezen), hoogteligging en dimensionering van achter/onderconstructie, aanwezigheid van openingen in verband met over/onderdruk, grootte van rand- en hoekzones, hoogte en plaats van eventuele sneeuwbelasting en bijzondere belastingen.

Op projectniveau is een rekenkundige onderbouwing van de bevestiging van de constructieve onderdelen van metalen gevels en daken, conform de diverse Eurocodes, verplicht. Per toegepast constructiesysteem dienen door diegene, die de betreffende materialen/producten toepast (verwerker), de volgende aspecten constructief te worden onderbouwd (middels berekeningen, beproevingen en/of leveranciersgegevens):

- overspanningscapaciteit van de toegepaste beplating/panelen/tussenprofielen
- aantal benodigde primaire bevestigingen per m<sup>2</sup>, type en hun afmetingen en het bevestigingspatroon (ook t.p.v. rand- en hoekzones).

Afhankelijk van de functie van het gebouw zal de referentieperiode conform NEN-EN 1990 over het algemeen 15 of 50 jaar bedragen. De materiaalkeuze voor de onderdelen van de gevel- c.q. dakconstructie dient hierop te zijn afgestemd met in achtname van de inspecteerbaarheid en onderhoudbaarheid van het betreffende onderdeel.

In deze richtlijn is een aantal voorschriften opgenomen. Hiervan mag nimmer worden afgeweken tenzij constructieve overwegingen een zwaardere eis stellen. In dit kader is en blijft de constructeur te allen tijde verantwoordelijk voor een juiste wijze van bevestigen.

De constructeur kan bij het bepalen van de maximale overspanningscapaciteit van beplating/panelen/ tussenprofielen ook volstaan met het raadplegen van leveranciersgegevens, althans tot voor zover de door deze gehanteerde uitgangspunten exact overeenstemmen met de projectgebonden situatie.

Indien men conform bestek of andere schriftelijke overeenkomst op de bouwplaats een trekproef wenst uit te voeren aan de bevestigingsmiddelen, dient de beoordeling hiervan plaats te vinden op basis van een van te voren overeengekomen toetsingscriterium en statistische analyse.

De verwerker dient de kwaliteit van de gerealiseerde bevestiging te controleren. Dit omvat de volgende aspecten: conform voorschrift (van leverancier en van constructeur), daadwerkelijke bevestiging in achterconstructie, juiste indringdiepte, juiste stand (niet scheef) en juiste positionering (volgens eventuele tekening en niet te dicht bij de rand van een constructieonderdeel).

## Uitgangspunten

De constructieve veiligheid mag nimmer ondergeschikt worden gemaakt aan overwegingen betreffende het architectonische ontwerp of wat voor andere overwegingen dan ook.

Aansluitende constructiedelen dienen geschikt te zijn om metalen gevel- en dakconstructies op aan te laten sluiten c.q. op te bevestigen. Deze mogen geen krachten en/of vervormingen op de metalen gevel- en dakconstructies overdragen. Ook mogen deze niet het functioneren van de metalen gevel- en dakconstructies en hun onderdelen op enige andere wijze negatief beïnvloeden.

Constructies, waaraan en waarop metalen gevel- en dakconstructie worden gemonteerd, dienen voldoende sterk en stijf te zijn, rekening houdende met de maximale vervormbaarheid van deze gevel- en dakconstructies, en dienen voldoende opleg- en bevestigingsoppervlak te bieden opdat de gevel- en dakconstructies de op deze delen aangrijpende krachten zonder ontoelaatbare spanningen en/of vervormingen of enig ander nadelig effect op deze achter- c.q. onderliggende constructies kan overdragen.

### Mechanische bevestiging

Omdat beplatingsmaterialen relatief dun zijn, hebben zij met betrekking tot hun vervormingsgedrag een aantal extra aandachtspunten ten opzichte van bijvoorbeeld warmgewalste profielen:

- omdat beplatingsmaterialen relatief slap zijn zullen belastingen nauwelijks worden gespreid. Dit betekent dat het bevestigingsmiddel dat het dichtst in de buurt zit van het aangrijppunt van de belasting deze vrijwel geheel zal opnemen en een verderaf gelegen bevestigingsmiddel hieraan nauwelijks een bijdrage zal leveren;
- indien het aangrijppunt van de belasting (bijv. wind) niet in het verlengde ligt van een bevestigingspunt worden er momenten in de gevel(onderdelen) geïntroduceerd die extra (onverwachte) secundaire krachten in de constructie kunnen opwekken. Bovendien kunnen hierdoor lokaal grote vervormingen optreden. Daarom dienen aangrijp- en afdrachtpunt van krachten zo dicht mogelijk bij elkaar in de buurt te worden gesitueerd;
- het aantal en de plaats van primaire bevestigingsmiddelen kunnen van grote invloed zijn op het lokale vervormingsgedrag van een plaat- en/of binnendoosgedeelte. Daarom is een gelijkmatige verdeling aan te bevelen. Om hierbij tot een goede afdracht te komen, kan het noodzakelijk zijn meer bevestigingen te plaatsen per m<sup>2</sup> dan constructief gezien (op basis van de Eurocode) strikt noodzakelijk is.

Omdat sandwichelementen in tegenstelling tot geprofileerde beplating ook in hun dwarsrichting een bepaalde stijfheid bezitten, is het bovenstaande hierbij in veel mindere mate van toepassing en heeft men in principe bij de plaatsing van de bevestigingsmiddelen een grotere keuzevrijheid.

Nabewerking van een gerealiseerde verbinding, bijv. in de vorm van het afzagen van het puntje van het bevestigingsmiddel is nimmer toegestaan. Daarom dient de lengte van het bevestigingsmiddel te worden afgestemd op de dikte van het te bevestigen 'pakket'. Dit geldt ook voor de minimale lengte. Zo dient het puntje van de schietnagel aan de achterzijde van de constructie zichtbaar te zijn en dient hier, bij de toepassing van schroeven, minimaal 6 mm schroefdraad uit te steken.

Het klembereik van de toe te passen bevestigingsmiddelen dient te zijn afgestemd op de dikte van de te bevestigen materialen en van de constructie waarin wordt bevestigd.

Schietnagels mogen niet in de 'ziel' van het achterliggende profiel worden geschoten (bij zwembaden kan een uitzondering gelden). De dikte van de achterliggende constructie dient bij het gebruik van schietnagels te liggen binnen de door de leverancier gegeven waarden. Bij de toepassing en verwerking dienen de voorschriften van de leverancier te worden gevolgd.

Indien de isolatie een bijdrage kan leveren aan de sterkte en/of stijfheid van de gevel- of dakconstructie, dan dient dit door de leverancier te worden gekwantificeerd.

#### Verlijmen

Een gevelafwerking kan ook middels verlijmen worden aangebracht, indien het lijmp proces onder beheerste condities wordt uitgevoerd. Lijmen op de bouwplaats valt hier in principe dus niet onder. Als hier toch voor wordt gekozen, is het ten zeerste aan te bevelen zorg te dragen voor een mechanische borging die bij het falen van de lijmverbinding voorkomt dat het gevelelement naar beneden komt.

## **2.3 Waterdichtheid**

### **Normen en richtlijnen**

Metalen gevels en daken dienen conform het Bouwbesluit het binnendringen van vocht voldoende te beperken. NEN 2778 is hierbij van toepassing bij de door het Bouwbesluit aangegeven gebruiksfuncties (typen gebouwen). Bij gebouwen met een industriële functie geldt deze norm derhalve uitsluitend als de omsloten ruimte(n) centraal wordt/worden verwarmd t.b.v. mensen. Bij andere ruimten, bijvoorbeeld die gebruikt en eventueel verwarmd worden voor productieactiviteiten of voor de opslag van goederen, geldt deze norm alleen als dit expliciet in het bestek of enig ander contractdocument is overeengekomen.

Een waterdichte constructie is overigens meestal wel aan te bevelen.

Waterdichtheid van gevels en daken dient te voldoen aan de NEN 2778. Bij gevels is dit te toetsen conform de NEN-EN 12865. De meetmethode voor waterdichtheid van ramen, deuren, kozijnen en vliesgevels ligt vast in respectievelijk de NEN-EN 1027 en de NEN-EN 12153 en 12155.

Voor de bepaling van de waterdichtheid van metalen dakafwerkingen op hellende daken is de 'driving rain test' beschikbaar (zie NEN 2778) testmethoden voorhanden. Daarnaast zijn in de Hoofdstukken 4. ('Eisen aan sandwichconstructies') en 5 ('Eisen aan metalen warm- en 'koud' dakconstructies) voorschriften voor de wijze van uitvoering opgenomen.

Onderstaande tabel is overgenomen uit de NEN 2778 (waarden in kN/m<sup>2</sup>).

Hoogte dakrand boven maaiveld	WINDSNELHEIDSGEBIED							
	Gebied I			Gebied II			Gebied III	
	kust	onbebouwd	bebouwd	kust	onbebouwd	bebouwd	onbebouwd	bebouwd
8	330	240	150	250	170	150	150	150
10	340	260	150	270	190	150	150	150
15	380	310	180	300	220	150	170	150
20	410	340	230	320	250	180	200	150
25	430	370	270	340	280	210	220	170
30	450	400	300	350	300	240	230	200
35	470	420	330	360	320	260	250	210
40	480	440	360	370	340	280	260	230
45	490	450	380	380	350	300	280	250
50	500	470	400	390	360	320	290	260
55	510	480	420	400	380	330	300	270
60	520	500	440	410	390	350	310	280
65	530	510	460	410	400	360	320	290
70	540	520	470	420	410	370	330	300
75	550	530	490	430	420	380	330	310
80	560	540	500	430	430	400	340	320
85	560	550	520	440	440	410	350	330
90	570	560	530	440	440	420	360	340
95	580	570	540	450	450	430	360	350
100	580	580	550	460	460	430	370	360
110	590	590	570	470	470	450	380	370
120	610	610	600	490	490	470	390	380
130	620	620	610	500	500	480	400	390
140	640	640	630	510	510	500	410	410
150	650	650	650	520	520	510	420	420
160	660	660	660	530	530	520	430	430
170	670	670	670	540	540	540	440	440
180	680	680	680	560	550	550	450	450
190	690	690	690	560	560	560	450	450
200	700	700	700	570	570	570	460	460
225	720	720	720	590	590	590	480	480
250	740	740	740	600	600	600	490	490
275	760	760	760	620	620	620	510	510
300	770	770	770	640	640	640	520	520

## Toetsing

De waterdichtheidseisen volgen onder andere (voor zover van toepassing) uit het Bouwbesluit (en NEN 2778). Per project dienen door diegene, die de materialen/producten toepast (verwerker), de gekozen constructieopbouw, voorzieningen en detailleringen beoordeeld te worden op waterdichtheid conform de bestekseisen (althans in die gevallen dat deze zijn vermeld).

Voor wat betreft de waterdichtheid van dakconstructies wordt verwezen naar Hoofdstuk 4.3 (voor sandwich-paneelconstructies) resp. Hoofdstuk 5.3 (voor overige metalen dakconstructies).

## Uitgangspunten

De waterdichtheid van metalen gevels en daken berust gewoonlijk op een samengesteld dichtingssysteem, waarbij de waterdichtheid aan de buitenzijde wordt verzorgd en de winddichtheid aan de binnenzijde. Hierbij dient er over de waterdichting geen drukverschil te staan (met andere woorden de ruimte gelegen aan de binnenzijde van deze dichting staat in direct contact met de buitenlucht) en dient er bij de luchtdichting geen (regen)water te kunnen komen. Enig lekwater achter de waterdichting is dus wel toegestaan als dit water maar ongehinderd naar buiten toe kan afvloeien, geen schade en/of overlast kan veroorzaken en niet bij de binnendichting (i.e. luchtdichting) kan komen. Samengestelde dichtingssystemen zijn principieel ongeschikt voor situaties waarbij sprake kan zijn van drukkend (en dus bijvoorbeeld ook staand) water.

De waterdichtheid van warmdakconstructies, opgebouwd uit een metalen ondergrond met daarop isolatie en dakbedekking, is gebaseerd op een zogenaamde membraamdichting, die zowel als waterdichting kan functioneren als ook als winddichting, en daarmee in principe wel bestand is tegen drukkend water.

Waterdichtheid kan worden verkregen door potentiële lekkagepunten af te dichten met kit of band. Het verdient echter te allen tijde sterk de voorkeur om waterdichtheidsvraagstukken in de volgende volgorde aan te pakken om tot verantwoorde oplossingen te komen:

1. beperk de waterbelasting op de potentiële lekkagepunten;
2. hef de krachten op (capillaire werking, drukverschillen, luchtstromingen e.d.), of beperk deze, die water t.p.v. de potentiële lekkagepunten naar binnen kunnen leiden;
3. gebruik natuurkrachten (zwaartekracht, wind, overdruk) om lekkage te voorkomen;
4. (als laatste) gebruik alleen als 1 t/m 3 geen afdoende afdichting bieden een aanvullende afdichting in de vorm van band, profielband of kit.

Metalen platen en panelen toegepast als gevel- of dak(afwerking) zijn zelf waterdicht; het zijn de aansluitingen (voegen, overlappen, detailleringen) en bevestigingen (meestal doorboringen) die de aandacht vragen.

Met het oog op het behalen van een waterdichte gevelconstructie gelden op basis van bovenstaande systematiek en aandachtspunten de volgende uitgangspunten:

- verticaal gemonteerde buitenbeplating tegen de heersende windrichting (i.e. zuidwest) indekken, tenzij dit ernstige esthetische bezwaren heeft. In dat geval is een projectgebonden afweging noodzakelijk. Horizontaal gemonteerde buitenbeplating dient zodanig te worden gemonteerd, dat geen inwatering in de overlap en/of achterliggende spouw kan optreden;

- langs de buitenzijde van de gevel afstromend regenwater boven de aansluiting op ramen, borstweringen e.d. zóver van deze aansluitingen afleiden (middels een lekdorpel), dat de betreffende aansluiting hier niet of minimaal door wordt belast;
- eventueel in de gevelspouw afstromend lekwater boven aansluitingen op ramen, borstweringen e.d. zóver van deze aansluitingen afleiden (met een lekdorpel) dat de betreffende aansluiting hier niet door wordt belast;
- aan de beplating en of zetwerk (door oppervlaktespanning) hangende druppeltjes mogen niet naar binnen toe kunnen worden geleid (waterhol, druiprand of afschot toepassen);
- directe regenbelasting op de gevel dient de aansluitingen op ramen, borstweringen e.d. zo min mogelijk te belasten en deze aansluitingen dienen dus zo goed mogelijk te worden afgeschermd (middels een lekdorpel);
- bij blootstelling aan buitencondities schroeven met een minimale ringdiameter van Ø16 mm toepassen (een kleinere, maar zo groot mogelijke, ringdiameter is toegestaan als dit op grond van de plaatgeometrie noodzakelijk is, denk hierbij bijvoorbeeld aan een sinusprofiel, onder de voorwaarde dat een waterdichte afdichting van het schroefgat is gewaarborgd). De ring dient te bestaan uit een metalen ring en daar mee verbonden EPDM-ring met een dikte van minimaal 2,0 mm voor voldoende levensduur. Blindklinknagels dienen in deze situatie van het 'gesloten' type (gas- en waterdicht) te zijn;
- zetwerk van een dusdanig afschot voorzien (minimaal 7°; bij een gevelhoogte > 12 m boven de dorpel is een groter afschot aan te bevelen) en zodanig vormgeven dat regenwater zo snel mogelijk, en met een minimale belasting van eventueel onderliggende geveldelen, wordt afgevoerd.

### **Waterkerende, dampopen folies**

In gevel- en hellende dakconstructies bestaande uit een binnenblad c.q. warmdakplaten en een buitenblad c.q. kouddakplaten kunnen of moeten, afhankelijk van de toepassing en randvoorwaarden, waterkerende/dampdoorlatende folies worden toegepast. Hierbij worden deze waterkerende/dampopen folies steeds (afgezien van bijzondere omstandigheden zoals bij koelhuizen) aan de koude zijde (buitenzijde) van de warmte-isolatie toegepast.

Een waterkerende, dampopen folie in een gevel- of dakconstructie heeft een ondersteunende functie bij het waterdicht maken van de constructie c.q. bij het opvangen van eventueel restcondens en het naar buiten leiden hiervan. Waterkerende folies kunnen dus nimmer dienen als primaire waterdichting.

In metalen dakconstructie hebben waterkerende en dampopen folies geen functie in het kader van de waterdichtheid van het dak.

In metalen gevelconstructies kan een waterkerende folie de functie hebben te voorkomen dat isolatie en eventuele andere materialen in de spouw door restcondens vochtig worden. Daarnaast kan in deze toepassing ook het opvangen en reduceren van de waterbelasting een rol spelen om te voorkomen dat er teveel regenwater (te diep) in de spouw kan dringen en zo de materialen in de spouw met teveel vocht kan belasten c.q. materialen/materiaaldoorsneden, die droog dienen te blijven, kan belasten.

Bij gevelafwerkingen met gesloten voegen en/of voldoende brede overlappen is een dergelijke aanvullende functie zelden aan de orde. Echter bij een gevelafwerking met een opvoegsysteem kan een waterkerende laag hierbij wel een essentiële rol spelen.



Indien er een waterkerende folie wordt toegepast omdat detailleringen (mogelijk) niet volledig waterdicht zijn waardoor via deze aansluitingen een beduidende hoeveelheid vocht in de gevelspouw kan dringen, dan dient de detaillering zodanig te worden aangepast dat het hierbij hooguit om beperkte hoeveelheden lekwater in de spouw kan gaan.

Indien er sprake van een aanzienlijke vochtbelasting in de spouw dan volstaat een waterkerende folie niet maar dient men te kiezen voor een waterdichte laag (zoals dakbedekking). Omdat deze i.t.t. een waterkerende folie dampdicht is, impliceert het toepassen van dakbedekking aan de koude zijde van de isolatie dat aan de warme zijde van deze isolatie dan een zeer dampdichte laag noodzakelijk is

De kwaliteit van de waterkerende en dampopen folie wordt bepaald door de kwaliteiten van het product, in relatie tot zijn toepassing en de daaraan gestelde eisen, en door de wijze van verwerking. Voor gevels is de kwaliteit van waterkerende folies genormeerd in de NEN-EN 13859-2 - Regendichte of waterkerende membranen voor gevels'.

In de genoemde normen wordt onderscheid gemaakt tussen dampopen ( $S_d < 0,2$  m) en dampdoorlatend ( $\geq 0,2$  m  $S_d < 3,0$  m). Voor metalen gevels en daken komen alleen dampopen folies in aanmerking.

Voor geveltoepassing worden er wat betreft mate van waterkering drie klassen onderscheiden: w1, w2 en w3, in aflopende mate van waterkering.

Klasse w1 dient te worden toegepast in een gevelafwerking met een opvoegsysteem; Klasse w2 in alle overige geveltoepassingen.

Bij gevelconstructies mag de ruimte aan de binnenzijde van de waterkerende laag niet worden geventileerd

## 2.4 Winddichtheid/luchtdoorlatendheid

### Normen en richtlijnen

Metalen gevels en daken dienen conform het Bouwbesluit een zodanige luchtdoorlatendheid te bezitten dat het warmteverlies als gevolg van tocht wordt beperkt. De gekwantificeerde Bouwbesluit-eis bepaald conform NEN 2686 is hierbij van toepassing bij de door het Bouwbesluit aangegeven typen gebouwen. Bij gebouwen met een industriële functie geldt deze norm derhalve uitsluitend als de omsloten ruimte(n) centraal wordt/worden verwarmd t.b.v. mensen. Bij andere eventueel verwarmde ruimten, bijvoorbeeld die gebruikt worden voor productieactiviteiten of voor de opslag van goederen, geldt deze norm alleen als dit expliciet in het bestek of enig ander contractdocument is overeengekomen.

Metalen gevels en daken dienen winddicht te zijn conform het Bouwbesluit (maximale luchtlekkage van  $0,2$  m<sup>3</sup>/s per  $500$  m<sup>3</sup> gebouwwolume gemeten bij een drukverschil van  $10$  Pascal). Deze eis geldt volgens artikel 5.4 van het Bouwbesluit ook voor ten behoeve van mensen verwarmde industriële gebouwen. De eis betreft de dichtheid van de scheidingsconstructies rondom genoemd gebouwwolume bij elkaar opgeteld en is dus niet zonder meer te herleiden naar een eis per gevel/daktype. De prestatie wordt aangetoond op basis van de NEN 2686 middels de zogenaamde Blowerdoor-proef. Ook kan, indien aan de orde, de dichtheid worden bepaald conform de NEN-EN 12114. Overigens kunnen er uit een voorgeschreven EPC zwaardere eisen volgen.

Soms worden er in bestekken nog hogere toetsingsdrukken genoemd dan in deze NEN-normen. Men dient zich te realiseren dat de daar dan bijhorende luchtdichtheidseisen niet zonder de nodige inspanningen te realiseren zijn. Hierbij kan het bijvoorbeeld noodzakelijk blijken te zijn dat vanaf de binnenzijde alle aansluitingen, naden en voegen moeten worden afgeplakt.

Opmerkingen:

- de in het Bouwbesluit voorgeschreven luchtdichtheidseis is gebaseerd op het beperken van het energieverlies door luchtstromingen en sluit tocht(klachten) derhalve niet uit;
- gebouwen in over/onderdruk, omsloten ruimten met voorschriften m.b.t. hygiëne, en koel/vrieshuizen stellen eigen projectgebonden voorwaarden en eisen aan de winddichtheid/luchtdoorlatendheid van de constructie.

## **Toetsing**

De winddichtheids-/luchtdoorlatendheidseisen volgen (o.a. en voor zover als van toepassing) uit het Bouwbesluit. Per project dienen door diegene, die de materialen/producten toepast (verwerker), de gekozen constructieopbouw, voorzieningen en detailleringen beoordeeld te worden op winddichtheid conform de bestekseisen (althans in die gevallen dat deze zijn vermeld).

## **Uitgangspunten**

De winddichtheid van metalen gevels en daken wordt verzorgd aan de binnenzijde (t.o.v. de waterdichting) van de constructieopbouw.

De winddichtheid van warmdakconstructies, opgebouwd uit een metalen ondergrond met daarop isolatie en dakbedekking, is gebaseerd op een zogenaamde membraandichting, die zowel als waterdichting kan functioneren als ook als winddichting.

Om een goed functionerende winddichting te verkrijgen dienen de dichtingen in verticale en horizontale richting in één vlak te liggen dan wel t.p.v. hun kruispunten middels een aanvullende luchtdichting met elkaar te worden verbonden.

Bij opbouwsystemen dient de lucht/winddichtheid, indien hiervoor eisen van toepassing zijn, in het werk middels folie, band, kit o.i.d. te worden gerealiseerd. Bij geventileerde metalen gevelafwerkinggevels valt deze prestatie niet onder de verantwoordelijkheid van de applicateur van de metalen gevelafwerking.

Sandwichpanelen kunnen, afhankelijk van hun toepassing en mits correct gemonteerd, een bepaalde mate aan lucht/winddichtheid bieden (te bepalen conform de NEN-EN 12114). Dit is mede afhankelijk van voegvorm en in de voeg opgenomen voorzieningen. De leveranciers vermelden hierbij ook prestaties. Deze gelden dan echter uitsluitend ter plaatse van de voorgevormde voegen en dus exclusief het luchtverlies t.p.v. aansluitingen, detailleringen en beëindigingen. Deze situatie betekent dat, indien er in dit kader eisen worden gesteld, dikwijls in het werk aanvullende afdichtingen aangebracht zullen moeten worden in de vorm van kit, band, tape o.i.d.

## 2.5 Thermische isolatie

### Normen en richtlijnen

De warmtegeleidingscoëfficiënt ( $\lambda_{\text{calculatie-waarde}}$ ) van (isolatie)materialen dient bepaald te worden conform NEN-EN-ISO 10456.

De warmteweerstand van scheidingsconstructies ( $R_c$ -waarden) dient te worden bepaald conform NEN 1068 (dus rekening houdende met de invloed van lijnvormige en puntvormige koudebruggen en de aanwezigheid van spouwen).

Berekeningen dienen te zijn uitgevoerd met een numeriek programma conform NEN 1068 (dit betekent o.a. dat de invloed van lijn- en puntvormige koudebruggen hierbij moet worden meegenomen). Bij de rekenresultaten dient te staan vermeld op basis van welke uitgangspunten de berekeningen zijn uitgevoerd.

Bij de meeste gebouwen en situaties geldt voor hun gevels een minimale isolatie-eis van  $R_c = 4,5 \text{ m}^2\text{K/W}$  en hun daken van  $R_c = 6,0 \text{ m}^2\text{K/W}$ . Uitzonderingen vormen gebouwen die niet worden verwarmd of gebouwen die wel worden verwarmd maar niet t.b.v. daar in verblijvende mensen maar met een ander doel, bijvoorbeeld met het oog op daarin opgeslagen goederen. Overigens kunnen uit de energetische eisen zoals die kunnen gelden voor het gebouw in zijn totaliteit, hogere eisen volgen.

### Toetsing

Getoetst dient te worden aan het Bouwbesluit. Welke  $R_c$ -waarde hieruit (en/of uit de te behalen Isolatie-index) volgt voor de gevel- resp. dakconstructie dient door de opdracht gevende partij expliciet in het bestek en/of opdracht aangegeven te worden. De  $R_c$ -waarde dient te worden getoetst door diegene, die de materialen/producten (verwerker) toepast. Men kan hiertoe volstaan met het raadplegen van leveranciersgegevens, althans tot voor zover de door deze gehanteerde uitgangspunten exact overeenstemmen met de projectgebonden situatie.

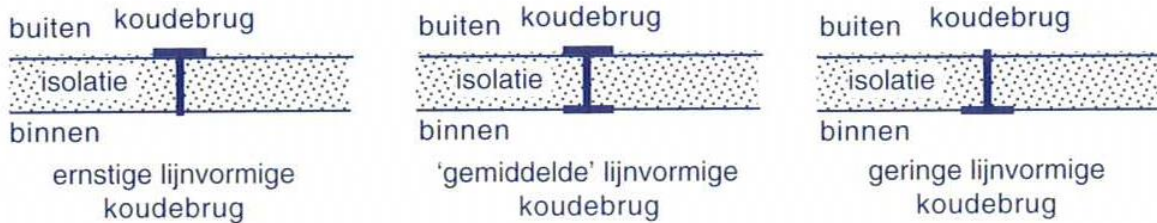
### Uitgangspunten

Om tot een goede thermische isolatie te komen gelden de volgende minimale uitgangspunten:

- bij aansluitingen holle ruimten volledig opvullen met isolatie en uitzakken van isolatie voorkomen;
- ook ter plaatse van detailleringen de invloed van lijnvormige koudebruggen tot een minimum beperken (indien de  $R_c$ -waarde hier eisen aan stelt). Een (beperkte) lijnvormige koudebrug bij bijv. de onder- en boven-aansluiting van een gevelconstructie zal over het algemeen een zeer beperkt effect hebben op de isolatiewaarde van de gevel in zijn totaliteit. Een uitvoering van dergelijke detailleringen inclusief een beperkte lijnvormige koudebrug is daarom dikwijls te accepteren (zodanig rekenkundig te verifiëren);
- isolatiematerialen verdienen te allen tijde de voorkeur boven hout als middel om lijnvormige koudebruggen op te heffen;
- convectie in de constructie-opbouw tussen warme en koude zones zal de isolatieprestatie van de gevel/het dak sterk verminderen.

Opmerking:

De mate waarin een lijnvormige koudebrug t.p.v. een detail de isolatieprestatie van een constructie beïnvloedt, wordt in sterke mate bepaald door de oppervlakteverhouding tussen het gedeelte van de koudebrug dat aan de buitenlucht grenst en het gedeelte dat aan de binnenlucht grenst.



Opmerkingen:

- Voor de thermische prestaties van detaillering zie ook de 'SBR-Referentiedetails Utiliteitsbouw – Staal';
- De gerealiseerde thermische prestatie t.p.v. gevel, dak en detailleringen kan in kwalitatieve zin worden vastgesteld middels een thermografie.

## 2.6 Vochthuishouding

### Normen en richtlijnen

Oppervlaktecondensatie aan de binnenzijde van de constructie is niet toegestaan tenzij het een ongeïsoleerde constructie betreft en/of het een gebouw betreft met een lichte industriefunctie. Bij dit laatste type gebouw geldt deze eis dus alleen als dit contractueel is overeengekomen inclusief een opgave door de opdrachtgever van de heersende condities.

Thermische brugwaarden dienen als een lineaire warmtedoorgangscoefficiënt  $\psi$  (psi-waarde in  $W/(m.K)$ ) bepaald te worden als bedoeld in NEN 1068. De berekening van de lineaire warmtedoorgangscoefficiënt  $\psi$  dient, indien in het bestek voorgeschreven, te worden uitgevoerd door diegene, die de materialen/producten toepast (verwerker), en wel met een 3-dimensionaal warmteverliesprogramma gebaseerd op de eindige elementenmethode. Bij de rekenresultaten dient te staan vermeld op basis van welke uitgangspunten de berekeningen zijn uitgevoerd. Ten behoeve van de het berekenen van deze lineaire warmtedoorgangscoefficienten moeten de warmtegeleidingscoefficienten ( $\lambda_{\text{calculatie}}$ -waarden) bepaald worden conform NEN-EN-ISO 10456. De in de NEN 1068 aangegeven overgangswaarden dienen hierbij te worden aangehouden.

## Toetsing

Er dient onder andere te worden voldaan aan (voor zover van toepassing) het Bouwbesluit. Dit dient projectmatig te worden getoetst.

Voor metalen gevels en daken gelden de volgende eisen (voor zover niet geregeld in het Bouwbesluit):

- de factor van de temperatuur van het binnenoppervlak i.e. de zijde die grenst aan een verblijfsgebied (f-waarde) dient minimaal (met uitzondering van gebouwen verwarmd tot 14°C)  $f = 0,5$  te zijn, zie NEN 2778. Bij een woonfunctie geldt  $f > 0,65$ . Bij gebouwen met een hoge interne dampdruk (wasserijen, tropische zwembaden, kartonfabrieken etc.) kunnen de geëiste f-factoren aanzienlijk hoger zijn om oppervlaktecondensatie aan de binnenzijde te voorkomen. In die gevallen dient dit te volgen uit het bestek;
- beperkte en tijdelijke inwendige condensatie (condens in de spouw) is alleen toegestaan als deze geen negatieve invloed heeft op het functioneren van de gevel respectievelijk het dak en dat van de daarin opgenomen materialen en als deze geen negatieve invloed heeft op het gebruik van de achterliggende respectievelijk onderliggende ruimten tenzij contractueel anders overeengekomen;
- onderkoelingscondensatie dient tot een minimum beperkt te worden. Deze mag geen negatieve invloed hebben op het functioneren van de gevel respectievelijk het dak en dat van de daarin opgenomen materialen en mag geen negatieve invloed hebben op het gebruik van de achter/onderliggende ruimten (niet van toepassing ongeïsoleerde constructies);
- uittredend condens mag geen overlast of schade veroorzaken. Aan de binnenzijde van gevel/dak mag geen condens uittreden (n.v.t. voor ongeïsoleerde constructies) tenzij contractueel anders overeengekomen.

Men kan volstaan met het raadplegen van leveranciersgegevens, althans tot voor zover de door deze gehanteerde uitgangspunten exact overeenstemmen met de projectgebonden situatie.

## Uitgangspunten

### Oppervlaktecondensatie

Oppervlaktecondensatie aan de binnenzijde van de constructie wordt voorkomen door de oppervlaktetemperatuur aan de binnenzijde van de constructie minimaal ca. 2 à 3 °C boven het dauwpunt van de binnenlucht te houden. Dit kan men bereiken door de invloed van koudebruggen te beperken dan wel de dampdruk van de binnenlucht onder een bepaald niveau te houden.

### Inwendige condensatie (n.v.t. sandwichpaneel-constructies)

Inwendige condensatie (condens in de spouw) dient te allen tijde tot een minimum te worden beperkt of zelfs geheel te worden voorkomen. Deze aanpak verdient verreweg de voorkeur boven het toelaten van condensatie en zorgdragen voor (een adequate) afvoer hiervan naar buiten.

Redenen hiervoor zijn:

- isolatiematerialen worden niet vochtig, zodat de isolerende werking niet negatief beïnvloed kan worden;
- vocht kan niet ingesloten raken (bijv. in overlappen of bij aansluiting van de beplating op de lekdorpel), zodat de levensduur van deze materialen niet negatief beïnvloed kan worden;
- de kans dat inwendige condensatie (toch) overlast veroorzaakt, is niet aan de orde.

Inwendige condensatie kan optreden als vochtige, warme binnenlucht via aansluitingen aan de binnenzijde van de constructie in de opbouw kan stromen en zo met koude oppervlakken (buitenbeplating, tussenprofielen, zetwerk etc.) in contact kan komen. Met name bij warmdakconstructies met isolatie en dakbedekking kan ook vochttransport door dampdiffusie hierbij een rol spelen. Inwendige condensatie is dus te voorkomen, of in ieder geval sterk te beperken, door aan de warme zijde van de isolatie een luchtstromingsdichte laag toe te passen en de dampdiffusieweerstand hiervan af te stemmen op die van de andere materialen in de constructieopbouw.

#### Onderkoelingscondensatie (n.v.t. sandwichpaneel-constructies)

Onderkoelingscondensatie door nachtelijke uitstraling is een verschijnsel dat zich tijdens koude, heldere winternachten voordoet en dat met name bij dakconstructies met aan de buitenzijde een metalen beplating tot overlast kan leiden. Het risico dat dit inderdaad overlast geeft, kan tot een minimum worden beperkt door de eventuele spouw niet te ventileren met buitenlucht.

### **Waterkerende, dampopen folies**

Zie paragraaf 2.3.

## **2.7 Geluidsisolatie en -absorptie**

### **Normen en richtlijnen**

Geluidsisolatieprestaties van een gevel- respectievelijk dakconstructie dienen bepaald te worden conform NEN 5077/NEN-EN-ISO 717-1.

Geluidsabsorptieprestaties dienen bepaald te worden conform NEN 5078/NEN-EN-ISO 354.

Geluidsisolatie bepaalt hoe en in welke mate geluid wordt ervaren, geproduceerd aan de andere zijde van de gevel/dak; geluidsabsorptie bepaalt hoe en in welke mate geluid wordt ervaren, geproduceerd in dezelfde ruimte als waarin de waarnemer zich bevindt.

### **Toetsing**

De vereiste geluidsisolatieprestatie voor buitengeluid volgt uit (o.a. en voor zover als van toepassing) het Bouwbesluit. De toetsing dient projectmatig te worden uitgevoerd. Mogelijke geluidsisolatie-eisen voor binnengeluid volgen uit de Wet Milieubeheer (voorheen de Hinderwet genoemd). De uit het Bouwbesluit, Wet Milieubeheer en aanvullende overwegingen volgende projectgebonden eisen dienen expliciet in het bestek en/of opdracht te zijn vermeld. De verlangde prestatie dient te worden uitgedrukt in dB(A), dus voor een karakteristieke geluidsbron.

De vereiste geluidsisolatieprestatie voor geluidwering tussen ruimten volgt onder andere uit (voor zover van toepassing) het Bouwbesluit. (Dit aspect kan relevant zijn omdat de aansluitingen/detaileringen gevel/vloer, gevel/binnenwand en dak/binnenwand hier invloed op kunnen hebben door het optreden van flankerende transmissie.) De prestatie inzake flankerende transmissie is een verantwoordelijkheid van de opdrachtgever (en haar adviseurs).

Voor de nagalm (geluidsabsorptie) zijn er geen wettelijke eisen (m.u.v. trappenhuisen bij woongebouwen). Het stellen van eisen hieraan kan het comfort in de omsloten ruimte aanzienlijk verhogen. Vereiste geluidsabsorptiewaarden voor gevel en/of dak dienen per octaafband in het bestek te worden vermeld.

De geluidsisolatie- en -absorptiewaarden dienen te worden getoetst door diegene, die de materialen/producten (verwerker) toepast. Bij het bepalen van geluidsisolatie en/of absorptieprestatie van metalen gevel- en dakconstructies kan worden volstaan met het raadplegen van leveranciersgegevens, althans tot voor zover de door deze gehanteerde uitgangspunten exact overeenstemmen met de projectgebonden situatie. Hierbij dient te worden opgemerkt dat het bepalen van een juist akoestisch comfort specialistisch werk is en niet zondermeer volgt uit een optelling van de samenstellende delen.

## **Uitgangspunten**

### Geluidsisolatieprestatie

Geluidsisolatieprestaties worden positief beïnvloed door:

- toenemende massa (vooral lage tonen);
- toenemende dikte van de isolatie en vulgraad van de spouw (niet van toepassing sandwichpaneel-constructies ) (lage en hoge tonen);
- toenemende demping tussen binnen- en buitenbeplating (indien van toepassing) (vooral hoge tonen). Deze demping wordt op haar beurt positief beïnvloed door:
  - grote spouwbreedte (niet van toepassing sandwichpaneel-constructies );
  - meerlaagse opbouw;
  - relatief slappe beplating;
  - beperkt aantal bevestigingspunten (mede afhankelijk van bevestigingspatroon);
  - (doorlopende) isolatie t.p.v. deze bevestigingspunten;
  - volledig vullen van holle ruimten met isolatie.

### Prestaties m.b.t. flankerende transmissie

De isolatie tegen flankerende transmissie wordt positief beïnvloed door:

- toenemende massa (vooral lage tonen) t.p.v. aansluiting gevel/dakconstructie op scheidingswand/vloer;
- toenemende dikte van de isolatie en vulgraad van de spouw t.p.v. aansluiting gevel/dakconstructie op scheidingswand/vloer;
- vermindering van trillingsoverdracht (= geluid) langs de scheidingswand/vloer via de gevel/dakconstructie. Dit is te bereiken door:
  - starre koppeling van (lichte) gevel/dakconstructie aan de (zware) scheidingswand/vloer;
  - onderbreking van de binnenzijde van gevel-/dakconstructie dan wel de volledige constructie t.p.v. deze wand/vloer.

Omdat de prestatie m.b.t. de flankerende transmissie niet alleen wordt bepaald door de gevel of het dak maar ook door wanden en vloeren en de wijze waarop de deze delen met elkaar worden gekoppeld en hoe de aansluitingen worden geïsoleerd, valt de te behalen prestatie niet onder de verantwoordelijkheid van de applicateur van de gevel c.q. het dak.

### Geluidsabsorptieprestaties

Metalen oppervlakken reflecteren geluid sterk. Hierdoor kan geluid dat in een omsloten ruimte wordt geproduceerd, relatief lang binnen deze zelfde ruimte nagalmen. Dit kan ongewenst zijn en/of als onprettig worden ervaren. Deze nagalm kan worden beperkt door het absorberend oppervlak te vergroten. Deze is te halen uit aanvullende absorberende voorzieningen (vloerbedekking, tussenwanden, 'baffles' e.d.) maar ook uit de gevel en/of het dak. In dat laatste geval dient men de beplating, die grenst aan de binnenruimte, te perforeren opdat het geluidsabsorberende vermogen van de (minerale wol) isolatie achter deze binnenafwerking aangewend kan worden. Hoe dichter hierbij dit absorberende oppervlak bij de geluidsbron is geplaatst, des te effectiever zal dit werken.

Met betrekking tot de geluidsabsorptieprestaties geldt o.a.:

- bij eenzelfde perforatiegraad zijn veel kleine perforaties effectiever dan weinig grote (bij een gegeven totaal perforatieoppervlak);
- hoe dikker de isolatie achter de perforaties, des te beter de geluidsabsorptie;
- een hogere dichtheid isolatie kan een beter resultaat geven. Dit geldt echter binnen grenzen.

Opmerkingen:

- Geperforeerde binnendozen kunnen leiden tot grote luchtlekkages. Bij hoge(re) luchtdichtheidseisen is de toepassing van dit type dozen daarom geen optie.
- Onder invloed van temperatuursveranderingen kunnen metalen gevel- en dakconstructies in aanzienlijke mate vervormen. Dit kan leiden tot enige geluiden in de vorm van 'tikken' en 'knallen'. Gezien de relatief grote lineaire uitzettingscoëfficiënt van staal en aluminium zijn dergelijke geluiden nimmer volledig uit te sluiten.

## 2.8 Brandveiligheid

Brandveiligheidseisen aan de te gebruiken materialen en constructies zijn afhankelijk van de situering van het gebouw in relatie tot haar omgeving, zoals bijvoorbeeld de afstanden tot de aangrenzende gebouwen op het terrein en/of tot de perceelgrens, de hoogte van de betreffende gebouwen, de brandcompartimentgrootte etc.

Dit impliceert tevens dat bij wijziging van het gebruik of functie van het gebouw een nieuwe omgevingsvergunning moet worden aangevraagd. Dit kan leiden tot aanpassingen aan de constructies en aanvullende eisen aan brandveiligheidsvoorzieningen, zoals bijvoorbeeld een sprinklerinstallatie, rook- en warmteafvoer, brandmeldinstallatie, maar ook meer vluchtwegen, hogere brandwerendheid van gevels en/of daken en zelfs ook aanpassing van de compartimentgrootte.

De overheid gaat er vanuit dat bij brand personen het gebouw op een veilige wijze tijdig kunnen verlaten.

Opgemerkt dient nog te worden dat het Bouwbesluit een minimaal brandveiligheidsniveau aangeeft voor brandcompartimenten tot 2.500 m<sup>2</sup> (bij industriegebouwen), waarbij niet wordt gekeken naar schadebeperking en/of het gebruik van het gebouw. Opdrachtgevers kunnen hogere eisen stellen aan de brandveiligheid. En ook specifieke gebouwfuncties, lokale omstandigheden en regio gebonden inzichten kunnen tot (beduidend) hogere eisen leiden. Dit geldt voor gebouwen met een brandcompartimentgrootte groter dan 500/1.000/2.500 m<sup>2</sup> (afhankelijk van gebouwfunctie).

Applicateurs van metalen gevels en daken beschikken niet over de kennis om op basis van omgeving, type gebouw, gebruik van het gebouw, eventueel in te zetten middelen m.b.t. actieve brandveiligheid etc. de voor de door deze te realiseren gevel- en/of dakconstructie uit de regelgeving volgende WBDBO-eis en afgeleide brandwerendheidseis te bepalen, noch in richting noch in grootte. Dit impliceert dat de opdrachtgever de brandwerendheidseisen, indien deze er zijn, in zijn opdracht dient te specificeren inclusief in welke richting deze gelden.



## **Normen en richtlijnen**

In het kader van brandveiligheid zijn voor gevels en daken de volgende begrippen relevant: brandgedrag van bouwproducten (NEN-EN 13501-1), brandwerendheid van bouwdelen (NEN-EN 13501-2) en brandgevaarlijkheid van daken (NEN 6063). Het Bouwbesluit stelt directe eisen aan het brandgedrag en brandgevaarlijkheid, de brandwerendheid van bouwdelen volgt uit de wdbbo-eis die het Bouwbesluit stelt. De vereiste wdbbo (weerstand tegen branddoorslag en brandoverslag) moet worden bepaald volgens NEN 6068, uit die norm volgt (bijvoorbeeld door middel van een berekening) de vereiste brandwerendheid die nodig is om de wdbbo te behalen. Deze brandwerendheid moet worden bepaald aan de hand van NEN 6069 (hierin staat dat een berekening moet worden gemaakt of een test moet worden uitgevoerd), de brandwerendheid die volgt uit deze norm wordt geclassificeerd met behulp van NEN-EN 13501-2.

In geval van bestaande bouw mag gebruik gemaakt worden van de oude normering: brandvoortplanting (NEN 6065, in plaats van NEN-EN 13501-1) en rookontwikkeling (NEN 6066, in plaats van NEN-EN 13501-1). Hiermee wordt voorkomen dat in bestaande bouw toegepaste materialen moeten worden vervangen omdat ze niet aan de huidige normering voldoen.

### Brandgedrag

Brandgedrag wordt onderverdeeld in brandklasse (brandvoortplanting volgens de oude norm), rookklasse (rookontwikkeling volgens de oude norm) en druppelvorming. In het Bouwbesluit worden voor gevels en daken eisen gesteld aan de brandklasse en de rookklasse.

De brandklasse is een maat voor de uitbreiding van de brand over de oppervlakte van een constructie (bijvoorbeeld: hoe snel plant een brand zich voort over de oppervlakte van een gevel).

Opmerking: Ook vanuit de WBO-eis (zie hieronder) geldt een eis voor de toelaatbare brandklasse.

Er geldt een eis voor de rookklasse voor materialen grenzend aan de binnenzijde van ruimten en vluchtroutes, opdat een minimale zichtafstand voor vluchtende personen gedurende een bepaalde periode gewaarborgd wordt.

Er geldt een minimale eis van s2 conform EN 13501-1. In de buitenlucht wordt hieraan geen eis gesteld.

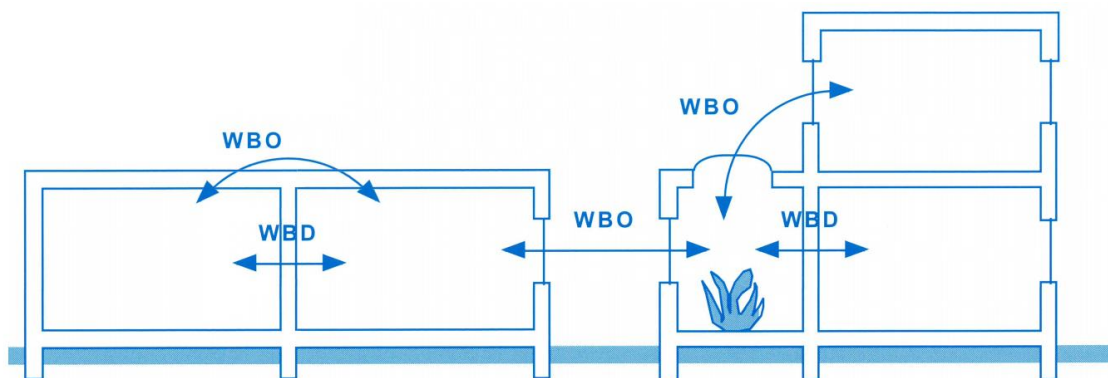
### Brandgevaarlijkheid van daken

Daken moeten (uitzonderingen daargelaten) niet-brandgevaarlijk zijn. Dit houdt in dat bij een brand in de nabijheid van het dak, dit dak niet ook mee gaat branden.

### Weerstand tegen branddoorslag en brandoverslag (WBDBO)

Dit is een maat die aangeeft hoe groot de weerstand tot branduitbreiding tussen bijvoorbeeld twee brandcompartimenten is. De weerstand wordt bepaald volgens een genormeerde brand en wordt aangeduid in minuten. Het Bouwbesluit stelt tussen verschillende delen van een gebouw (meestal tussen twee brandcompartimenten) een wdbbo-eis van 30 of 60 minuten. De hoogte van de eis is afhankelijk van de situatie.

De opdrachtgever c.q. zijn adviseurs dienen vroegtijdig aan te geven welke WBDBO-prestaties voor de verschillende, mogelijke branduitbreidingstrajecten van toepassing zijn. Het deel van de wdbbo dat voor rekening komt van de gevel of het dak is afhankelijk van het ontwerp van het gebouw, met een gunstig ontwerp kunnen veel voorzieningen worden bespaard, een ongunstig ontwerp kan ervoor zorgen dat grote delen van de gevel of het dak brandwerend moeten worden uitgevoerd.



*WBDBO (inventariseren van alle branduitbreidingsmogelijkheden)*

### Weerstand tegen branddoorslag (WBD)

Dit is een afgeleide eis van de 'weerstand tegen brandoverslag en branddoorslageis'. Deze eis betreft de uitbreiding van de brand van het ene brandcompartiment naar het andere compartiment via de binnenlucht. Dit betreft altijd de brandwerendheid van bouwconstructies als wanden en vloeren.

### Weerstand tegen brandoverslag (WBO)

Binnen het kader van metalen gevels en daken is dit, als afgeleide van de 'weerstand tegen brand- overslag en branddoorslageis', het meest relevante criterium. Deze eis betreft de uitbreiding van het ene gebouw naar het andere gebouw of van het ene brandcompartiment naar het andere compartiment uitsluitend via de buitenlucht.

De weerstand tegen brandoverslag moet worden bepaald tussen de gebouwdelen waartussen een wbdbo-eis wordt gesteld. Bijvoorbeeld vanuit het dak van het ene brandcompartiment naar de gevel van een aangrenzend brandcompartiment of vanuit een gevelopening van het ene brandcompartiment naar een gevelopening van een daarboven liggend brandcompartiment.

Brandoverslag moet ook getoetst worden van en naar een fictief gebouw. Dit fictieve gebouw is de spiegelsymmetrie t.o.v. de perceelgrens van het te bouwen gebouw (beide liggen dus op gelijke afstand van deze grens).

### Brandwerendheid van gevels en daken

Welke brandwerendheid nodig is om de vereiste WBO te behalen moet worden berekend met een stralingsmodel (dit model is opgenomen in NEN 6068) en is van toepassing in twee richtingen (van binnen naar buiten c.q. van buiten naar binnen). De brandwerendheidsprestatie van binnen naar buiten zal over het algemeen niet gelijk zijn aan die van buiten naar binnen. De redenen zijn dat bij toetsing van binnen naar buiten de volledige brandkromme (genormeerde brand) van toepassing is en van buiten naar binnen de gereduceerde brandkromme (genormeerde brand met lagere temperatuur), dat de constructieopbouw meestal niet symmetrisch is en dat er andere beoordelingscriteria van toepassing zijn.

De brandwerendheid wordt bepaald op basis van diverse criteria en dan met name afdichting (het E-criterium), straling (het W-criterium) en temperatuur (het I-criterium). Van binnen naar buiten gelden de criteria E en W, van buiten naar binnen gelden de criteria E en I. Voor daken geldt alleen het E-criterium.

Elke brandwerende scheidingsconstructie voldoet tenminste aan het E-criterium (ofwel het afdichtingscriterium). Dit criterium houdt in dat de constructie dicht is en geen vlammen of hete gassen doorlaat. De constructie is niet rookdicht, er mag rook doorheen alleen mag deze niet te heet zijn (te heet is in dit geval als een wattenprop erdoor kan worden ontstoken). Een brandwerendheid op het E-criterium wordt omschreven (geclassificeerd) als bijvoorbeeld E30 (30 minuten brandwerend op het E-criterium).

Naast het E-criterium kan het W-criterium van toepassing zijn. Dit criterium houdt in dat er niet teveel straling door de scheidingsconstructie mag komen. De grenswaarde hiervoor is 15 kW/m<sup>2</sup> op één meter afstand (bij een dergelijke straling ontstaan na circa 5 seconden blaren op de menselijke huid). Een brandwerendheid op het E- en W-criterium wordt omschreven (geclassificeerd) als bijvoorbeeld EW30 (30 minuten brandwerend op het E- en W-criterium).

Het I-criterium houdt in dat de scheidingsconstructie aan de niet-brandzijde (aan de andere kant is dus de brand) niet warmer mag worden dan 140 °C (plaatselijk is 180 °C toegestaan). Dit criterium is over het algemeen van toepassing als brandbare inventaris tegen de niet-brandzijde van de constructie kan worden verwacht, zoals bijvoorbeeld de binnenzijde van een gevel. Een brandwerendheid op het E- en I-criterium wordt omschreven (geclassificeerd) als bijvoorbeeld EI30 (30 minuten brandwerend op het E- en W-criterium). Voor gevels is een brandwerendheid van EI vereist van buiten naar binnen, waarvoor de gereduceerde brandkromme van toepassing is. Een brandwerendheid op basis van die gereduceerde brandkromme (de constructie is dus getest met een minder hete brand) wordt geclassificeerd met het bijschrift "ef", in dit voorbeeld dus EI30-ef.

Een constructie (dus ook een gevel en een dak) kan op de verschillende criteria een andere brandwerendheid behalen. Daarom is het van belang na te gaan welke brandwerendheid voor welk criterium wordt behaald. Op basis van een test kan een scheidingsconstructie 30 minuten brandwerend zijn op het I-criterium en 60 minuten brandwerend op het W-criterium. De brandwerendheid van deze constructie wordt dan geclassificeerd als EI30 en EW60 (en mag dus bijvoorbeeld niet worden toegepast waar een brandwerendheid van EI60 wordt vereist).

### **Brandwerendheid bij compartimenten tot 500/1000/2500 m<sup>2</sup>**

Als reeds aangegeven is voor metalen gevels en daken de weerstand tegen brandoverslag van groot belang. Voor brandcompartimenten tot aan 500/1000 m<sup>2</sup> (2.500 m<sup>2</sup> bij industriegebouwen) geeft het Bouwbesluit hier eenduidige informatie over.

### **Brandwerendheid bij compartimenten groter dan 500/1000/2500 m<sup>2</sup>**

Gekwantificeerde regelgeving voor deze situatie ontbreekt. Dikwijls hanteert men de publicatie "Beheersbaarheid van brand". Dit heeft geen wettelijke status maar vindt wel een brede acceptatie en toepassing.

Verskillende criteria, zoals vuurbelasting van opgeslagen goederen, brandcompartimentgrootte en afstand tot belendende bebouwing bepalen hierbij de hoogte van de WBDBO-eis. De vuurbelasting, dat wil zeggen de maximaal aanwezige hoeveelheid brandbaar materiaal inclusief de vuurbelasting van de bouwmaterialen van het gebouw zelf (verbrandingswaarde volgens NEN 6090), is bepalend voor de tijdsduur van de eventuele brand (op basis van een standaardbrand).

De genoemde methode “Beheersbaarheid van brand” hanteert vier verschillende mogelijkheden om grote brandcompartimenten toe te staan, de publicatie noemt dit “maatregelenpakketten”.

Maatregelenpakket 1 stelt een hogere wbdbo-eis rondom het brandcompartiment om te compenseren voor de grotere oppervlakte. Deze wbdbo-eis wordt bepaald door de vuurbelasting (potentiële verbrandingsenergie) in het gebouw en van het gebouw zelf. Een brandbaar gebouw met een brandbare inventaris geeft dus een hogere wbdbo-eis (en een hogere vereiste brandwerendheid) dan een minder brandbaar gebouw met weinig brandbare inventaris.

Maatregelenpakket 2 betreft het voorzien van een RWA-installatie (rook- en warmte afvoer) ter compensatie voor de grotere oppervlakte. Naast de RWA-installatie worden ook voorwaarden gesteld aan de wijze van opslag.

Bij maatregelenpakket 3 is de grotere oppervlakte toegestaan indien sprake is van (alleen) bulkopslag.

Maatregelenpakket 4 betreft het voorzien van een sprinklerinstallatie ter compensatie voor de grotere oppervlakte. Een sprinklerinstallatie wordt ook wel los van de genoemde publicatie als gelijkwaardigheid voor grote brandcompartimenten gebruikt.

Dit betekent dat door te variëren met bovenstaande criteria, maar bijvoorbeeld ook met zaken als wel/niet een sprinklerinstallatie, wel/niet brandbeveiligingsinstallaties et cetera, de wbdbo-eis in sterke mate kan worden beïnvloed en daarmee ook de brandwerendheidseisen aan gevels en daken. Brandveiligheid is hierbij dus maatwerk!

Aanbevolen wordt van deze mogelijkheden optimaal gebruik te maken om te voldoen aan de eisen, maar wel zonder afbreuk te doen aan het veiligheidsniveau waarvoor de opdrachtgever verantwoordelijk is. Het juiste moment voor dit afwegingsproces is de ontwerpfase, omdat dan de vrijheid om keuzes te maken het grootst is.

## **Aansluiting brandscheiding op wand en dak**

Bij de aansluiting van brandwerende scheidingsconstructies is bij metalen gevels en daken de temperatuurgeleiding meestal een aandachtspunt. Metaal geleidt warmte goed en ter plaatse van dergelijke knooppunten moet worden voldaan aan het I-criterium (temperatuur). Dit betekent dat die geleiding moet worden tegengegaan door het metaal ter plaatse van de brandscheiding te onderbreken of aan weerszijden van de brandscheiding een brandwerende bekleding te voorzien. Zo'n brandwerende bekleding wordt ook wel een vlamscherm genoemd en wordt bij staaldaken regelmatig toegepast (een strook brandwerende bekleding aan weerszijden met gevulde canelures).

Ook brandbare isolatie moet ter plaatse van zo'n knooppunt worden onderbroken. Door geleiding via het metaal kan het isolatiemateriaal gaan branden en kan de brand zich langs de brandscheiding voortplanten via dit isolatiemateriaal. In dergelijke situaties moet de brandbare isolatie worden onderbroken door bijv. minerale wol.

Het dak (en de gevels) wordt in met name industriehallen vaak gedragen door een stalen draagconstructie. Als de gevel of het dak brandwerend moet zijn, geldt dit ook voor de draagconstructie die deze ondersteunen. Waar deze draagconstructie door een brandwerende scheidingswand heen gaat verdient deze extra aandacht, hier moet namelijk ook aan het I-criterium (temperatuur) worden voldaan en is niet alleen het bezwijkgedrag van de draagconstructie van belang.

## Toetsing

De vereiste WBDBO-prestatie volgt onder andere uit het Bouwbesluit en bij een brandcompartimentgrootte > 500/1.000 m<sup>2</sup> (> 2.500 m<sup>2</sup> bij industriefuncties) mogelijk uit (bijv.) de genoemde publicatie "Beheersbaarheid van brand". De eis dient expliciet in het bestek en/of opdracht te zijn vermeld.

De brandveiligheidsprestaties dienen te worden getoetst door diegene, die de materialen/producten (verwerker) toepast. Bij het vaststellen van de brandwerendheid en andere relevante brandveiligheidsprestaties van een bepaalde gevel- of dakconstructie kan men volstaan met het raadplegen van leveranciersgegevens, althans tot voor zover de door deze gehanteerde uitgangspunten exact overeenstemmen met de projectgebonden situatie. Indien de situatie niet overeenkomt met de uitgangspunten van het product (bijvoorbeeld omdat een toe te passen kozijn is getest in een steenachtige gevel en niet in de toe te passen metalen gevel) kan een adviseur worden gevraagd een beoordeling te doen ten aanzien van de verwachte brandwerendheid.

## 2.9 Levensduur

### Normen en richtlijnen voor beplating en panelen-buiten

Staalkwaliteit dient te voldoen aan de EN 10143. Aluminiumkwaliteit dient te voldoen aan EN 485-2. Gecoilcoat aluminium dient te voldoen aan EN 1396. RVS dient te voldoen aan EN 10 088-1/2.

Moffelwerk dient te voldoen aan de Qualicoateisen. Anodiseerkwaliteit dient te voldoen aan EURAS-EWAA/Qualanodeisen.

Bij verzinkt staal gelden, afhankelijk van het aluminiumpercentage in de zinklaag, de volgende normen:

Typering	Norm	Percentage Aluminium (%)	(Handels)namen (o.a.)
Zinc (Z)	EN 10346	ca. 0,1 – 1,0	Galflex, Galvatite
Zinc (ZA)	EN 10346	ca. 5,0	Galfan, Galvalloy
Zinc (AZ)	EN 10346	ca. 55	Galvalume, Aluzinc, Aluzink
Zinc (ZM)	EN 10346	ca. 1,6 – 2,0	Magizinc, Stroncoat

Z, ZA en ZM worden toegepast als gecoilcoat materiaal voor buitentoepassing; AZ wordt in deze situatie ongecoat toegepast (dan wel achteraf gecoat). Op basis van EN 13523 voor geprofileerd coilcoated verzinkt staal (Z275 en ZA255) gelden voor buitentoepassing de onderstaande algemene eisen (zie ook lit. 65):

Eigenschap	Deel (test)	Minimum eis
Hechting na vervorming (reverse impact)	EN 13523-6	10 Joule (4 mm diepte)
Scheurvorming na buiging (buigtest)	EN13523-5	4 T
Hechting na buiging	EN13523-7	2 T
Hardheid/krasvastheid	EN13523-4 EN13523-12	≥ HB (n.v.t. Plastisol)
Waterimmersietest	EN13523-9	500 uur
Zoutsproeitest	EN13523-8	500 uur
Constance oppervlaktetemperatuur		60 °C

Opmerking:

In toenemende mate worden de bovengenoemde metallische beschermingen vervangen door magnesiumzink (ZM). Dit is een legering van zink, aluminium en magnesium (aluminium- plus zinkpercentage tussen 1,5 en 8%). Indicatief geeft magnesiumzink een tweemaal zo lange beschermingsduur als een zinklaag. M.a.w. een laag magnesiumzink van een bepaalde dikte geeft een gelijke bescherming als een 2x zo dikke zinklaag. I.p.v. Z275 (zink) kan derhalve ZM140 worden toegepast.

#### Laagdikte van coilcoatings

Voor de laagdikte van de coilcoating geldt EN 10169 met onderstaande toleranties:

Laagdikte (µm)	>10	>20	>25	>35	> 60	>100	>200	>500
	≤ 20	≤ 25	≤ 35	≤ 60	≤ 100	≤ 200	≤ 500	≤ 800
Gemiddelde mintolerantie op basis van 3 metingen (µm)	3	4	6	8	15	20	30	40
Mintolerantie bij één enkele meting	4	5	8	12	20	25	35	50

De laagdiktemeting dient te worden uitgevoerd conform EN 13523-1.

#### Coatingtypen

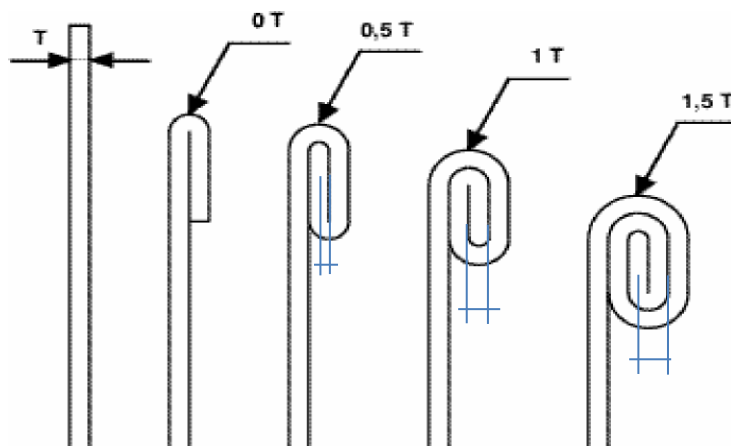
Op verzinkt staal (Z275 en ZA255) zijn uiteenlopende coatingtypen met uiteenlopende eigenschappen leverbaar. Het schema hieronder geeft de eigenschappen van de courante systemen weer. De getoonde prestaties zijn ontleend aan testen volgens EN 13523, aan opgaven van leveranciers en/of aan ervaringen.

## EIGENSCHAPPEN COATINGTYPEN

Eigenschap	Laagdikte top(im)	Kleur-behoud 1)	Robuust-heid 1)	100% hechting xt 2)	Flexibiliteit xt 2)	Chemische resistentie 1) 3)	Temperatuur (°C) 4)
Euronorm deel/test	1			7	7		
Polyester Stand. 25 µm	25	2	2	1	2-4	2	90
Polyester Stand. 35 µm	35	2	2	1	2-3	2	90
Polyester High Build	50	2	4	0,5	1,5	2	90
PVDF Stand.	25	4	2	1	2	3	100
PVDF Medium Build	40	4	2	1	2	3	100
PUR/PA Medium Build	35	4	3-4	1	1,5	3	90
PUR/PA High Build	40-50	4	4	0	0,5	4	90
Plastisol (basis) 200 µm	200	2	5	0	0	4	60
Plastisol (plus) 200 µm	200	4	5	0	0	4	60

1. Verklaring symbolen: 5 = excellent; 4 = uitstekend; 3 = heel goed; 2 = goed; 1 = redelijk
2. Zie afbeelding volgende pagina
3. Kan sterk afwijken voor specifieke chemicaliën
4. Bij bepaalde kleuren zijn hogere constante oppervlaktetemperatuur mogelijk; ook bij Plastisol

In onderstaande afbeelding is aangegeven wat bij het criterium 'flexibiliteit' in bovenstaande tabel wordt bedoeld met 'xT'.



Let op: De toegestane vervorming uitgedrukt in T's betreft dus de binnenradius van de zetting. Sommige leveranciers koppelen hun garanties aan de toegepaste buigradius.

Coatings presteren afhankelijk van het klimaat en de plaatselijk heersende omstandigheden. Buitenmilieu's in Nederland zijn ingedeeld in klimaatklassen gebaseerd op de EN 12944-2.

EN 10169-2	Klimaatklasse	Omschrijving
C2	Landelijk, niet vervuild	Landelijke omgeving Geen speciale corrosiebronnen (geen rook met zwavel)
C3	Stedelijk en normaal industrieel	Kleine tot middelgrote agglomeratie en/of industriële omgeving waarin één of meerdere fabrieken staan waarbij gassen vrijkomen die de atmosfeer vervuilen doch niet leiden tot corrosie t.g.v. chemische vervuilers
C4	Stedelijk en sterk industrieel	Grote agglomeratie, stedelijke gebieden agressiever dan klasse C3 door chemische vervuilers als naverbranders, olieraffinaderijen, destilleerderijen, kunstmest-, papier, cementfabrieken e.d.
C5-I	Sterk industrieel en vochtig	Industriële gebieden met hoge luchtvochtigheid en agressief milieu
C3	Lage zoutbelasting	10 tot 20 km vanaf zee
C4	Gemiddelde zout-belasting	3 km tot 10 km vanaf zee
C5-M	Kust- en offshoregebieden	Tot 3 km vanaf zee
	Specifiek	Een van de klassen 2 t/m 5 gecombineerd met substantiële slijtage, hoge/lage temperaturen, vochtigheid, stof, zoutdamp e.d.

Conform literatuur NEN-EN 10169 worden coilcoatings in relatie tot bovengenoemde corrosieklassen als volgt ingedeeld:

- Bestand tegen klasse C2: RC2
- Bestand tegen klasse C3: RC3 bestand tegen een lage belasting SO<sub>2</sub> of chloriden
- Bestand tegen klasse C4: RC4 bestand tegen een gematigde belasting SO<sub>2</sub> of chloriden
- Bestand tegen klasse C5-I-M: RC5 bestand tegen een hoge belasting SO<sub>2</sub> of chloriden of tegen de combinatie van vervuiling en vocht

Deze kwalificaties zijn gekoppeld aan in situ langeduur testen van bepaalde typen opstellingen op verschillende locaties in Europa.

M.b.t. testen, die inzicht kunnen geven in de levensduur van de coating, geeft deze norm nadere informatie.



Opmerking:

In de NEN-EN 10169 wordt Geleen ingedeeld in Corrosieklasse C2 en Hoek van Holland in klasse C3. De praktijk leert dat dit alleen onder zeer gunstige omstandigheden het geval is. In de praktijk dient derhalve ter plaatse en in vergelijkbare omstandigheden (minimaal) van één klasse hoger te worden uitgegaan.

De tabel hieronder geeft een richtlijn voor toe te passen coatingsystemen op verzinkt (Z275 en ZA255) staal per de hiervoor genoemde klimaatklassen.

coatingtype	milieu							
	landelijk		stedelijk en industrieel		maritiem			Specifiek
	C2	C3	C4	C5-I	C3	C4	C5-M	
Polyester Stand 25 µm	G	G	M	-	-	-	-	-
Polyester Stand 35 µm	G	G	G	-	M	-	-	-
Polyester High Build	G	G	G	M	G	M	M	-
PVDF Stand	G	G	M	-	-	-	-	-
PVDF Medium Build	G	G	G	-	M	-	-	-
PUR/PA Medium Build	G	G	G	M	M	-	-	-
PUR/PA High Build	G	G	G	G	G	M	M	M
Plastisol (basis) 200 µm	G	G	G	M	G	M	M	M
Plastisol (plus) 200 µm	G	G	G	G	G	G	G	M

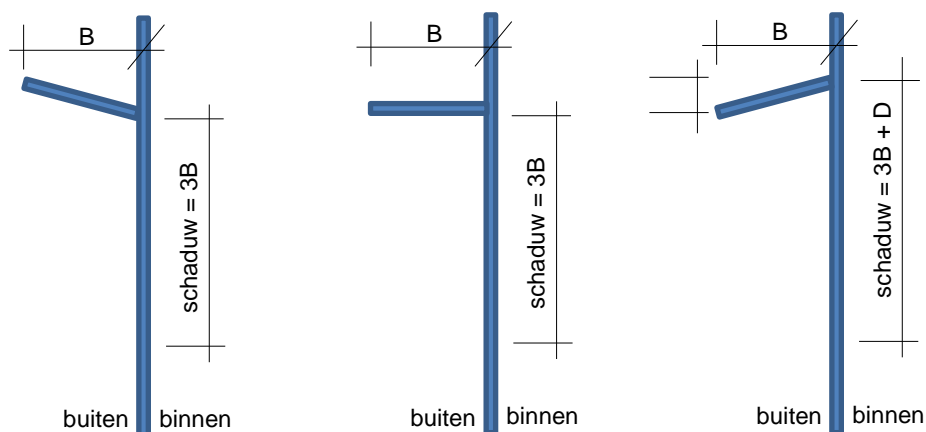
Verklaring afkortingen:  
 G = geschikt voor toepassing  
 M = Mogelijk geschikt voor toepassing na verkrijgen van meer informatie over projectgebonden condities.  
 - = niet geschikt, toepassing af te raden

Uitgangspunten hierbij zijn:

- corrosieweerstand is hier als belangrijkste criterium gehanteerd;
- toepassing in gevels of daken met een helling  $\geq 15^\circ$ ;
- bij dakhellingen  $< 15^\circ$  altijd minimaal een 35 µm dikke coatinglaag specificeren;
- genoemde dakhellingen gelden na aftrek van de doorbuiging van de dakplaten/panelen en na aftrek van eventuele ongunstig werkende toleranties in de onderconstructie.

Bij de tabel op de vorige bladzijde dienen de volgende opmerkingen te worden geplaatst:

1. voor gevel- en dakvlakken die niet regelmatig/onvoldoende worden gereinigd door regenwater (zoals de onderzijde van een luifel, overstek en zetwerk en geveldelen 'in de schaduw' van een luifel, overstek of zetwerk) en voor vlakken die langdurig blootstaan aan de inwerking van condens kan de levensduur substantieel korter zijn dan voor de overige gevel- en dakvlakken. Geveldelen onder een luifel, overstek of zetwerk over een hoogte gelijk aan 3 maal de afstand, waarover het betreffende deel uit de gevel steekt, vanaf het uitstekende deel naar beneden, worden geacht 'in de schaduw te vallen';



2. ook de nabijheid van open water kan extra belastend zijn en daardoor levensduur verkortend. Toepassing boven water is daarbij nog eens extra belastend en kan zware eisen aan materiaal en constructie stellen;
3. staand water bekort de levensduur van gecoilcoat verzinkt staal in sterke mate en dient dus voorkomen te worden. Dit betekent o.a. te allen tijde zorgdragen voor een goed afschot (>5%) en voor ongehinderd afvloeien van regenwater en eventueel condens;
4. horizontaal gemonteerde profielplaten en panelen vervuilen sneller dan bij verticale montage. Dit heeft niet alleen een negatieve invloed op het aanzien maar kan ook op de levensduur. Derhalve dient de reinigingsfrequentie hierop te worden afgestemd. Een zelfde soort situatie geldt voor geveldelen die bloot staan aan een sterke vervuilingsbron als opspattend zand of contact met gewassen. Dit geldt dus ook bij niet agressieve bronnen. De versnelde aantasting is dan het gevolg van het feit dat deze vervuiling vocht kan vasthouden (zie ook de brochure 'geprofileerde staalplaat voor daken en gevels' op [www.vermdg.nl](http://www.vermdg.nl));
5. Afgeraden wordt om op verzinkt staal een PVDF-coating toe te passen bij de Corrosieklassen C4 en C5 en voor slecht of niet beregende vlakken geldt dit ook bij Klasse C3. Reeds direct onder duidelijk uitstekende lekdorpels, dakkappen e.d. kan sprake zijn van een van regen afgeschermd geveldeel dat dus bij de toepassing van PVDF meer gevoelig is voor corrosie.

#### Coilcoatings op aluminium

Bovenstaande kwalificatie heeft in principe betrekking op coilcoatings toegepast op verzinkt staal. Bij de toepassing van dit type coating op aluminium bestaat er in principe meer vrijheid. De reden hiervoor is dat de levensduur van gecoat aluminium in mindere mate afhankelijk is van de kwaliteit van de toegepaste beschermstoffen. Hierbij zijn ook van de kwaliteit van het aluminium en van de wijze van voorbehandeling van groot belang. Bovendien leidt een eventuele corrosieve aantasting bij aluminium gedurende langere tijd tot vooral een verlies aan esthetische kwaliteit en minder dan bij staal tot een verlies aan technische kwaliteiten zoals sterkteverlies. Daarom kunnen de prestaties van de genoemde coatings bij toepassing op aluminium (nog) aanzienlijk beter zijn.

Speelt het verlies van esthetica dus een ondergeschikte rol dan zal men bij de toepassing van coilcoatings dikwijls kunnen volstaan met een eenvoudige oppervlaktebescherming. Het optreden van filiforme corrosie, met name in een meer belastend milieu, bijvoorbeeld vanuit randen, zettingen en boorgaten is dan zondermeer te accepteren.

Indien men echter waarde hecht aan een langer behoud van de esthetische kwaliteit, met name ook weer in een meer belastend milieu, zoals in de nabijheid van de zee of bij een slechte berekening van het betreffende geveloppervlak, dan dient men wel aan al deze drie bepalende onderdelen (aluminiumkwaliteit, voorbehandeling en kwaliteit coatingsysteem) extra aandacht te besteden. Echter ook dan is het risico op filiforme corrosie nooit geheel uit te sluiten en dit risico dient daarom als inherent aan de keuze voor gecoat aluminium te worden gezien.

Wat betreft de coilcoating wordt in die gevallen een 25 µm dikke Polyester- of PVDF-coating afgeraden. De voorkeur gaat hierbij sterk uit naar 2-laagse systemen. Als voorbehandeling komt 6-waardig chromateren bij uitstek in aanmerking. Deze voorbehandeling staat vanuit milieuoverwegingen onder druk (mag uitsluitend nog door geautoriseerde bedrijven met vrijstelling worden aangebracht op het aluminium). Er zijn daarom meerdere alternatieven ontwikkeld. Deze hebben zich echter nog niet alle in gelijke mate bewezen (pre-anodiseren wel).

Wat betreft aluminium-legeringen is er een enorm scala aan mogelijkheden. Wel kunnen prijs, beschikbaarheid, bewerkbaarheid, vervormbaarheid en statische eigenschappen hierbij de keuzevrijheid beperken. In ieder geval is het aan te bevelen om met name in een maritiem klimaat en/of bij slecht berekende geveldelen hierover nader te overleggen met de leverancier/applicateur en hierin de andere gewenste kwaliteiten van het aluminium - zoals sterkte, hardheid en vervormbaarheid - te betrekken. In dit kader hebben de legeringen uit de 5000-serie zich bewezen (legeringen uit de 3000-serie blijken veel vatbaarder te zijn voor filiforme corrosie).

Verdere inspanningen, die het risico op een (oppervlakkige) corrosieve aantasting van het aluminium kunnen voorkomen, verminderen en/of vertragen zijn o.a.:

- 'seaside' beitsen conform Qualicoat;
- Smalle spleten voorkomen of deze afkitten c.q. dichtlassen;
- Geen buig/rondingsradius kleiner dan 0,5 mm;
- Bewerkingen zoveel als mogelijk voorafgaande aan de voorbehandeling en het coaten uitvoeren en scherpe randen e.d. eerst breken/afbramen.

Echter het optreden van enige oppervlakkige corrosie met name vanuit kanten, gaten en zettingen is nooit geheel uit te sluiten. Het periodiek schoonmaken van de gevelvlakken, zie ook Hoofdstuk 9, speelt hierbij essentieel.

Dikwijls wordt aluminium toegepast in de vorm van composieten (sandwich) met een binnen- en buitenplaat van 0,5 mm en met een kernmateriaal van ca. 4 mm dik. Hierbij bestaan er grote kwaliteitsverschillen tussen het éne en andere product. Een minder goede kwaliteit kan leiden tot corrosie met name vanuit randen en boorgaten en ook t.p.v. zettingen. Ook het delamineren van de elementen kan op den duur een reëel risico vormen. Hierbij speelt ook de hechtsterkte tussen platen en kern een rol. Deze is afhankelijk van de productiemethode. In meer belastende omstandigheden (zoals slecht beregende delen) en in een maritiem klimaat dient men voor de buitenplaat een 5000-legering toe te passen.

Voor aluminium en stalen ondergronden wordt bij de toepassing van poedercoating verwezen naar de laatste versie van de VMRG Kwaliteitseisen en adviezen. Hierbij wordt ook verwezen naar de EN 1396. Opgemerkt dient hierbij te worden dat het achteraf vervormen van gepoedercoat materiaal te allen tijde wordt afgeraden.

Voor coatingoppervlakken grenzend aan een binnenruimte gelden geen specifieke eisen, tenzij binnentemperatuur  $\geq 25$  °C en/of RV-binnen  $\geq 65\%$  en/of er sprake is van agressieve processen/ stoffen in de omsloten ruimte dan wel van een intensieve reiniging met niet neutrale reinigingsmiddelen. In dat geval dienen de specificaties te worden afgestemd op deze in het bestek vermelde belastende condities en/of stoffen.

Ook voor gecoilcoat aluminium geldt dat de levensduur van gevel/dakdelen die niet regelmatig 'gereinigd' worden door regenwater of langdurig blootstaan aan de inwerking van condens substantieel korter kan zijn.

In aansluiting op het voorgaande gelden de volgende materiaalspecifieke eisen:

- aan de buitenzijde van de constructie en bij agressieve binnencondities mag verzinkt staal Z275 dan wel Galfan-staal ZA255 niet ongecoat worden toegepast (aluminiumzink-legeringen wel). Ook geperforeerde stalen en ook aluminium beplating is ongeschikt voor deze situaties (tenzij gecoat na perforeren en perforaties vooraf machinaal gebroken en ontbraamd);
- stalen oppervlakken (van profielplaat, sandwichhuiden etc.) die bloot staan aan buitencondities, vochtige spouwcondities en/of meer agressieve binnencondities dienen tweezijdig te zijn voorzien van minimaal een zinkkwaliteit klasse Z275 (laagdikte aan beide zijde van ca. 20  $\mu\text{m}$ ). Bij stalen oppervlakken voorzien van een aluminiumzink-legering geldt minimaal klasse AZ185 (ca. 25  $\mu\text{m}$ ) bij ongecoat materiaal en minimaal AZ150 (ca. 20  $\mu\text{m}$ ) bij gecoat materiaal. Voor zinkaluminium-legeringen (Galfan) geldt minimaal klasse ZA255 (ca. 20  $\mu\text{m}$ ). En tenslotte geldt voor magnesiumzink een minimale klasse ZM120. Bij gematigde binnencondities en bij vlakken gelegen aan de warme zijde van de isolatie kan men over het algemeen met (aanzienlijk) kleinere zinklaagdiktes volstaan (in combinatie met een interieurcoating). Bepalend is dat de vereiste corrosieweerstandklasse behaald wordt). EN 10147 definieert de exacte relatie tussen zinkgewicht en de minimale laagdikte per zijde. (Aluminium/magnesium)zinkoppervlakken bezitten geen esthetische kwaliteit. Dit betekent dat er sprake kan zijn van een wisselend aanzien. Derhalve wordt ten sterkste aanbevolen, indien men van de interieurzijde een bepaalde esthetisch verwachting heeft, deze van een (interieur)coating te voorzien;
- specifieke omstandigheden en specifieke belastingen (zoals olie, ammoniak, keukenzout e.d.) kunnen hun specifieke eisen stellen aan materialen, coating en wijze van toepassing. De opdrachtgever dient dergelijke omstandigheden nauwkeurig te specificeren;
- knipkanten e.d. bepalen voor een belangrijk deel de levensduur. Zie hiervoor Hoofdstuk 8;
- voor de levensduur van een metalen gevel- of dakconstructie zijn naast de materialen zelf de wijze van transport, opslag en montage, hun toepassing en de wijze van detaillering en het wel of niet tijdig reinigen en onderhouden van de beplatings-/paneeloppervlakken van doorslaggevend belang. Zo mag er bijvoorbeeld nimmer langdurig water op of tegen het beplatingsoppervlak blijven staan. Zie hiervoor verder Hoofdstuk 7.

## Normen en richtlijnen voor beplating en panelen-binnen

Over het algemeen zijn de binnencondities dusdanig gematigd dat volstaan kan worden met een ongecoat oppervlak (indien er geen esthetische verwachtingen zijn) of een interieurcoating (indien deze er wel zijn).

Er is echter ook een aantal omstandigheden dat men hiermee niet kan volstaan. Hierbij dient men te denken aan één of meerdere van de volgende condities:

- Binnentemperatuur > 25 °C
- Relatieve luchtvochtigheid binnenlucht > 65%
- Opslag van agressieve stoffen
- Vrijkomen van agressieve stoffen bij productie
- Intensief gebruik van niet-neutrale reinigingsmiddelen t.b.v. het binnenoppervlak of t.b.v. objecten in de directe nabijheid van dit oppervlak.

Zie voor een meer gedetailleerde indeling Annex A van literatuur EN 10169.

Conform EN 10169 kan het binnenmilieu aan de hand van EN 13523-26 in 5 klassen worden verdeeld::

Corrosieprotectieklasse binnen (CPI)	CPI1	CPI2	CPI3	CPI4	CPI5
Testduur in uren	0	500	1000	1500	1500
Bij klasse CPI5 kunnen extra testen noodzakelijk zijn specifiek afgestemd op de condities ter plaatse					
Blaasvorming bij beproeving zal minder zijn dan klasse 2 (S2) conform EN ISO 4628-2					

In genoemde literatuur staat ook aangegeven hoe bepaald dient te worden in welke klasse een coating valt.

## Normen en richtlijnen voor bevestigingsmiddelen

In gevel- of dakconstructies, waarvoor een referentieperiode van 15 jaar geldt conform Eurocode 0, kunnen verzinktstalen schroeven worden toegepast. Dit geldt voor de bevestigingsmiddelen aan de buitenzijde, in de spouw en aan de binnenzijde. Alleen als de aan de binnenzijde toe te passen schroeven bloot staan aan agressieve binnencondities (binnentemperatuur > 25 °C en/of RV-binnen > 65% en/of als er sprake is van agressieve processen/stoffen in de omsloten ruimte dan wel het intensief gebruik van niet-neutrale reinigingsmiddelen), dienen hier schroeven van RVS te worden toegepast, waarbij het type RVS dient te vallen onder het materiaalnummer 1.4301 of 1.4567 (ook wel bekend als RVS A2) of 1.4401 (ook wel bekend als RVS A4). Zie ook NEN-EN 10088.

In gevel- of dakconstructies, waarvoor een referentieperiode van 50 jaar geldt conform de betreffende Eurocodes, dienen aan de buitenzijde en in het vochtige deel van de spouw (zie afbeelding op pagina 45) schroeven van de hierboven genoemde kwaliteit RVS te worden toegepast. Schroeven in het droge deel van de spouw en aan de binnenzijde kunnen worden uitgevoerd in verzinkt staal. Alleen als de aan de binnenzijde toe te passen schroeven bloot staan aan agressieve binnencondities (binnentemperatuur > 25 °C en/of RV-binnen > 65% en/of als er sprake is van agressieve processen/stoffen in de omsloten ruimte dan wel het intensief gebruik van niet-neutrale reinigingsmiddelen), dienen hier schroeven van RVS te worden toegepast, waarbij het type RVS dient te vallen onder het materiaalnummer 1.4301 of 1.4567 (ook wel bekend als RVS A2) of 1.4401 (ook wel bekend als RVS A4). Zie ook NEN-EN 10088.

Rubberen onderleggingen, die bloot staan aan buitencondities, dienen te zijn vervaardigd uit EPDM. Voor de levensduur van de schroeven geldt minimaal dezelfde eis als voor die van de te bevestigen platen.

Indien blindklinknagels als primaire bevestiging worden toegepast, gelden hiervoor ook levensduurseisen.

Voor buitentoepassingen komen in dat geval met restricties de volgende metalen in aanmerking: RVS, aluminium en monel (legering NiCu30Fe van ca. 70% nikkel en ca. 30% koper).

Wat betreft aluminium wordt er onderscheid gemaakt tussen laag met magnesium gelegeerd aluminium (< AlMg5) en hoog met magnesium gelegeerd aluminium ( $\geq$  AlMg5). Niet met magnesium gelegeerd aluminium is niet geschikt voor de genoemde condities.

#### Buiten- en spouwtoepassing:

<b>Materiaal</b>	<b>Corrosieklassen (zie NEN 10169)</b>
Laag Mg-gelegeerd aluminium	C2; C3-I, C3-M*
Hoog Mg-gelegeerd aluminium	C2; C3-I, C3-M, C4-I, C4-M*
RVS (304/316)	C2; C3-I, C3-M, C4-I, C4-M, C5-I*, C5-M*
Monel	C2; C3-I, C3-M, C4-I, C4-M, C5-I, C5-M

\* uitsluitend bij een referentieperiode van 15 jaar

Voor de toepassing in een vochtige spouwdoorsnede zijn, bij zowel een referentieperiode van 15 jaar als 50 jaar, alle genoemde materiaaltypen geschikt. Voor aluminium geldt bij een referentieperiode van 50 jaar er als ondergrens wat betreft de mate van legering met magnesium: AlMg5.

#### Opmerkingen

- Onder extra belastende condities, zoals onder een luifel of overstek of bijvoorbeeld boven water, gelden verzwaarde omstandigheden op basis waarvan een projectgebonden keuze noodzakelijk kan zijn;
- Voor bepaalde materialen geven leveranciers eigen adviezen. Deze zijn maatgevend indien deze een hogere eis stellen dan hierboven weergegeven;
- Bovenstaand advies geldt bij de bevestiging van stalen en aluminium elementen. Bij de montage van andere typen materialen kunnen andere keuzes van toepassing zijn. Zo worden bij de montage van Trespa altijd blindklinknagels vervaardigd uit AlMg5 toegepast;
- De trekpen dient te allen tijde van RVS te zijn.

Blindklinknagels toegepast als primaire bevestiging, die bloot staan aan agressieve binnencondities (binnentemperatuur > 25 °C en/of RV-binnen > 65% en/of als er sprake is van agressieve processen/ stoffen in de omsloten ruimte en/of van het frequente gebruik van niet-neutrale reinigingsmiddelen) dienen uit aluminium (AlMg5 of hoger gelegeerd), RVS of monel te zijn vervaardigd. De trekpen dient te allen tijde van RVS te zijn.

Bij de keuze van materialen dient men rekening te houden met de kans op contactcorrosie. De volgende plaat/bevestigingsmiddelcombinaties zijn correct:

Materiaal- Bevestigings- middel	Verzinkt staal	Aluminium	RVS
Materiaal- beplating			
Verzinkt staal	+	0	+
Aluminium	-	+	+

+ = geschikt voor een referentieperiode van 15- 50 jaar

0 = geschikt voor een referentieperiode tot 15 jaar

- = ongeschikt

Als het risico op contactcorrosie bestaat, kan een eenvoudige doorlopende scheidingslaag in de vorm van een PE-folie, band of bijvoorbeeld een (niet beschadigde) verflaag, dit risico opheffen.

Specifieke omstandigheden en specifieke belastingen (zoals chloor, olie, ammoniak, keukenzout e.d.) kunnen hun specifieke eisen stellen aan materialen, coating en wijze van toepassing. De opdrachtgever dient deze omstandigheden nauwkeurig te specificeren.

Opmerkingen:

1. Bij RVS boorschroeven zal de boorpunt gewoonlijk zijn vervaardigd uit koolstofstaal c.q. hardmetaal. Dit betekent dat dit puntje na verloop van tijd enige roestvorming kan gaan vertonen. Dit is toegestaan aangezien dit geen effect heeft op de levensduur van de constructieve verbinding.
2. Het toepassen van een diepteanslag op de schroefmachine bij het aanbrengen van schroeven is verplicht, als het risico aanwezig is van het te strak dan wel onvoldoende strak aandraaien hiervan en er sprake is van een primaire (= constructieve) bevestiging.
3. Het toepassen van kunststof afdekkapjes op bevestigingsmiddelen wordt niet aangeraden bij de toepassing van verzinktstalen bevestigingsmiddelen.

## Richtlijnen voor achterconstructies/tussenprofielen

De bevestigingsconstructie, waaraan de stalen gevelelementen zijn bevestigd, staan gewoonlijk bloot aan het spouwmilieu. De agressiviteit hiervan is mede afhankelijk van de omgeving (niet of wel nabij de kust) en de vochtuithouding in de spouw. Omdat i.t.t. gevelelementen materialen toegepast in de spouw niet, of in ieder geval niet eenvoudig, te inspecteren en onderhouden zijn, kiest men er dikwijls voor deze materialen zo duurzaam uit te voeren dat deze gedurende de gehele referentieperiode de genormeerde krachten op kunnen nemen en over kunnen dragen zonder enige vorm van onderhoud. Bij industriële gebouwen betreft het hierbij een periode van 15 jaar, bij alle overige gebouwen een periode van 50 jaar. Om te bepalen welke metalen bevestigingsconstructies (bijv. omega-, Z- of Sigmaprofielen) voldoende duurzaam zijn, is

een uitgebreide literatuurstudie uitgevoerd en is bij een groot aantal gebouwen van 16 tot 36 jaar oud de conditie van deze constructies bepaald (lit. 73). Dit heeft geresulteerd in onderstaand schema (een hogere kwaliteit dan aangegeven is altijd geschikt):

Conditie	Referentieperiode	
	15 jaar	50 jaar
Droog****		
> 15 km vanaf kust	Materiaaltype 1*	Materiaaltype 1*
≤ 15 km vanaf kust	Materiaaltype 1*	Materiaaltype 1*
Vochtig****		
> 15 km vanaf kust	Materiaaltype 1*	Materiaaltype 2**
≤ 15 km vanaf kust	Materiaaltype 1*	Materiaaltype 3***

\* Materialen die vallen onder type 1 zijn:

sendzimirverzinkt staal	Z275
aluminiumzinkstaal	ZA255, AZ185
magnesiumzinkstaal	ZM140
geschikte aluminiumlegeringen	

\*\* Materialen die vallen onder type 2 zijn:

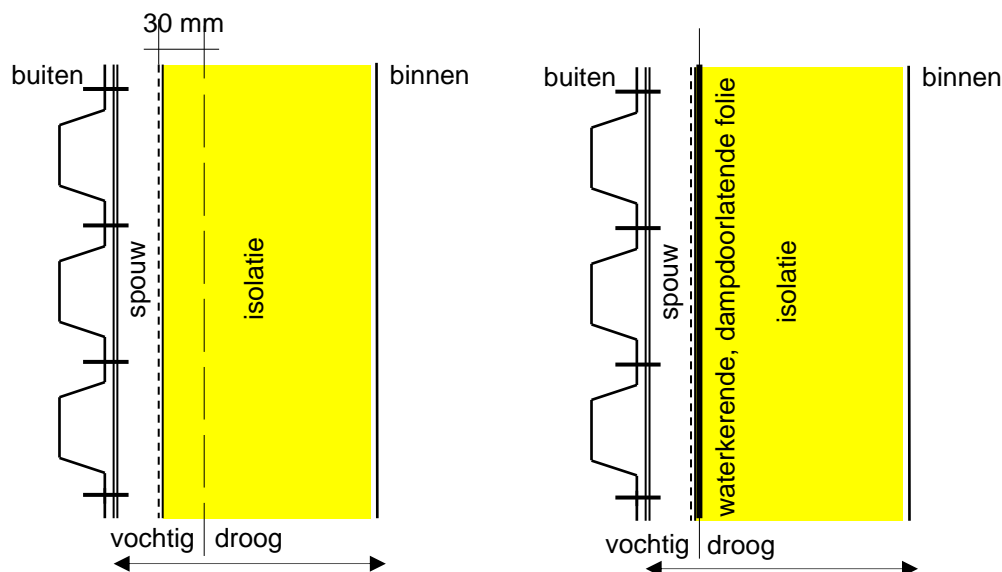
sendzimirverzinkt staal	Z600
aluminiumzinkstaal	AZ350 MA of gelijkwaardig
magnesiumzinkstaal	ZM300
geschikte aluminiumlegeringen	
roestvaststaal	RVS 304, RVS 316
gecoat sendzimirverzinkt staal	Z275 + 2-zijdig 25 µm coating (geen interieurcoating)
gecoat aluminiumzinkstaal	ZA255 + 2-zijdig 25 µm coating (geen interieurcoating)
	AZ185 + 2-zijdig 25 µm coating (geen interieurcoating)
gecoat magnesiumzinkstaal	ZM140 + 2-zijdig 25 µm coating (geen interieurcoating)

\*\*\* Materialen die vallen onder type 3 zijn:

geschikte aluminiumlegeringen	Voorbeelden: AlMg2,5 (5052), AlMg3 (5754)
-------------------------------	---

\*\*\*\* Wat onder droge en vochtige condities wordt verstaan, kan worden ontleend aan de gevel-doorsnede op de volgende pagina:





**Opmerking:**

Op het gebied van zink zijn meerdere ontwikkelingen gaande. Eén hiervan is magnesium-zink. Uit onderzoeken blijkt dat deze metallische deklaag bij aanzienlijk kleinere laagdikten een bescherming biedt die gelijkwaardig is aan zink zonder deze toevoeging. Ook de kathodische bescherming bij knipkanten e.d. beter is. Daarom is bij de toepassing in een vochtig milieu van dit type zinklaag een staalkerndikte van maximaal 2,0 mm toepasbaar.

Bovenstaande materialen en beschermingsystemen kunnen worden toegepast bij de volgende voorwaarden:

1. De materialen zijn op de juiste wijze geproduceerd en gevormd rekening houdende met hun (beperkte) flexibiliteit;
2. Contactcorrosie voorkomen;
3. Detailleringen zijn regendicht uitgevoerd zodat via aansluitingen geen lekwater in de spouw kan stromen;
4. De binnenzijde van de constructie-opbouw is luchtstromingsdicht en dampremmend uitgevoerd zodat condensatie in de spouw wordt geminimaliseerd;
4. Eventueel vocht in de spouw door onderkoelingscondensatie of enige regendoorslag kan vrij afstromen naar buiten toe;
5. Er is geen sprake van een extra belastend milieu als gevolg van locale omstandigheden;
6. Ophoping van vuil en/of vocht in aansluitingen en detailleringen wordt voorkomen;
7. Bij de toepassing van verzinktstaal onder vochtige omstandigheden dient de nominale dikte van het staal te worden beperkt tot maximaal 1,5 mm; bij staal beschermd met een aluminiumzink-laag bedraagt de maximale dikte onder deze omstandigheden 1,25 mm; en bij magnesiumzink tot 2,0 mm.

**Opmerkingen:**

- Voor consoles gelden dezelfde richtlijnen;
- Ook hout kan in aanmerking komen als materiaal voor tussenconstructies. Bij vochtige condities dient dit hout te vallen in Kwaliteitsklasse I of II of door-en-door verduurzaamd te zijn. Het toe te passen middel voor verduurzamen mag het aansluitende metaal niet kunnen aantasten. Ook geschilderd hout kan in aanmerking komen. Toch is bij de toepassing van dit materiaal wel enige voorzichtigheid geboden vooral als er sprake is van een verhoogd vocht aanbod in de spouw. Hout kan immers vocht vasthouden en daarmee de vochtbelasting op het metaal tijdelijk versterken en verlengen;

- In de bovengenoemde voorwaarden wordt de nadruk gelegd op het minimaliseren van het vocht aanbod in de spouw en een adequate afvoer hiervan. De reden hiervan is dat uit onderzoek is gebleken dat de invloed hiervan van doorslaggevend belang is voor de levensduur van de in de spouw toegepaste materialen;
- Bij de toepassing van een dampdoorlatende folie dient de wijze van toepassing en wijze van verwerking te voldoen aan de richtlijnen van de leverancier en aan de BRL 4708.

## Toetsing

Regelgeving inzake de levensduur is in ontwikkeling, maar nog niet beschikbaar. Derhalve is de gegeven invulling van dit aspect gebaseerd op ervaringen en inzichten vanuit de praktijk. Welke levensduur bereikt dient te worden is vooral afhankelijk van:

- verwachte economische levensduur van de gevel/het gebouw;
- de moeite en kosten verbonden aan onderhoud en/of vervanging van de gevel.

Toetsing vindt plaats aan de hand van leveranciersgegevens. Mogelijkheden voor een aanvullende toetsing (indien in bestek en/of opdracht vermeld):

- keuringsrapport van de leverancier;
- controle op de bouwplaats.

Als er sprake is van specifieke belastende omstandigheden dient dit in bestek en/of opdracht aangegeven te zijn.

## Uitgangspunten (inzake ontwerp)

### Invloed van regen en vocht

Kort gezegd komt het erop neer dat stromend regenwater (mits niet te sterk verontreinigd en mits niet afstromend vanaf hoger gelegen rubberen en/of kitafdichtingen; dit i.v.m. vooral een ongelijkmatig vervuilingsrisico) een positief effect heeft op de levensduur van metalen beplating en staand water hierop een sterk negatieve invloed heeft.

Staand water kan ook de levensduur van bevestigingsmiddelen sterk negatief beïnvloeden.

Vlakken, die niet of in mindere mate schoon worden gespoeld door regenwater, worden derhalve zwaarder belast. Situaties waar dit o.a. aan de orde is:

- horizontaal gemonteerde gevelbeplating (gedeeltelijk);
- onderzijde van luifels en overstekken;
- geveldelen 'in de schaduw' van luifels of overstekken.

Staand water kan een sterk reducerend effect hebben op de levensduur van beplating, of dit nu regenwater of condens (niet van toepassing sandwichpanelen) betreft. Staand (regen)water kan bijvoorbeeld optreden bij zetwerk zonder afschot en t.p.v. tegennaden. Staand, ingeklemd condens kan ontstaan in de situatie dat er condens optreedt in de spouw (als gevolg van een niet volledig luchtstromingsdichte binnenafwerking) en dit condens niet (volledig) kan afvloeien doordat er bijvoorbeeld een groot contactoppervlak is tussen achterzijde van de buitenbeplating en achterliggende constructie of doordat de beplating op de lekdorpel staat of als gevolg van onvoldoende afschot van zetwerk.

### Kathodische bescherming

De knipkanten van verzinkte (en gecoate) stalen platen en tussenregels zijn niet van een zinklaag voorzien. De bescherming berust ter plaatse op de kathodische bescherming door het aangrenzende zink c.q. aluminium-zink. Onder belastende omstandigheden functioneert deze beschermingswijze tot een nominale dikte van het staal van 1,5 mm bij de toepassing van zink op het staal, tot een dikte van 1,25 mm bij toepassing van aluminium-zink en tot een dikte van 2,0 mm bij de toepassing van magnesiumzink.

Uit onderzoek aan metalen gevels van meer dan 20 jaar oud blijkt dat het correct uitvoeren van de detailleringen, met name wat betreft het voorkomen van staand of ingesloten vocht en wat betreft het minimaliseren van de vochtbelasting in de spouw, minstens zo belangrijk is voor de levensduur als de kwaliteit van de materialen.

## **2.10 Uiterlijk en toleranties**

### **Normen en richtlijnen**

Het visuele eindresultaat is de verantwoordelijkheid van de architect c.q. de ontwerper, indien dit resultaat overeenstemt met de door deze gemaakte ontwerpkeuzes en indien de gevel c.q. het dak correct is uitgevoerd conform de onderhavige Kwaliteitsrichtlijn.

De toleranties (maatafwijkingen) zijn een sommatie van de toleranties van de achter/onderliggende constructie, de materiaaltoleranties en de montagetoleranties. Wel dienen de mogelijkheden, die de achterliggende constructie en de gevelafwerking bieden om de (zichtbaarheid van) achterconstructie- en materiaaltoleranties te beperken, te worden gebruikt.

### **Toleranties in achter/onderconstructie**

De vigerende achterconstructietoleranties dienen voor staal- en aluminiumconstructies te worden ontleend aan de NEN-EN 1090-2 en NEN 1090-3. In deze normen worden verschillende uitgangspunten en kwalificaties gehanteerd. Dit is in deze Kwaliteitsrichtlijn per gevel- c.q. daktypen nader uitgewerkt (dus in 3.10, 4.10, 5.10, 6.10 en 7.10). In deze beide normen worden essentiële en functionele toleranties onderscheiden. In de genoemde paragrafen betreft het steeds de functionele toleranties die daarbij tevens als maatgevend gelden.

Bij de montage op een niet-metalen achterconstructie (zoals metselwerk, beton, hout e.d.) zijn de toleranties over het algemeen te groot om hier direct op een metalen gevelafwerking te kunnen monteren. Derhalve dient eerst een instelbare metalen overgangsconstructie tussen beide te worden toegepast (tenzij de achterliggende niet-metalen achterconstructie voldoet aan de bovengenoemde toleranties conform NEN-EN 1090-2). Deze instelbare overgangsconstructie dient te voldoen aan de bovengenoemde toleranties conform NEN-EN-1090-2.

### **Materiaaltoleranties**

Voor materiaaltoleranties wordt verwezen naar de volgende Europese normen: voor gevelplaten en kouddakplaten is dat de NEN-EN 14782, voor warmdakplaten en binnendozen de NEN-EN 1090-4/5 en voor gevel- en daksandwichpanelen de NEN-EN 14509. Voor stalen of aluminium geventileerde metalen gevelafwerking-elementen is er (nog) geen CE-markering. Voor sandwichpanelen gelden hierbij de volgende verzwaringen:

#### Afwijking van de vlakheid

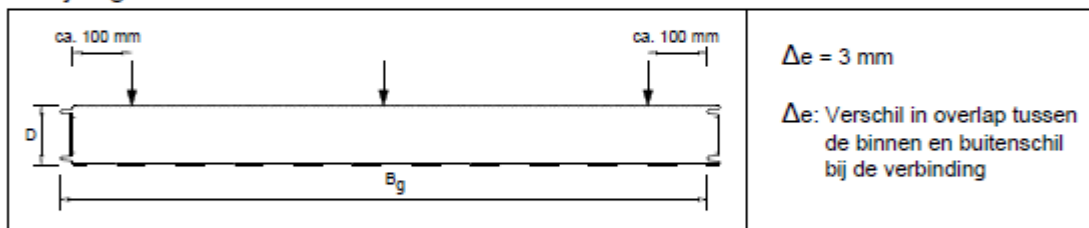
L [mm]	≤200	400	≥700
	0,4	0,7	1,0

Tussenvallende waarden kunnen worden geïnterpoleerd.

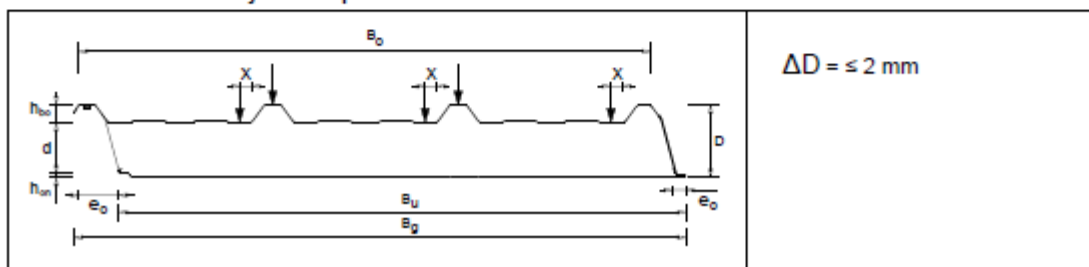
#### Afwijking van de haaksheid

Dak	0,006 x w
Gevel	0,004 x w

#### Uitlijning



#### Verschil in dikte bij overlap



Opmerking: EPAQ (European Quality Assurance Association for Panels and Profiles geeft een goede vertaalslag tussen de genoemde normen en de uitvoering.

#### Beoordeling van het uiterlijk

Normen of richtlijnen, die in directe zin uitspraken doen over de kwaliteit van het uiterlijk van de gevel of dak en/of de toetsing hiervan, zijn niet voorhanden. Deze zijn wel voorhanden m.b.t. kenmerken en aspecten die hierop indirect effect hebben. Hierbij moet dan worden gedacht aan zaken als kleur, kleurverschil, oppervlaktebeschadigingen en afwijkingen in de maatvoering van de toegepaste materialen. Deze zijn hier vermeld.

Aanbevolen wordt zichtvlakken te allen tijde van een coating te voorzien. Aan oppervlakken uitsluitend voorzien van een (aluminium)zinklaag kan geen esthetische kwaliteit worden ontleend, aangezien de oppervlaktestructuur (wel/niet nagewalst, wel/niet met onderdrukte bloem etc.) en daarmee ook het aanzien sterk kan wisselen, zowel op één en dezelfde plaat als tussen platen. Bovendien tonen 'spiegelende' oppervlakken onvlakheid en materiaalspanningen veel duidelijker dan meer matte oppervlakken.

Gecoate oppervlakken dienen gezien vanaf het maaiveld vrij te zijn van vlekken, krassen, druipers etc. beoordeeld met het ongewapende oog en bij diffuus daglicht onder een hoek van 45° op een afstand van 5 m vanaf het betreffende oppervlak, bij toepassing aan de buitenzijde, en op een afstand van 3 m, bij toepassing aan de binnenzijde, althans voor zover storend zichtbaar. Zij mogen de levensduur niet negatief beïnvloeden.

Coatingreparaties zijn toegestaan, indien de kwaliteit van de reparatiecoating correspondeert met die van de bestaande coating, indien een goede hechting is verzekerd en indien de applicatie aan bovenstaand 'zichtbaarheids criterium' voldoet. Hierbij dient te worden opgemerkt dat het uitvoeren van een dergelijke reparatie specialistisch werk is.

Beplating, binnendozen en panelen kunnen een lichte mate van vervorming vertonen als gevolg van de productie en/of montage. Deze mogen vanaf het maaiveld niet storend zichtbaar zijn, beoordeeld met ongewapend oog, bij diffuus daglicht en onder een hoek van 45° op een afstand van 5 m vanaf het betreffende oppervlak, bij toepassing aan de buitenzijde, en op een afstand van 3 m, bij toepassing aan de binnenzijde.

Opmerking:

Bovengenoemde visuele beoordelingscriteria zijn uitsluitend van toepassing op reeds gemonteerde elementen.

Voor nog niet gemonteerde elementen gelden derhalve de hierbij horende de productietoleranties.

De vervormingen door walsspanningen en andere productieafwijkingen dienen te voldoen aan de toleranties zoals omschreven in literatuur 83.

Opgemerkt dient te worden dat de genormeerde toleranties voor normale omstandigheden toereikende waarden geven. Er zijn echter situaties mogelijk waarbij bijvoorbeeld op het gebied van vlakheid zwaardere eisen denkbaar zijn. In die gevallen wordt aangeraden contact op te nemen met de betreffende leverancier inzake de mogelijkheden en onmogelijkheden bij het hanteren van afwijkende, lees: zwaardere, tolerantie-eisen.

Metingen dienen uitgevoerd te worden in onbelaste toestand op een vlakke ondergrond. Voor de verder te volgen meetmethodiek en voor plaats en aantal uit te voeren metingen per tolerantiebepaling wordt verwezen naar de genoemde normen en richtlijnen.

Inzake uiterlijk (kleur) zijn verder de onderstaande eisen op gecoilcoate oppervlakken van toepassing:

Aspect	EN 13523	
	Deel (test)	Eis
Kleurvariatie	EN 13523-3	$\delta E \leq 2,0$ tussen (deel)leveringen
	EN 13523-15	$\delta E \leq 1,5$ binnen (deel)leveringen
	EN 13523-22	
Glansvariatie	EN 13523-2	Conform Tabel 3 van EN 10169:2010+A1:2012 Lichtbron D65 onder 60°

Opmerkingen bij bovenstaande tabel:

- geldt uitsluitend voor Kleurklasse I (conform bijlage A). Voor de overige kleurklassen is het menselijk oog maatgevend. Bij een discussie hieromtrent dient door een onafhankelijke deskundige te worden vastgesteld of er wel of niet sprake is van een storend kleurverschil;
- de eisen zijn niet van toepassing op (deel)leveringen t.b.v. verschillende gevelvlakken;
- de eisen betreffen uitsluitend de kleurtoleranties binnen de (deel)leveringen van één en dezelfde leverancier;
- afwijkingen ten opzichte van een kleurenstandaard, zoals 'RAL-waaier' of kleurmonsters, kunnen en mogen aanzienlijk groter zijn. In dit kader dienen deze monsters als indicatief en dus niet als representatief te worden beschouwd;
- bovenstaande eisen gelden tot een half jaar na montage. Dit omdat enige mate van verkleuring al kan starten bij de productie en vervolgens bij de opslag van de materialen op de bouwplaats;
- de eisen gelden niet voor metalliccoatings. Enige kleurvariatie is bij deze typen coating inherent;
- voor interieurcoatings geldt  $\delta E < 3$  binnen één levering;
- voor coatingoppervlakken grenzend aan een binnenruimte gelden geen specifieke eisen (tenzij expliciet aangegeven).
- leveringen met afwijkende kleurtoleranties of van kleuren anders dan standaardkleuren van de betreffende leverancier inclusief hun bijbehorende toleranties, dienen contractueel overeengekomen te zijn.

Opmerking

De metallic kleuren RAL 9006 en 9007 hebben weliswaar een RAL-nummer maar zijn desalniettemin de enige RAL-kleuren die geen genormeerde standaard kennen. De reden is dat deze kleuren niet binnen nauw omschreven tolerantiegrenzen t.o.v. een genormeerde standaard geproduceerd en gereproduceerd kunnen worden.

Deze situatie betekent dat kleurverschillen bij de keuze voor deze kleuren tussen materialen afkomstig van verschillende batches, afkomstig van verschillende leveranciers en/of die op verschillende wijze zijn gecoat, onvermijdelijk zijn.

### UV-bestandheid

Naast kleur- en glansvariatie zijn ook kleur- en glansbehoud in de tijd van belang voor het uiterlijk van de gevels (en daken). Beide worden bepaald door de UV-bestendigheid van de toegepaste coating. Literatuur NEN 10169 onderscheidt hierbij 4 klassen:  $R_{UV1}$  t/m  $R_{UV4}$ . De klasse  $R_{UV1}$  is hierbij niet bestand tegen UV en dus niet geschikt voor buitentoepassing.

In genoemde literatuur staat ook aangegeven hoe bepaald dient te worden in welke klasse een coating valt, wat betreft verkleuring en glansverlies. Dit kan op basis van een langeduur praktijktest of middels een versnelde verouderingstest. Eveneens staat omschreven hoe de resultaten beoordeeld en gekwalificeerd dienen te worden.

Opmerking:

In de NEN-EN 10169 wordt Nederland ingedeeld in klasse  $R_{UV2}$ . De praktijk leert dat als men vanuit esthetische overwegingen een goede kleur- en glansbehoud wenst, men dient uit te gaan van klasse  $R_{UV4}$ , ook in Nederland.

### **Toetsing**

Mogelijkheden voor een aanvullende toetsing (indien in bestek en/of opdracht vermeld):

- visuele toetsing;
- vergelijk met een van te voren overlegd monster. Deze monsters zijn te allen tijde slechts indicatief, tenzij anders overeengekomen;
- metingen.

Bij een visuele toetsing dient men rekening te houden met de invloed van lichtintensiteit, hoek van lichtinval, vorm van beplating en textuur van het oppervlak op de beleving van de kleur.

Bij gebruikmaking van een referentiemonster dient dit monster representatieve afmetingen te bezitten, te zijn aangeleverd door de leverancier en te zijn toegepast in een representatieve opstelling. (Opmerking: plaat- of paneelmonsters in de vorm van 'standaard' presentatiemonsters worden in dit kader niet representatief geacht).

Bij gebruikmaking van meetmiddelen dienen over het type meetmiddel, de meetwijze en de beoordelingscriteria inzake de meetresultaten vooraf contractueel afspraken te zijn gemaakt. Hierbij wordt verwezen naar de EN 13523.

Verder dient te worden gecontroleerd of diegene, die de materialen/producten verwerkt (verwerker), de noodzakelijke zorgvuldigheid betracht. Dit betekent o.a. dat:

- blank aluminium inclusief een tijdelijke beschermfolie wordt besteld. Dit geldt ook voor de exterieurzijde van 'koud'dakplaten en dakpanelen voor hellende daken, in die gevallen dat op deze zijde een coating wordt toegepast met een laagdikte  $< 35 \mu\text{m}$  (ook in andere situaties dat er kans op beschadiging van de coating bestaat tijdens transport, opslag, handling en/of montage is een dergelijke folie aan te bevelen);
- materialen en producten per gevel worden besteld en verwerkt;
- materialen en producten worden gekeurd vóór verwerking op aspecten die met het blote oog zonder hulpmiddelen dan wel met de meetlat controleerbaar zijn;
- beschermfolies vóór, tijdens of direct na verwerking worden verwijderd;
- materialen met de juiste gereedschappen worden bewerkt (geen slijpmachine!). Niet-verspanende bewerkingen verdienen, indien deze voorhanden zijn, te allen tijde de voorkeur boven verspanende bewerkingen;
- materialen correct worden opgeslagen. Langdurige opslag in de buitenlucht, zeker in koudere perioden, is ten sterkste af te raden;

- materialen met geschikte middelen worden verplaatst en geplaatst;
- rekening wordt gehouden bij de montage met de productierichting van de coating (bij metalliccoatings).

De wijze waarop materialen worden opgeslagen en verwerkt heeft een belangrijke invloed op hun uiterlijk. Zie voor nadere informatie hieromtrent Hoofdstuk 7.

## **Uitgangspunten (inzake ontwerp)**

Bij het uitwerken en monteren van metalen gevel- en dakconstructies dient men met de specifieke mogelijkheden, beperkingen en uitgangspunten van de toe te passen materialen en constructies rekening te houden. In dit kader zijn o.a. de volgende aandachtspunten te noemen:

- de toegepaste metalen zijn relatief dun. Dit kan effect hebben op het te verwachten esthetische resultaat. Zo zal de strakheid van het zetwerk niet dat van geëxtrudeerde elementen kunnen evenaren;
- bij aansluitingen zoals overlappen is een iets minder vlak en strak beeld mogelijk en ook enige 'inkijk' in de opbouw. Mogelijkheden om het optische effect hiervan te beperken zijn o.a.:
  - horizontaal gemonteerd zetwerk stuikend uitvoeren;
  - bij horizontaal gemonteerde beplating met eindoverlappen naar de weg toe, i.e. tegen de belangrijkste kijkrichting in, monteren (indien mogelijk en indien met het oog op waterdichtheid toegestaan);
  - de 'stapeling' van meer dan drie elementen voorkomen. Dit betekent bijvoorbeeld dat men bij een horizontaal gemonteerde beplating met eindoverlappen ter plaatse van de aansluiting van langs- op eindoverlap over de overlapbreedte c.q. –lengte de tweede en derde plaat gedeeltelijk afknijpt;
  - verticaal gemonteerde schijn'kolommen' bij een horizontaal gemonteerde buitenbeplating maken de strakheid van de gevel minder kritisch dan een dergelijke gevelbeplating uitgevoerd met eindoverlappen dan wel stuiknaden. Dit is met name van belang bij lange gevels, lichte kleuren en montage op een comprimeerbare ondergrond;
- rekening houden met de thermische vervormingen van beplatingmaterialen en panelen. Met name kunnen deze hoog oplopen bij de toepassing van aluminium beplating en bij donkere kleuren. In dit kader zijn er o.a. de volgende aandachtspunten:
  - plaatlengten beperken en bij horizontale montage nimmer lengten toepassen groter dan 6,0 m;
  - op regelmatige afstand in de gevel een aansluiting opnemen die in enige mate als dilatatie kan functioneren;
  - voorkomen dat elementen over elkaar heen gaan schuiven waardoor coatingschade kan ontstaan;
  - maatregelen treffen tegen te sterk bollen van elementen, plooiing van vlakken en/of het open gaan staan van overlappen (langsoverlapbevestiging);
- het is aan te bevelen bij de keuze van het bevestigingspatroon naast de constructieve eisen ook rekening te houden met esthetische overwegingen;
  - Indien men bij geveldoorbrekingen een identieke aansluitingswijze en maatvoering van de afwerking wenst, dienen positie en afmetingen van deze doorbrekingen te zijn gebaseerd op de golfafstand van de voorgeschreven profielbeplating c.q. panelen (indien deze van een duidelijke profilering zijn voorzien).

Bij het ontwerp dient ook rekening te worden gehouden met invloeden die in het gebruiksstadium de esthetische kwaliteit negatief kunnen beïnvloeden. In dit kader zijn o.a. de volgende aandachtspunten te noemen:

- voorkomen van geconcentreerde regenwater (=vuil water) stromingen over de gevel tenzij met opzet nagestreefd;
- voorkomen dat regenwater vanaf rubberen of kitafdichtingen over lager gelegen geveldelen stroomt (dus bijv. zetwerk onder ramen tot ruim buiten het gevelvlak laten steken);



- bij het risico op beschadiging, denk hierbij bijvoorbeeld aan fietsen tegen de gevel of een gebouw met dockshelters t.b.v. het laden en lossen van vrachtauto's, zorgdragen voor een adequate afscherming (aanrijbeveiliging, grindbak etc.);
- onderzijde van gevel met zetwerk laten eindigen boven maaiveldniveau (en dus niet op dit niveau);
- met het oog op reiniging en onderhoud voorzieningen aanbrengen zodat bijvoorbeeld geen ladders tegen de gevel behoeven te worden geplaatst.

# Eisen aan binnendoosconstructies

## 3.1 Inleiding

### Omschrijving systeem

Binnendoosconstructies zijn specifiek ontworpen voor de toepassing in gevelconstructies. Sporadisch worden zij ook in daken toegepast. Deze toepassing blijft buiten beschouwing.

Binnendoossystemen zijn zelfdragend doch maken geen onderdeel uit van de draagconstructie, tenzij hier specifiek op ontworpen en mee gerekend is.

Binnendoossystemen bestaan uit een binnenblad opgebouwd uit horizontaal (in uitzonderingsgevallen verticaal) gemonteerde binnendozen en een buitenblad van geprofileerde buitenplaten.

De horizontaal gemonteerde binnendozen overspannen de afstand spant/spant en dragen de belastingen op de gevelconstructie over op de betreffende kolommen. De binnendozen vormen tevens een nagenoeg vlakke binnenaferwerking en de drager voor de isolatie die in en/of vóór de dozen wordt aangebracht.

De buitenbeplating kan direct aan de binnendozen worden bevestigd. Men verkrijgt dan een verticaal gemonteerde buitenbeplating (bij horizontaal gemonteerde binnendozen). De buitenbeplating kan o.a. van het type trapezium, golf- of plankprofiel zijn.

De buitenbeplating kan ook via een intermediair in de vorm van tussenprofielen zoals omega- of Z-profielen aan de binnendozen worden bevestigd. Men verkrijgt dan een horizontaal gemonteerde buitenbeplating (bij horizontaal gemonteerde binnendozen). De buitenbeplating kan van uiteenlopende profileringen zijn voorzien.

Door de steeds toenemende technische en esthetische eisen en door het steeds grotere toepassingsgebied van binnendoosconstructies komen er steeds meer variaties op deze opbouw. De belangrijkste in dit kader is die, waarbij de isolatie zich niet alleen in de binnendozen bevindt, maar ook tussen deze dozen en de buitenbeplating. Deze isolatie loopt ongecomprimeerd door tussen binnendozen en buitenbeplating resp. verticale profielen en verhoogt daarmee de isolerende werking van het systeem in sterke mate.

## **Toe te passen materialen**

In binnendoosconstructies worden standaard de volgende materialen toegepast:

- sendzimirverzinkte stalen binnendozen. Deze kunnen standaard aan de interieurzijde zijn voorzien van een interieurcoating;
- plaatvormige isolatie. Dikwijls is dit steen- of glaswol, maar bijvoorbeeld ook EPS is mogelijk;
- sendzimirverzinkte stalen of aluminium buitenbeplating.
- Sendzimirverzinkt materiaal, dat bloot staat aan buitencondities dient aan de betreffende zijde altijd van een duurzame coating te zijn voorzien;
- primaire bevestigingsmiddelen
  - de binnendozen worden op de achterconstructie bevestigd middels schroeven of schietnagels;
  - de buitenbeplating, en eventuele profielen worden met zelftappende of zelfborende (afstand)-schroeven op de achterliggende constructie bevestigd;
- secundaire bevestigingsmiddelen
  - afhankelijk van de toepassing en eisen moeten de binnendozen onderling worden gekoppeld met zelftappende of zelfborende/snijdende schroeven;
  - afhankelijk van de toepassing en eisen kunnen de buitenplaten onderling worden gekoppeld met zelftappende of zelfborende/snijdende schroeven dan wel met blindklinknagels;
- afdichtingsmaterialen
  - afhankelijk van de toepassing en eisen kunnen tussen de binnendozen onderling en tussen de dozen en achterconstructie aanvullende afdichtingsmaterialen nodig zijn in de vorm van bijv. (compressie)band of kit;
  - afhankelijk van de toepassing en eisen kunnen tussen binnendozen en buitenbeplating dampremmende foliën dan wel waterkerende, dampdoorlatende foliën noodzakelijk zijn;
  - afhankelijk van de toepassing en eisen kunnen tussen binnendozen en buitenbeplating resp. zetwerk vulstroken (fillers) noodzakelijk zijn om luchtstromingen te beperken/blokkeren;
- zetwerk.
  - Zetwerk wordt gewoonlijk gemaakt uit vlakke plaat van 0,7 tot 0,9 mm.

Opmerking:

Het gebruik van gespoten PUR moet tot een minimum worden beperkt. Indien mogelijk dient t.b.v. isolatie gekozen te worden voor passende isolatiestroken. T.b.v. het maken van afdichtingen is gespoten PUR ongeschikt.

## **Toepassingsgebied systeem**

Binnendoosconstructies kennen een enorm breed toepassingsgebied: van eenvoudige hal tot museum, van een laag gebouw tot hoge silo en van opslagloods tot 'hightech' productiefaciliteit.

Bij eenvoudige (vooral bouwfysisch en esthetisch gezien) toepassingen zullen er weinig aanvullende voorzieningen aan het systeem noodzakelijk zijn. Bij 'hoogwaardige' toepassingen zijn ze wel noodzakelijk. Dan moet gedacht worden aan doorlopende, ongecomprimeerde isolatie tussen binnendozen en buitenbeplating resp. tussenprofielen, aan afdichtingsbanden in de voegen tussen de dozen.

Binnendoosconstructies lenen zich hierdoor bijzonder goed voor de volgende toepassingen en situaties:

- opslaghallen van uiteenlopende goederen met uiteenlopende binnencondities, in alle vormen en maten;
- productiefaciliteiten voor uiteenlopende productieprocessen met uiteenlopende binnencondities, in alle vormen en maten;
- winkels, garages, (auto)showrooms, sportaccommodaties etc. etc.

Binnendoosconstructies lenen zich hierdoor minder goed, of zijn zelfs ongeschikt, voor de volgende toepassingen en situaties:

- gebouwen waaraan zeer hoge esthetische eisen worden gesteld;
- koel- en vrieshuizen;
- bij geëiste isolatiewaarden  $R_c \gg 4,5 \text{ m}^2\text{K/W}$ ;
- gebouwen met een hoge interne relatieve luchtvochtigheid ( $> 65\%$ ).

## **Randvoorwaarden systeem**

Binnendoosconstructies zijn met name ontworpen voor toepassing tegen een stalen achterconstructie. Montage tegen een betonnen, houten of ander type achterconstructie is in principe ook mogelijk maar in dat geval dient men, met het oog op de dikwijls grote toleranties bij deze typen achterconstructies, deze eerst uit te vullen alvorens de verwerker van de gevel kan starten. Wat hierbij als voldoende vlak kan worden beschouwd, kan worden ontleend aan onderstaande eisen voor stalen onder/achterconstructies.

Op een achterconstructie die scheef staat of andere afwijkingen vertoont is, indien deze bepaalde grenzen overschrijdt, geen vlakke gevel te realiseren. Wat dit betreft tonen horizontaal gemonteerde buitenplaten afwijkingen veel eerder en sterker dan verticaal gemonteerde platen. Zie verder Hoofdstuk 3.10.

Bij plankprofielen geldt daarnaast nog de eis dat het niet is toegestaan dat een kolom, waar het plankprofiel voorlangs doorloopt, naar binnen toe staat t.o.v. de verbindinglijn tussen de aan beide zijden aangrenzende kolommen (horizontale montage) resp. dat een regel, waar het plankprofiel voorlangs doorloopt, naar binnen toe ligt t.o.v. de verbindinglijn tussen de aan beide zijden aangrenzende regels/opleggingen (verticale montage). Voor een nadere toelichting zie de overeenkomende situatie bij sandwichpanelen (Hoofdstuk 3.10).

Indien er over de toleranties van de achterconstructie door de verwerker twijfels worden geuit dient de opdrachtgever op zijn aanvraag een meetrapport van deze constructie te overleggen. Blijkt hieruit dat deze toleranties inderdaad te groot zijn met het oog op de toe te passen gevelconstructie dan is de opdrachtgever verplicht dit in orde te brengen dan wel aan de verwerker een gepaste vergoeding te betalen voor zijn inspanningen om alsnog op deze onderconstructie tot een voldoende strak en goed functionerend eindresultaat te komen.

Bevestigen van uithangborden, lampen, vlaggenmasten e.d. aan een binnendoosconstructie is niet toegestaan. Dergelijke voorzieningen dienen door de gevel heen aan de draagconstructie te worden bevestigd. In dat geval is diegene die dit uitvoert, ervoor verantwoordelijk dat de gevelconstructie op de betreffende plaatsen blijft voldoen aan het Bouwbesluit, aan de vigerende regelgeving, aan deze Kwaliteitsrichtlijn en aan contractuele afspraken.

## 3.2 Statica

### Belastingen

Aangenomen mag worden dat over- en onderdruk worden opgenomen door de binnendozen en hun bevestigingen aan de achterliggende constructie, onder de voorwaarde dat de spouw aan boven- en/of onderzijde in open verbinding staat met de buitenlucht. Winddruk en -zuiging worden opgenomen door de buitenbeplating. Deze kracht belast dus deze buitenbeplating, hun bevestigingen aan de achterliggende constructie, eventuele profielen (en hun bevestigingen) en de binnendozen en hun bevestigingen aan de achterliggende constructie.

Het eigengewicht van de gevel hoeft niet bij de toetsing van de toegepaste bevestigingsmiddelen in rekening te worden gebracht onder de voorwaarde dat dit eigengewicht geen moment op deze bevestigingen uitoefent (dit betekent dat bij systemen, waarbij tussen buitenbeplating en binnendozen resp. buitenbeplating en profielen resp. profielen en binnendozen isolatie is aangebracht, de buitenbeplating en eventueel ook de profielen met een aanvullende voorziening tegen zakken ondersteund moeten worden, tenzij het isolatiemateriaal aantoonbaar en kwantificeerbaar een bijdrage levert bij deze belastingsafdracht).

### Temperatuursbelasting

Temperatuursbelastingen kunnen maatgevend zijn. Deze kunnen leiden tot schade aan de bevestiging, vervormen van de constructie en/of 'geluiden uit de gevel'. Of dit aan de orde kan zijn, is o.a. afhankelijk van het type en de vorm van de beplating, het metaal waaruit deze is vervaardigd, kleur van de coating, lengte van de beplating, geveloriëntatie, stijfheid van achterconstructie, wijze van bevestigen en uitvoering van eindoverlap. Per project en per gevel dient men, o.a. op basis van bovengenoemde invloedsfactoren, de invloed en eventuele risico's van temperatuursbelastingen en -vervormingen in te schatten.

### Ontschroeven

Herhaalde temperatuursvervormingen kunnen ertoe leiden dat schroeven terugdraaien en uiteindelijk zelfs uit de constructie vallen. Dit speelt met name bij een horizontale montage. In eerste instantie houdt dit het risico in van lekkages maar in tweede instantie ook het risico dat platen naar beneden vallen. Daarom dient deze situatie te worden voorkomen. Dit is te bereiken door t.p.v. de eindoverlappen de metalen achterconstructie beduidend dikker uit te voeren dan de dikte van de hieraan te bevestigen metalen gevelplaten (en zetwerk). Voor stalen achterconstructies geldt dat deze constructie minimaal 2x zo dik dient te zijn als de (enkele) plaatdikte van de te bevestigen platen om terugdraaien te voorkomen. Bij aluminium achterconstructies geldt een factor van 2,5. Boven een dikte van 2,0 mm resp. 2,5 mm bij staal resp. aluminium is het risico op het terugdraaien van schroeven over het algemeen verwaarloosbaar. Bij grotere staaldikten dient men rekening te houden met een mogelijk onvoldoende kathodische bescherming van de knipkanten.

## Uitzetting

Verder kan het gewenst zijn de gevelafwerking op regelmatige afstand, en in ieder geval bij iedere gebouwdilatatie, van een dilatatievoeg te voorzien.

### Dynamische invloeden

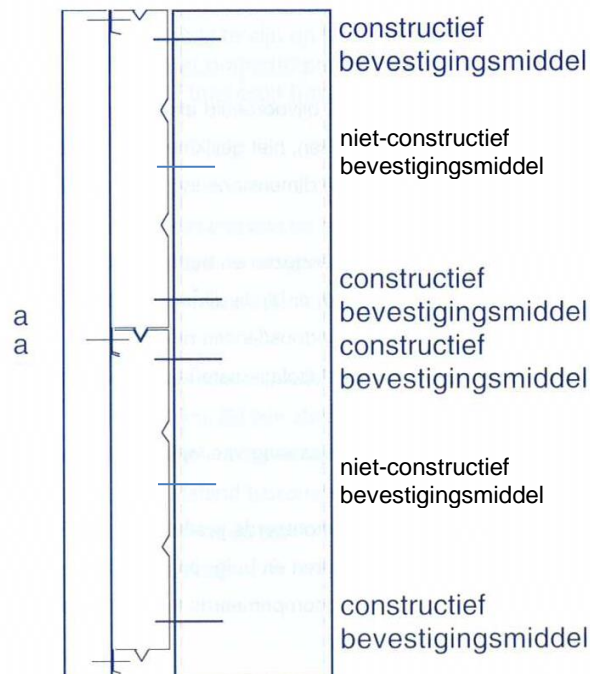
Dynamische effecten t.p.v. de bevestigingspunten van gevelplaten kunnen zich ook voordoen bij de toepassing van brede ongeprofileerde elementen of elementvlakken. Als gevolg van trillingen en/of 'pompende' vervormingen van deze elementen c.q. vlakken onder invloed van de wind kunnen bevestigingen door repeterende belastingen en/of vervormingen worden belast. Hiermee dient bij de keuze en dimensionering van het bevestigingssysteem terdege rekening te worden gehouden.

In onderstaande 'minimale ontwerpuitgangspunten' zijn mogelijke bevestigingswijzen gegeven voor de verschillende onderdelen van de binnendoosconstructie. Deze zijn gebaseerd op de relevante normering en het specifieke karakter en gedrag van dunne, koudgewalste metalen constructieonderdelen.

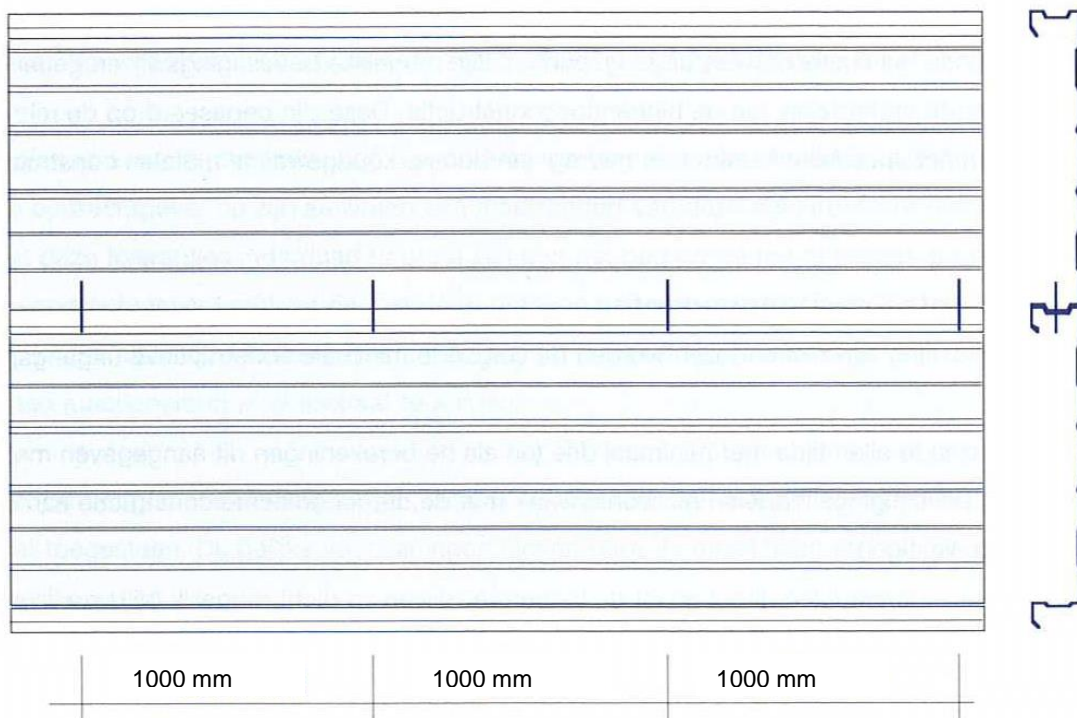
## Minimale ontwerpuitgangspunten

Voor de toepassing van binnendozen worden de volgende minimale constructieve uitgangspunten gehanteerd:

- t.p.v. gebouwhoeken dient de gevelspouw onderbroken te worden om luchtuitwisseling tussen gevel-spouwen met een verschillende oriëntatie t.o.v. de wind te voorkomen;
- binnendozen te allen tijde met minimaal drie (en als de berekeningen dit aangegeven met meer dan drie) bevestigingsmiddelen per contactvlak met de dragende achterconstructie aan deze constructie bevestigen;
- de bevestigingsmiddelen direct naast de binnendooslijven zo dicht mogelijk bij deze lijven, maar wel symmetrisch, aanbrengen. Het middelste bevestigingsmiddel speelt bij de belastingsafdracht geen rol;

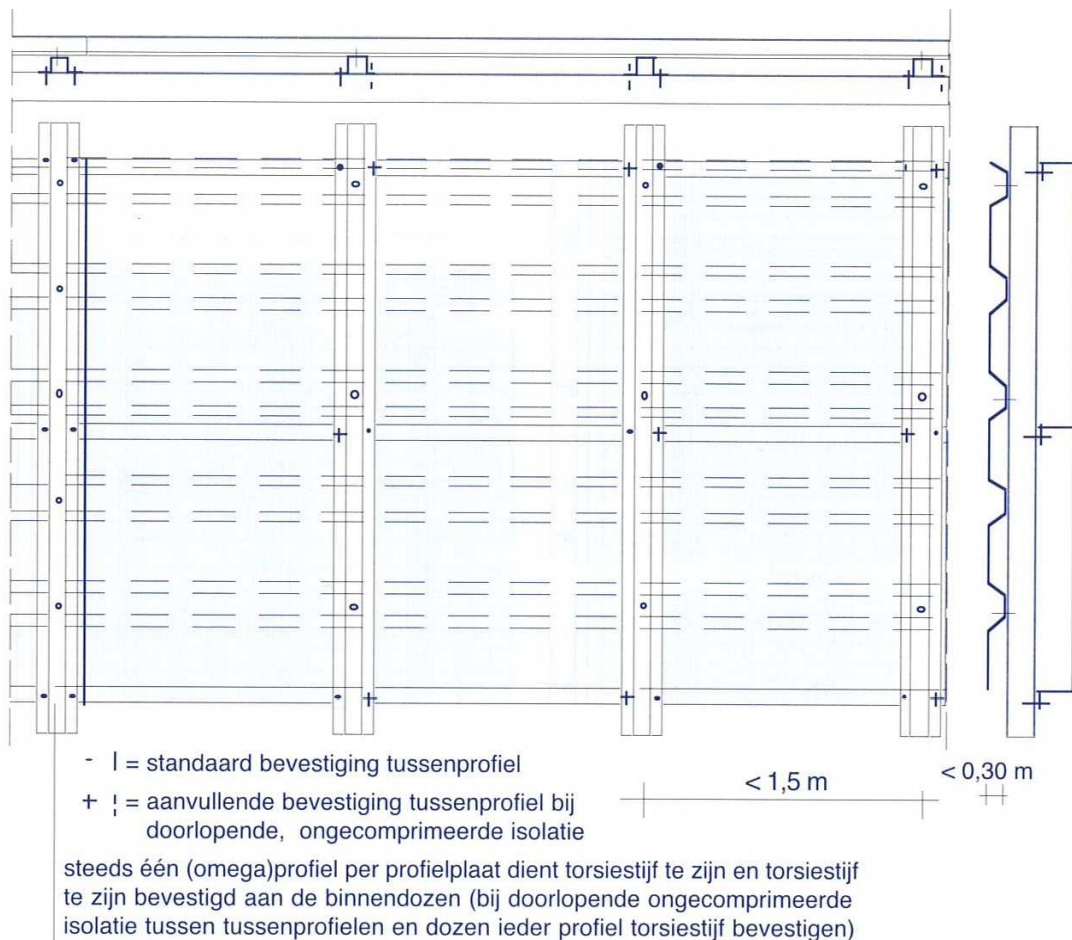


- bij binnendoosconstructies, waarbij isolatie niet-volledig gecompriemd doorloopt tussen dozen en buitenbeplating resp. verticale tussenprofielen, de dozen onderling h.o.h. maximaal 1000 mm koppelen (i.v.m. luchtstromingsdichtheid is een dergelijke koppeling ook in andere situaties aan te bevelen. Deze bevestiging drukt immers ook de voegen tussen de dozen met het daarin eventueel opgenomen afdichtingsband dicht);
- indien belastingen, bijvoorbeeld als gevolg van het gekozen bevestigingspatroon of de toepassing van verticale profielen, niet gelijkmatig van buitenbeplating op de binnendozen worden overgedragen, hiermee bij de dimensionering van deze dozen en de betreffende bevestigingsmiddelen rekening houden;
- indien tussen binnendozen en buitenbeplating resp. verticale profielen ongecomprimeerde isolatie is aangebracht, dan er bij de dimensionering van de binnendozen rekening mee houden dat bij winddruk de binnendoosflensen niet tegen kip en/of plooi worden gesteund (tenzij aangetoond kan worden dat het isolatiemateriaal deze functie zal vervullen).



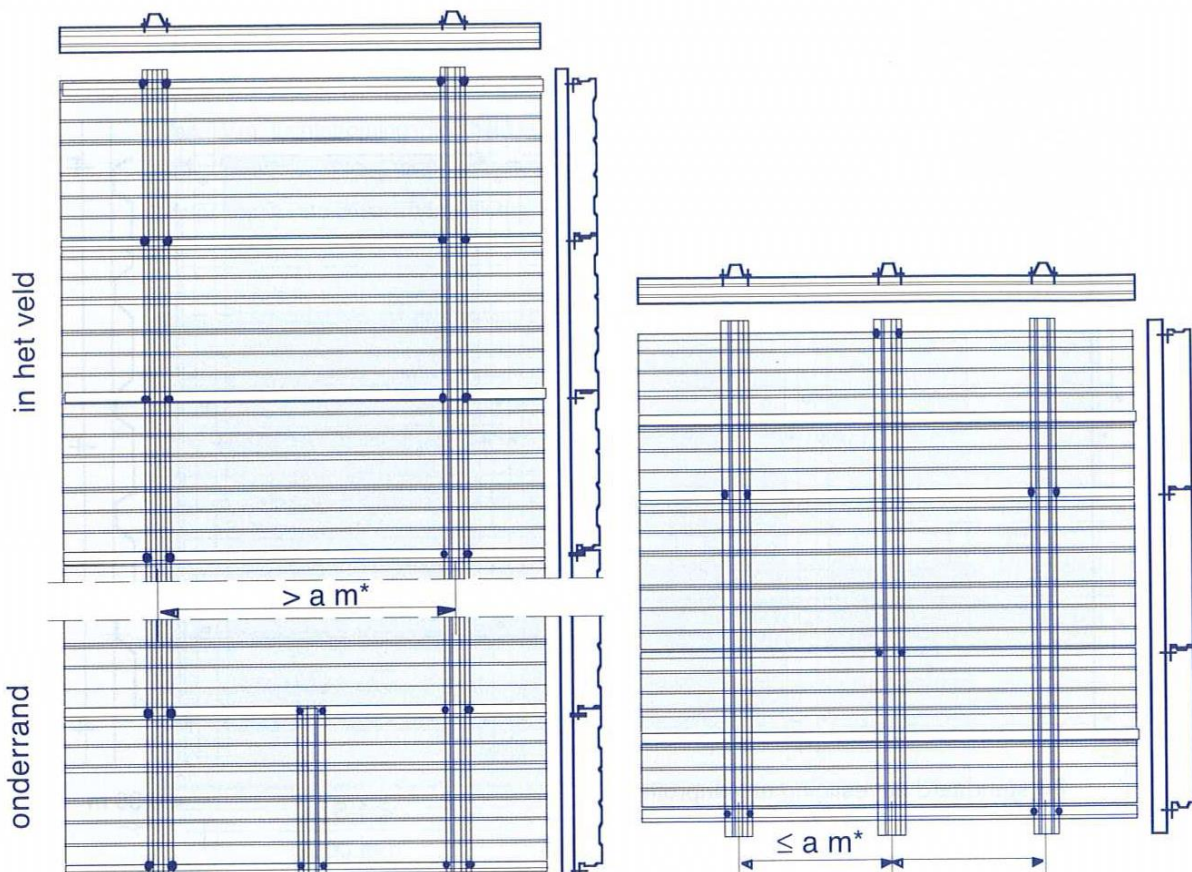
Voor de eventuele toepassing van verticale tussenprofielen gelden de volgende minimale (constructieve) voorwaarden:

- per horizontaal gemonteerde profielplaat steeds minimaal één profiel buig- en torsiestijf in het vlak van de gevel uitvoeren en buig- en torsiestijf in het vlak aan de binnendozen bevestigen. Bij een doorlopende, ongecomprimeerde isolatie tussen tussenprofielen en binnendozen geldt dat voor ieder tussenprofiel;



- haaks op het vlak van de gevel dienen de profielen zodanig aan de dozen te worden bevestigd, dat er geen secundaire momenten in de constructieopbouw worden geïntroduceerd. Daar waar dit door de vorm van het profiel niet mogelijk is, dient de beplating de mogelijk hieruit voortkomende (wrik)krachten op te kunnen nemen;
- bij de bevestiging van de profielen op de binnendozen deze op iedere binnendoosflens bevestigen als de h.o.h.-afstand tussen de profielen  $> a$  ( $a = 1,5\text{ m}$ ). Bij een afstand  $a$  mag men hooguit steeds een binnendoosflens overslaan (aan de onderste en bovenste doosflens dient te allen tijde te worden bevestigd). In het laatste geval per h.o.h.-afstand tussen de profielen het bevestigingspunt steeds een dooshoogte laten verspringen. Dit onder de restrictie dat de heersende belastingssituatie een deze bevestigingswijze toelaat;





- de h.o.h. afstand ( $a$ ) tussen de profielen dient met name vanuit esthetische overwegingen binnen bepaalde waarden te vallen:
  - profielhoogten  $< 30$  mm:
    - staal: max. h.o.h.-afstand is 1,5 m;
    - aluminium: max. h.o.h.-afstand is 1,0 m;
  - profielhoogten  $\geq 30$  mm: max. h.o.h.-afstand is 2,0 m;
- plankprofielen: horizontaal gemonteerde plankprofielen zijn af te raden tenzij de profielen specifiek ontwikkeld zijn voor deze toepassing. In dat geval wordt aanbevolen de h.o.h.-afstand te beperken tot maximaal 1,5 m.

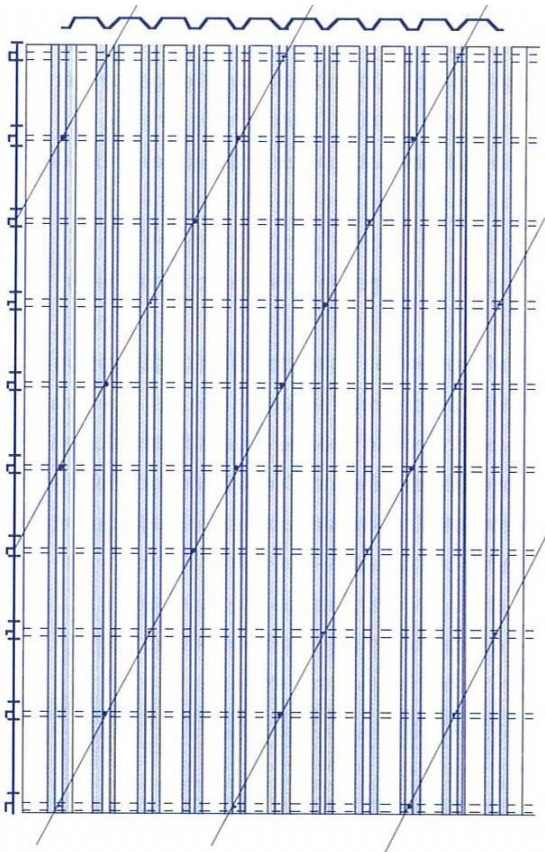
Bijzondere profielvormen kunnen eigen voorwaarden hieraan stellen.

Voor de toepassing van verticale buitenbeplating gelden de volgende minimale (constructieve) voorwaarden (diagonaal patroon verdient i.v.m. een gelijkmatige belastingsafdracht de voorkeur):

- indien tussen binnendozen en buitenbeplating ongecomprimeerde isolatie is aangebracht, iedere buitenplaat steunen tegen (uit)zakken. Deze functie kan niet worden vervuld door de bevestigingsmiddelen waarmee deze buitenplaat aan de binnendozen is bevestigd;
- buitenbeplating middels een zodanig bevestigingspatroon aan de binnendozen bevestigen dat iedere doos (nagenoeg) in dezelfde mate bijdraagt aan de afdracht van winddruk en -zuiging naar de achterconstructie. Is dit niet mogelijk/gewenst dan de betreffende onderdelen van de binnendoosconstructie hierop dimensioneren. Diagonale patronen verdienen derhalve de voorkeur;

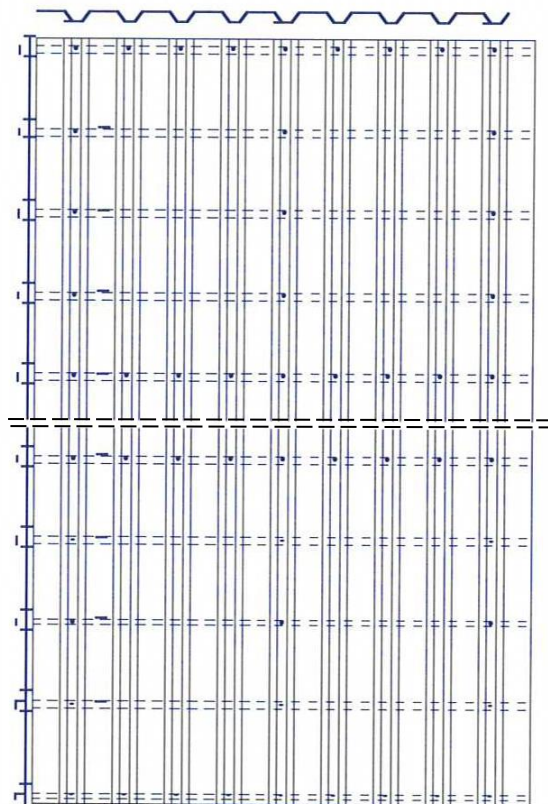
- tevens secundaire bevestigingsmiddelen aanbrengen, daar waar het risico bestaat dat de aansluiting tussen twee ongelijk belaste constructiedelen als gevolg hiervan kan gaan wijken. Denk hierbij bijv. aan de aansluiting buitenplaat op buitenplaat bij diagonale bevestigingspatronen of van binnendoos op binnendoos;
- bij het bepalen van het bevestigingspatroon van de buitenbeplating deze zodanig kiezen dat (te) grote lokale vervormingen hierin worden voorkomen.

*Diagonaal patroon (om de vier delen)  
(alleen primaire bevestigingen zijn aangegeven)*



- optimale belastingspreiding
- vraagt extra aandacht bij montage
- minder rustig patroon
- aanvullende (secundaire) langsoverlapbevestiging is noodzakelijk
- minder primaire bevestigingen per m<sup>2</sup> gevel

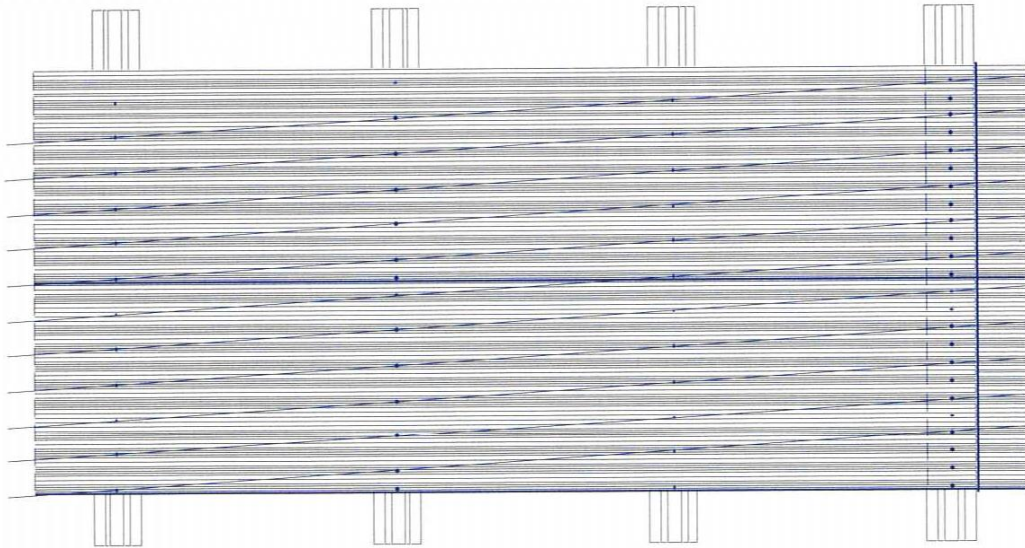
*Horizontaal patroon*



- niet gelijkmatige belastingafdracht
- eenvoudig aan te brengen
- rustig patroon
- primaire bevestiging t.p.v. langsoverlap zorgt ook voor het dichtzijn van deze overlap
- meer primaire bevestigingen per m<sup>2</sup> gevel

Voor de toepassing van horizontale buitenbeplating gelden de volgende minimale (constructieve) voorwaarden:

- indien tussen binnendozen en tussenprofielen en/of profielen en buitenbeplating ongecomprimeerde isolatie is aangebracht, iedere buitenplaat (bij isolatie tussen profiel en doos: inclusief ieder profiel) steunen tegen zakken. Deze functie kan niet worden vervuld door de bevestigingsmiddelen waarmee deze buitenplaat aan het profiel resp. het profiel aan de binnendozen is bevestigd.



- ook in horizontale richting per gevelvlak, per plaathoogte minimaal één borging tegen horizontale verplaatsingen van dat vlak in zijn geheel aanbrengen;
- buitenbeplating middels een zodanig bevestigingspatroon aan de profielen bevestigen, dat iedere profiel (nagenoeg) in dezelfde mate bijdraagt aan de afdracht van winddruk en -zuiging naar de achterconstructie;
- tevens secundaire bevestigingsmiddelen aanbrengen, waar het risico bestaat dat de aansluiting tussen twee ongelijk belaste constructiedelen als gevolg hiervan kan gaan wijken;
- bij het bepalen van het bevestigingspatroon van de buitenbeplating dit zodanig kiezen dat (te) grote lokale vervormingen hierin worden voorkomen. Dit is mogelijk met het volgende patroon:
  - golfafstand  $< 150$  mm: om het dal bevestigen (bij een hoge windbelasting, zoals langs de kust en/of bij gebouwen hoger dan 10,0 m en/of bij gebouwhoeken kan het noodzakelijk zijn t.p.v. de eindoverlappen in ieder dal te bevestigen);
  - golfafstand  $\geq 150$  mm: in ieder dal bevestigen.

### 3.3 Waterdichtheid

#### Belasting

De waterdichtheid van een binnendoosconstructie wordt in principe verzorgd door de buitenbeplating. Een kleine hoeveelheid lekwater in de spouw is wel toegestaan als dit maar te allen tijde naar buiten toe kan worden afgevoerd en dit water dus niet een negatieve invloed heeft op het functioneren van de constructie en/of op de levensduur en dus ook niet aan de binnenzijde van de opbouw kan uittreden. In het kader van deze laatste eis is het essentieel dat lekwater niet bij de voegen tussen de binnendozen onderling, tussen dozen en achterconstructie, tussen de dozen en aansluitende delen en/of tussen de aansluitende delen en achterconstructie kan komen.

NEN-EN 12865 omschrijft een tetsmethode om de waterdichtheid van gevelconstructies te bepalen.



## 3.4 Winddichtheid/luchtdoorlatendheid

### Belasting

De winddichtheid van binnendoosconstructies wordt in principe verzorgd door de binnendozen.

Binnendoosconstructies zonder verdere voorzieningen halen m.b.t. de winddichtheid, indien goed uitgevoerd, de vigerende Bouwbesluit (bij geperforeerde binnendozen is dit prestatieniveau alleen haalbaar als een aanvullende luchtstromingsdichte voorziening wordt getroffen).

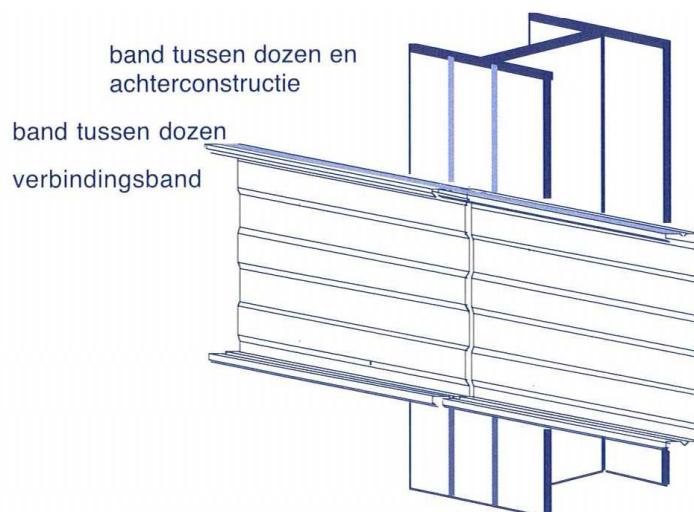
NEN-EN 12144 omschrijft een testmethode om de winddichtheid van gevelconstructies te bepalen.

Aansluitingen dienen apart te worden beoordeeld. Met toevoegingen, bijvoorbeeld in de vorm van afdichtingsband tussen dozen onderling en tussen dozen en achterconstructie, zijn hogere winddichtheidsklassen haalbaar.

### Minimale ontwerpuitgangspunten

Met het oog op het behalen van een voldoende winddichte gevelconstructie gelden de volgende uitgangspunten:

- om aan de luchtdoorlatendheidseis te voldoen de noodzakelijke voorzieningen treffen in samenhang met de windbelasting op de gevel. Bij eisen zwaarder dan die geformuleerd in het Bouwbesluit, zijn voorzieningen noodzakelijk, bijvoorbeeld in de vorm van een voegdichting t.p.v. de binnendozen. Een dampremmende/luchtstromingsdichte laag kan alleen worden toegepast, als de opbouw hierop wat betreft vochthuishouding is getoetst;
- Bij ruimten die verwarmd worden t.b.v. mensen zijn aanvullende afdichtingen tussen de binnendozen onderling en bij de uiteinden van deze dozen tussen deze dozen en de achterconstructie verplicht in combinatie met een koppeling tussen de dozen h.o.h 1000 mm;
- bij geperforeerde binnendozen dient een (aanvullende) winddichting in de gevelopbouw opgenomen te worden. Dit kan bijvoorbeeld, afhankelijk van de situatie, in de vorm van een ingesealde isolatie, in de vorm van isolatie die aan de warme zijde is voorzien van een akoestisch open folie of eventueel (indien bouwfysisch onderbouwd!) in de vorm van een dampdoorlatende, waterkerende folie aan de koude zijde van de isolatie. Bij gebouwen die worden verwarmd t.b.v. mensen, zijn geperforeerde binnendozen alleen toegestaan als de perforaties luchtstromingsdicht worden afgedekt met een akoestisch open folie die t.p.v. de stuiknaden tussen de dozen ononderbroken doorloopt (vanuit het oogpunt van vochthuishouding kunnen er afhankelijk van de Klimaatklasse van de omsloten ruimte aanvullende voorwaarden gelden).



## 3.5 Thermische isolatie

### Aandachtspunten

De lijven van binnendozen, waarop vervolgens de buitenbeplating resp. tussenprofielen worden bevestigd, vormen lijnvormige koudebruggen. Deze koudebruggen hebben een sterk negatieve invloed op de  $R_c$ -waarde van de constructie.

Indien er derhalve  $R_c$ -waarden  $>$  ca.  $1,0 \text{ m}^2 \text{ K/W}$  worden verlangd, dienen deze lijnvormige koudebruggen verminderd of zelfs opgeheven te worden (opvoeren van uitsluitend de isolatiedikte in de doos is dan niet meer afdoende).

Een 'eenvoudig' contactbandje op alle binnendoosflensen of bijvoorbeeld bij de toepassing van een doorlopende deken, die ter plaatse van de contactvlakken (lees: binnendoosflensen) wordt gecompriemd, geeft slechts een lichte verbetering. Het probleem van dergelijke voorzieningen is echter dat de mate van compressie in de praktijk onbekend is bij het uitvoeren van een rekenkundige controle, terwijl deze juist van grote invloed is op het (reken)resultaat.

Indien  $R_c$ -waarden  $>$  ca.  $2,0 \text{ m}^2 \text{ K/W}$  worden verlangd, dient men te kiezen voor niet-gecompriemde isolatie tussen binnendoosflensen en buitenbeplating resp. tussen deze flensen en de tussenprofielen. De dikte van de isolatie in de doos en van de genoemde ongecompriemde isolatie wordt bepaald door de  $R_c$ -waarde die wordt verlangd. Hierop van invloed zijn verder de puntvormige thermische bruggen (primaire bevestigingsmiddelen).

## 3.6 Vochthuishouding

### Minimale ontwerpuitgangspunten

Om tot een goede vochthuishouding te komen gelden de volgende minimale uitgangspunten:

- voegen tussen binnendozen onderling, tussen dozen en achterconstructie, tussen dozen en zetwerk en tussen zetwerk en achterconstructie afdichten met compressieband (zie afb. bij winddichtheid/luchtdoorlatendheid, hoofdstuk 3.4). (geldt niet voor gebouwen met een lage luchtvochtigheid, waarbij de dampdruk  $<$   $1080 \text{ Pa}$ );
- bij geperforeerde binnendozen ingesealde isolatie of isolatie met een akoestische folie aan de warme zijde van de isolatie gebruiken. Deze bij voorkeur in twee lagen, in halfsteensverband aanbrengen. Een dergelijke oplossing, zonder verdere aanvullende tocht- en luchtstromingsdichtingen, is niet geschikt voor binnencondities Klasse III (dampdruk  $>$   $1320 \text{ Pa}$  en  $<$   $1430 \text{ Pa}$  zoals kantoren, scholen e.d.) en Klasse IV (dampdruk  $>$   $1430 \text{ Pa}$ , zoals bij scholen, zwembaden e.d.). In deze situatie in de opbouw een doorlopende dampremmende laag aanbrengen (een optie, die ook in andere gevallen bestaat, i.p.v. het toepassen van compressieband t.p.v. voegen en aansluitingen) tussen de akoestische en thermische isolatie. Past men dit toe dan dient ook aan de koude zijde van deze dampremmende laag isolatie te worden aangebracht, opdat het dauwpunt wordt bereikt in een doorsnede die zich aan de koude zijde van de dampremmer bevindt. Deze isolatie zal dikwijls aanzienlijk dikker dienen te zijn dan de akoestische isolatie. Hiervan dient door de opdrachtgever een bouwfysische berekening te worden overlegd.
- Indien een dampremmende laag wordt toegepast, is het essentieel dat beschadigingen en/of perforaties in deze laag direct worden gerepareerd en dat overlappen in deze laag en aansluitingen hiervan op andere bouwkundige delen worden afgetapet;
- indien de mogelijkheid bestaat dat er zich in de spouw condens vormt, dit vocht zo snel mogelijk uit de spouw naar buiten leiden;

- de gevelspouw aan de bovenzijde dichtmaken, maar aan de onderzijde open laten, opdat eventueel condensvocht kan afvloeien. Ook bij andere doorsneden van de spouw er op letten dat eventueel (afstromend) condens niet ingesloten kan raken of zelfs naar binnen toe kan afvloeien (bijvoorbeeld bij de aansluiting op een kozijn).

## **3.7 Geluidsisolatie en -absorptie**

### **Geluidsisolatieprestatie**

Voor indicatieve geluidsisolatieprestaties van binnendoosconstructies, bij een belasting door verkeersgeluid, zie Bijlage A.

### **Prestaties m.b.t. flankerende transmissie**

Voor achtergrondinformatie hoe geluidsoverdracht door flankerende transmissie te beïnvloeden, zie Bijlage A.

### **Geluidabsorptieprestaties**

Voor indicatieve geluidabsorptieprestaties van binnendoosconstructies, zie Bijlage A.

## 3.8 Brandveiligheid

### Minimale ontwerpuitgangspunten

Met het oog op het behalen van de gevraagde brandwerendheid volgens NEN-EN 13501-2 en NEN 6069 gelden de volgende uitgangspunten:

- bij de aanwezigheid van lijnvormige koudebruggen is het niet mogelijk een brandwerendheid van buiten naar binnen te bereiken van 30 minuten of meer;
- andere ontwerpkeuzes, die van invloed kunnen zijn op de te behalen prestatie zijn o.a.:
  - gebruikte metalen (staal of aluminium);
  - wijze van bevestigen aan de achterconstructie;
  - grootte van de overspanning;
  - onderlinge bevestiging van binnendozen;
  - wijze van bevestiging buitenbeplating;
  - onderlinge koppeling van buitenbeplating;
  - uitvoering van aansluitingen en overlappen van buitenbeplating;
  - toepassen van (aanvullende) afdichtingsmaterialen;
  - type, dikte, densiteit en wijze van toepassing van isolatie.
- inzake de detaillering gelden o.a. de volgende zaken:
  - hetzelfde prestatieniveau aanhouden als de aansluitende gevelconstructie;
  - holle ruimten opvullen met onbrandbaar isolatiemateriaal (brandklasse A1 volgens NEN-EN 13501-1);
  - t.p.v. de eventuele aansluiting gevel op brandwand/vloer voorzieningen treffen om brandover/doorslag binnen de voorgeschreven minimum periode uit te sluiten.

## 3.9 Levensduur

### Minimale ontwerpuitgangspunten

Geen specifieke zaken.

## 3.10 Uiterlijk en toleranties

### Minimale ontwerpuitgangspunten

Met het oog op het behalen van een esthetisch minimum niveau gelden de volgende uitgangspunten (zie verder ook Hoofdstuk 3.2 Statica) voor stalen beplating:

- toe te passen minimale nominale materiaaldiktes:
  - binnendozen: doosbreedte 500 mm (bijv. B90/500): 0,7 mm  
doosbreedte > 500 mm (bijv. B100/600): 0,75 mm  
geperforeerde dozen: 0,75 mm;
  - gezette tussenprofielen: 1,0 mm bij staal en 1,6 mm bij aluminium  
(om terugdraaien van schroeven te voorkomen kan een grotere dikte noodzakelijk zijn. Zie Hoofdstuk 2.2)
  - traditionele wandplaten (bijv. 35/1 035): 0,70 mm;
  - wandplaten met kleine flensen en golfplaat (bijv. 19/1050 en 18/988) 0,63 mm;
  - plankprofielen: 0,88 mm  
(tevens dient de dikte afgestemd te worden op de profielbreedte);

Bovenstaande diktes dienen als een minimum te worden beschouwd:

- bij het horizontaal monteren van de buitenbeplating een maximale lengte aanhouden van 6 m (i.v.m. temperatuursvervormingen en monteerbaarheid). Afhankelijk van profieltype, materiaal, coatingkleur, type achterconstructie, gevelorientatie en wijze van bevestiging kan een kleinere lengte noodzakelijk zijn;
- bevestigingsmiddelen zoveel mogelijk (echter zonder afbreuk te doen aan het constructieve gedrag) in een vast patroon en in doorgaande lijnen aanbrengen;
- storend zichtbare temperatuursvervormingen zoveel mogelijk voorkomen. Met name (te) dunne materialen zijn hier bijzonder gevoelig voor. Om ongewenste (is minder fraai) vervormingen te voorkomen zijn er in principe twee wegen, die uitersten van elkaar zijn: of de beplating wordt zó star bevestigd dat vervormingen niet kunnen optreden (hierbij kunnen de spanningen hoog oplopen) of de beplating wordt zo bevestigd dat temperatuursvervormingen nagenoeg spanningsloos kunnen optreden (hierbij dient gelet te worden op het esthetische effect van deze vervormingen en op het voorkomen van beschadigingen als gevolg van klemmen en/of over elkaar heen schuiven van materialen). Welke weg wordt gekozen is o.a. afhankelijk van beplatingmateriaal, lengte van de plaat, kleur van de coating, stijfheid van de achterconstructie en type eindaansluiting tussen de platen onderling. Als men kiest voor een nagenoeg spanningsloze vervorming dan dient de buitenbeplating op regelmatige afstand te worden gedilateerd. De exacte afstand hangt af van de hierboven genoemde ontwerpkeuzes. Zie ook Hoofdstuk 2.10;
- het horizontaal monteren van plankprofielen wordt afgeraden. Zichtbare materiaalspanningen zijn dan niet te vermijden. Bij de verticale montage van deze elementen is het risico hierop veel kleiner indien de breedte van het voorvlak niet meer bedraagt dan 150x de materiaaldikte bij gerolvormde planken resp niet meer dan 250x deze dikte bij gezette planken.



De wijze en kwaliteit van detailleren heeft een grote, zo niet een doorslaggevende invloed, op de esthetische kwaliteit. In dit kader zijn in Bijlage A aanbevelingen opgenomen m.b.t. het detailleren van de aansluitingen. Ook in Hoofdstuk 2.10 zijn in dit kader aanbevelingen gegeven.

Verder spelen de maattoleranties en de vlakheid van de toegepaste materialen een rol. Zie lit. 83. Bij een horizontale toepassing van de buitenbeplating kunnen de gegeven toleranties erg groot blijken te zijn. Hiermee dient bij de keuze van aansluitingen en detailleringen rekening te worden gehouden. De leverancier dient hiervoor te worden geraadpleegd voordat wordt besteld en bij voorkeur zelfs in de ontwerpfase. De kwaliteit van de achterconstructie heeft ook een belangrijke invloed op de esthetische kwaliteit van de gevel. Bij de montage op een staal- of aluminiumconstructie zijn de NEN-EN1090-2 en NEN-EN 1090-3 van toepassing. Bij de montage van een verticale buitenbeplating gelden de toleranties conform Klasse 1 en bij de montage van horizontale buitenbeplating en bij de montage van plankprofielen (ongeacht hun montagerichting) gelden de toleranties volgens Klasse 2.

Bij de montage op een niet-metalen achterconstructie (zoals metselwerk, beton, hout) zijn de toleranties over het algemeen te groot om hier direct op een metalen gevelafwerking te kunnen monteren. Derhalve dient eerst een instelbare metalen overgangsconstructie tussen beide te worden toegepast (tenzij de achterliggende niet-metalen achterconstructie voldoet aan de bovengenoemde toleranties conform NEN-EN 1090-2). Deze instelbare overgangsconstructie dient te voldoen aan de bovengenoemde toleranties conform NEN-EN-1090-2.

Bij plankprofielen geldt daarnaast nog de eis dat het niet is toegestaan dat een kolom, waar het plankprofiel voorlangs doorloopt, naar binnen toe staat t.o.v. de verbindingsslijn tussen de aan beide zijden aangrenzende kolommen (horizontale montage) resp. dat een regel, waar het plankprofiel voorlangs doorloopt, naar binnen toe ligt t.o.v. de verbindingsslijn tussen de aan beide zijden aangrenzende regels/opleggingen (verticale montage). Voor een nadere toelichting zie de overeenkomende situatie bij sandwichpanelen (Hoofdstuk 4.2).

Voor de verantwoordelijkheid m.b.t. de afstemming tussen achterconstructie en de (visuele kwaliteit van de) gevelconstructie zie Hoofdstuk 2.10.

Tenslotte is het werk van de monteur van grote invloed op de esthetische kwaliteit van het eindresultaat. Dit is een kwestie van goed vakmanschap en als zodanig niet in een richtlijn af te dekken.

### 4.1 Inleiding

#### Omschrijving systeem

Sandwichpanelen zijn ontworpen voor de toepassing in gevel- en dakconstructies (panelen toegepast in plafondconstructies vallen niet onder deze richtlijn). Dakpanelen worden gekenmerkt door een sterk geprofileerde buitenplaat. Deze zijn in principe wel toe te passen in gevels; gevelpanelen echter niet in daken tenzij er voor deze toepassing specifiek een fabrieksgarantie wordt verstrekt.

Sandwichpanelen bestaan uit een binnenplaat, een kern van isolatiemateriaal en een buitenplaat (panelen met een niet-isolerende kern van bijvoorbeeld honingraat of harde kunststof vallen dus niet onder de richtlijn). Essentieel bij sandwichpanelen is dat platen en kern constructief gezien één geheel vormen. De hechting tussen de genoemde materialen dient derhalve nagenoeg volledig te zijn en mag nimmer, ook niet plaatselijk, worden verbroken, tenzij hiervoor in de plaats aanvullende constructieve voorzieningen zijn getroffen.

Platdakpanelen vallen niet onder de richtlijn. Echter het toepassen van dergelijke panelen wordt afgeraden als de metalen binnenplaat van deze elementen niet is voorzien van een constructieve profilering of een ander aanvullend verstijvend constructief element.

Deze richtlijn beperkt zich tot zelfdragende paneelsystemen. Panelen op te nemen in een kader, dat tevens dienst doet als draagstructuur, vallen niet onder de richtlijn. Sandwichpanelen maken geen onderdeel uit van de draagconstructie, tenzij hier specifiek op ontworpen en mee gerekend is (deze toepassing en ook panelen, die (mede) ontworpen zijn een dragende functie te vervullen, vallen niet onder de richtlijn).

Sandwichpaneel-constructies vinden op uitgebreide schaal toepassing in koel- en vrieshuizen. Deze toepassing vraagt om specifieke oplossingen en valt niet binnen de reikwijdte van deze richtlijn.

De buitenplaat van sandwichpanelen kan van sendzimirverzinkt staal (of staal voorzien van een legeringslaag van aluminiumzink of zinkaluminium) of aluminium zijn. Andere materiaaltypes zoals zink, RVS of koper vallen niet onder deze richtlijn. Uiteenlopende vormgevingen zijn mogelijk, zoals constructieve profilering, optische profilering, gegroefd, stucco, microliniëring, gegolfd of vlak.

Er zijn elementen op de markt die bestaan uit een stalen of aluminium buitenplaat verbonden met een isolatieplaat, die aan de binnenzijde al of niet is afgewerkt met een folie. Met nadruk wordt er hierbij op gewezen dat dit geen sandwichpanelen zijn.

Horizontaal gemonteerde panelen overspannen de afstand spant/spant (of stijl/stijl) en dragen de belastingen op de gevelconstructie over op de betreffende kolommen (stijlen). Verticaal gemonteerde panelen overspannen de afstand regel/regel en dragen de belastingen op de gevelconstructie over op de betreffende regels. Dakpanelen overspannen de afstand gording/gording en dragen de belastingen op de dakconstructie over op de betreffende gordingen.

De binnenplaat van sandwichpanelen kan van sendzimirverzinkt staal (ook staal voorzien van een legeringslaag van aluminiumzink of zinkaluminium) of aluminium zijn. Uiteenlopende vormgevingen zijn mogelijk, zoals optische profilering, gegroefd of vlak.

Kernmaterialen zijn PUR, EPS, PIR en MWR. Ook zijn er panelen met een hybride kern.

In principe bestaan er twee methoden om sandwichpanelen aan de achterconstructie (primaire bevestiging) te bevestigen: zichtbaar of onzichtbaar (blind). Bij een blinde bevestiging zijn de bevestigingsmiddelen over het algemeen opgenomen in de voeg. Dit kan zijn in de vorm van 'standaard' schroeven maar ook in de vorm van een systeemspecifieke klemconstructie. Secundaire bevestiging (overlapbevestigingen) zijn noodzakelijk bij de toepassing van sandwichpanelen op (flauwhellende) daken.

Zelfdragende sandwichpanelen zijn (gewoonlijk) aan de twee langsijden voorzien van een geprefabriceerde voegconstructie. Ook zijn er panelen op de markt met aan alle vier zijden een dergelijke voeg (dikwijls aangeduid met 'bi-modulair'). Naar voeg kan er nog onderscheid worden gemaakt tussen panelen met een enkele (midden) dichting en panelen met een dubbele (binnen en buiten) dichting (ook wel aangeduid als 'koelhuis'-panelen). In de voegconstructie kunnen (aanvullende) afdichtingsmaterialen zijn opgenomen, die fabrieksmatig worden aangebracht en/of in het werk. Aanvullende afdichtingen (in overlappen) kunnen ook noodzakelijk zijn bij de toepassing van sandwichpanelen in (flauwhellende) daken.

Naast een afdichtende functie dienen de voegen dikwijls ook als inklemming voor het aangrenzende paneel. Dit betekent dat deze panelen een vaste montagerichting hebben en niet of slechts met moeite individueel uitwisselbaar zijn.

Afhankelijk van het type paneel en systeem en afhankelijk van type en vorm gebouw kunnen aansluitingen en detailleringen worden uitgevoerd met geprefabriceerde elementen of met zetwerk. Bij de toepassing van zetwerk sluit de wijze van detaillering aan op die bij opbouwconstructies.

## **Toepassingsgebied systeem**

Sandwichpaneel-constructies kennen een enorm breed toepassingsgebied: van hal tot museum, van laag gebouw tot hoog kantoorgebouw en van opslagloods tot 'high-tech' productiefaciliteit. Sandwichelementen kunnen daarbij een groot aantal functies tegelijk vervullen: regen- en winddichting, warmte- en geluidsisolatie, brand'muur' etc.

Sandwichpaneel-constructies lenen zich bijzonder goed voor de volgende toepassingen en situaties:

- opslaghallen van uiteenlopende goederen, in alle vormen en maten, die een bepaalde minimum binnentemperatuur behoeven;
- productiefaciliteiten voor uiteenlopende productieprocessen met uiteenlopende binnencondities;
- winkels, garages, (auto)showrooms, sportaccommodaties etc. etc.;

- kantoorgebouwen, scholen, woningen etc.
- gebouwen, waarbij hoge isolatiewaarden worden verlangd ( $R_c > 4,5 \text{ m}^2\text{K/W}$ );
- gebouwen met extreme binnencondities (koelhuizen, zwembaden etc.) (vallen niet onder deze richtlijn).

Een belangrijk gegeven van sandwichpanelen is de hoge mate van prefabricage. Dit betekent een hoge mate aan procescontrole, korte bouwtijd en weinig hinder van weersinvloeden. Aan de andere kant kan dit ook enige beperking inhouden m.b.t. het doorvoeren van late wijzigingen.

### Carriersystemen

Zogenaamde carriersystemen vormen een relatief nieuwe ontwikkeling in Nederland. Hierbij wordt het binnenblad van de gevelconstructie gevormd door sandwichpanelen met metalen huiden waaraan vervolgens aan de buitenzijde de verdere gevelafwerking, in welke vorm dan ook, wordt bevestigd. Hiermee vormen carriersystemen een aantrekkelijk alternatief voor gevelafwerkingen aangebracht op bijvoorbeeld HSB-elementen. De aantrekkelijkheid t.o.v. HSB bestaat uit het feit dat de gehele gevelconstructie in één hand zit en er geen sprake is van de in zijn algemeenheid met risico's verbonden combinatie van hout en (bijvoorbeeld) metaal ter plaatse van de vochtige doorsnede van de constructie.

Er zijn verschillende carriersystemen op de markt op basis van uiteenlopende constructieve principes, waarbij wel of niet door-en-door aan de panelen wordt bevestigd en waarbij de bevestigingsprofielen aan de buitenzijde van de panelen wel of niet bijdragen aan de overspanningscapaciteit van de gevelconstructie.

In de Kwaliteitsrichtlijn wordt aan deze systemen en hun leveranciers een aantal voorwaarden gesteld:

- Panelen inclusief bevestigingsprofielen en bevestigingsmiddelen, dienen afgestemd te zijn op het hierop aanbrengen van een gevelafwerking
- De leverancier moet in staat zijn en bereid zijn om haar systeem te leveren inclusief projectgebonden toepassingsadviezen en constructieve berekeningen. Hierbij dient zowel de constructieve kwaliteit van het systeem in zijn geheel als van de onderdelen, waaruit het systeem is opgebouwd, te zijn getoetst. Bij deze berekeningen dient rekening te zijn gehouden met het verouderings- en vermoeiingsgedrag van de toe te passen materialen en producten (ook van de panelen zelf conform de NEN-EN 14509). Aan de in dit kader in rekening te brengen factoren dient aantoonbaar gedegen onderzoek ten grondslag te liggen;
- Het is van belang dat de leverancier en de verwerker nastreven om tot een duidelijke overeenkomst te komen met betrekking tot een langjarige systeemgarantie (advies minimaal 10 jaar) en dat hier duidelijke voorwaarden aan ten grondslag liggen.
- De leverancier controleert de werktekeningen van de verwerker en keurt (zonodig na één of meer commentaarronden) deze goed.
- De toe te passen bevestigingsprofielen en bevestigingsmiddelen voldoen aan de referentie-periode-eis van 50 jaar volgens de Eurocode (15 jaar bij toepassing bij industriële gebouwen). De buitenhuid dient voorzien te zijn van een exterieurcoating met een dikte van minimaal 25  $\mu\text{m}$ .

Als alternatief voor deze voorwaarden kan worden volstaan met een schriftelijke eindgoedkeuring door de leverancier van het carriersysteem van de gerealiseerde gevelconstructie inclusief het hierop aangebrachte bevestigingssysteem.

Bij de meeste systemen is er sprake van een bevestiging van de genoemde profielen en daarmee van de verdere gevelafwerking aan de buitenplaten van de sandwichpanelen. Deze wijze van bevestiging is toegestaan met inbegrip van de volgende voorwaarden:

- Het maximale gewicht van de gevelafwerking bedraagt 45 kg/m<sup>2</sup>;
- Door het beperken van de h.o.h.,-afstanden tussen de bevestigingsprofielen en een goede verdeling van de bevestigingsmiddelen wordt zorggedragen voor een zo gelijkmatig mogelijke overdracht van belastingen van gevelafwerking op de panelen;
- De paneelbevestigingen aan de draagconstructie dienen gedurende een beperkte tijd in staat te zijn het (deels) loskomen van het systeem te voorkomen bij het eventueel onthechten van de buitenplaat van een paneel (hierbij hoeft er niet van te worden uitgegaan dat deze onthechting tegelijkertijd bij twee aansluitende panelen optreedt);
- Stijfheid van panelen en bevestigingsprofielen zijn op elkaar afgestemd. Indien er als gevolg van belasting en/of thermische vervorming sprake kan zijn van een afschuifbelasting op de bevestigingen in de buitenplaat van de panelen dan dienen de bevestigingen, panelen en profielen hierop te zijn gedimensioneerd (lengte beperken) of in de profielen slobgaten (bij het toepassen van slobgaten wordt mogelijk het gewicht van de gevelafwerking geconcentreerder op de panelen overgedragen) te zijn aangebracht om deze afschuifbelasting uit te sluiten;
- Thermische vervormingen in de panelen mogen geen ontoelaatbare krachten en/of vervormingen over kunnen dragen op de bevestigingsprofielen en/of de gevelafwerking;
- Bij de berekening van het systeem dient rekening te worden gehouden met de toelaatbare doorbuiging van de aan te brengen gevelafwerking. Deze informatie verstrekt de verwerker vooraf aan de systeemleverancier;
- De leverancier geeft aan welke bevestigingsmiddelen, inclusief hun sterkte als functie van de toepassing, er dienen te worden toegepast t.b.v. de bevestiging in de buitenplaten van de panelen. De opgegeven waarde voor de sterkte van deze bevestiging dient proefondervindelijk te zijn bepaald conform de geldende normen met inbegrip van veroudering en vermoeiing van deze bevestiging zowel wat betreft de bevestiging in de buitenplaat zelf als wat betreft de hechtlaag tussen buitenplaat en isolatiekern als ook wat betreft de isolatiekern.

## **Randvoorwaarden systeem**

Sandwichpaneel-constructies zijn met name ontworpen voor toepassing tegen een stalen achterconstructie. Montage tegen een betonnen, houten of ander type achterconstructie is in principe ook mogelijk maar in dat geval dient men, met het oog op de dikwijls grote toleranties bij deze typen achterconstructies, deze eerst uit te vullen alvorens men kan starten met de montage. Wat hierbij als voldoende vlak kan worden beschouwd, kan worden ontleend aan onderstaande eisen voor stalen onder/achterconstructies.

Op een achterconstructie die scheef staat of andere afwijkingen vertoont is, indien deze bepaalde grenzen overschrijdt, geen vlakke gevel/dak te realiseren. Omdat panelen vormvaste elementen zijn, die niet in- of uitgewerkt kunnen worden, tonen afwijkingen zich bij sandwichpanelen eerder en duidelijker dan bij andere constructietypen. De toleranties van stalen achterconstructies dienen daarom te voldoen aan de NEN-EN 1090-2 en NEN 1090-3. Hierbij geldt voor de functionele toleranties Klasse 2. Zie verder Hoofdstuk 4.10. Daarnaast geldt de eis dat het niet is toegestaan dat een kolom, waar het paneel voorlangs doorloopt, naar binnen toe staat t.o.v. de verbindingsslijn tussen de aan beide zijden aangrenzende kolommen (horizontale montage) resp. dat een regel, waar het paneel voorlangs doorloopt, naar binnen toe ligt t.o.v. de verbindingsslijn tussen de aan beide zijden aangrenzende regels/opleggingen (verticale montage). Deze eisen komen voort uit de noodzaak de opgelegde vervorming, in de vorm van een holstand van het paneel naar binnen toe, te vermijden. Een dergelijke holstand leidt t.p.v. tussensteunpunten tot drukspanningen in de buitenplaat die tezamen met andere drukspanningen (zoals door wind of temperatuurbelasting) de toelaatbare waarde kunnen overschrijden. Zie ook Hoofdstuk 4.2.

Sandwichelementen, zeker indien er sprake is van een blinde bevestigingsmethode, dragen de optredende belastingen meer geconcentreerd af op de achterconstructie dan opbouwconstructies. Bij de dimensionering van deze achterconstructie dient hiermee rekening te worden gehouden. Dit betekent ook voldoende contactoppervlak om deze belastingen te spreiden en voldoende bevestigingsoppervlak, omdat er dikwijls meer dan één bevestigingsmiddel per contactoppervlak dan wel een belastingspreidende klemconstructie aangebracht zal moeten worden. Bevestigingsmiddelen moeten op voldoende afstand van elkaar (bij meerdere bevestigingen per regel/kolom) en vanaf constructieranden geplaatst kunnen worden.

De stijfheid van de achter/onderconstructie dient te zijn afgestemd op de grote stijfheid van sandwichpanelen in hun dwarsrichting. Dit om te voorkomen dat deze constructie spanningen en/of vervormingen oplegt aan de panelen. Met name bij de toepassing van houten constructies is dit een belangrijk aandachtspunt ook i.v.m. het kruipgedrag van dit materiaal.

Het bevestigen van uithangborden, lampen, vlaggenmasten e.d. aan een paneelconstructie is niet toegestaan, tenzij hiertoe in het paneel aanvullende voorzieningen zijn opgenomen. Zonder deze voorzieningen dienen zij door de gevel heen aan de draagconstructie te worden bevestigd. In dat geval is diegene die dit uitvoert, ervoor verantwoordelijk dat de gevelconstructie op de betreffende plaatsen blijft voldoen aan het Bouwbesluit, aan de vigerende regelgeving, aan deze Kwaliteitsrichtlijn en aan contractuele afspraken. Het ophangen van een sprinklerinstallatie aan dakpanelen is niet toelaatbaar tenzij hiertoe belastingspreidende voorzieningen zijn getroffen.

## 4.2 Statica

### **Belastingen en vervormingen**

Belastingen dienen ontleend te worden aan Eurocode 1. De berekeningen/ beproevingen dienen te worden uitgevoerd volgens de NEN-EN 14509.

Hierbij dient de toelaatbare vervorming van de panelen, toegepast in gevels gesteld te worden op  $L/150$  bij industriële gebouwen, en op  $L/200$  bij alle overige gebouwen. Voor daken geldt een maximale doorbuigingseis van  $L/250$ . Hierbij is  $L$  de overspanning bij de bepaling van de toelaatbare doorbuiging van het paneel zelf tussen twee oplegpunten, die daarbij geen verplaatsing ondergaan, en is  $L$  de paneellengte bij de bepaling van de maximaal toelaatbare verplaatsing, t.o.v. de onbelaste situatie, haaks op het gevelvlak van zijn tussenopleggingen.

Het eigengewicht van gevelpanelen hoeft niet bij de toetsing van de toegepaste bevestigingsmiddelen in rekening te worden gebracht onder de voorwaarde dat dit eigengewicht geen moment op deze bevestigingen uitoefent. Dit betekent dat de panelen met een aanvullende voorziening tegen uitzakken ondersteund moeten worden en deze dus niet mogen gaan 'hangen' aan de bevestigingsmiddelen.

Temperatuurbelastingen kunnen maatgevend zijn bij gevelpanelen, in een meerveldstoepassing, met een vlakke buitenplaat of licht geprofileerde buitenplaat. Dit geldt met name bij coatingkleuren die in klasse III vallen en soms ook bij kleuren die in klasse II vallen. Bijlage A, Hoofdstuk A.2 geeft informatie over welke kleur in welke klasse valt. Doordat de buitenplaat van een paneel bloot staat aan zonnestraling en opwarming, en de binnenplaat niet, wil alleen de buitenplaat in deze situatie uitzetten. Dit kan leiden tot een bolstand van het paneel. Bij meerveldstoepassing is het paneel t.p.v. de tussenoplegging(en) gefixeerd. Het paneel wordt hierdoor in zijn gewenste bolstand belemmerd. Dit leidt tot spanningen in paneel, bevestigingsconstructie en achterconstructie. Bij donker gekleurde

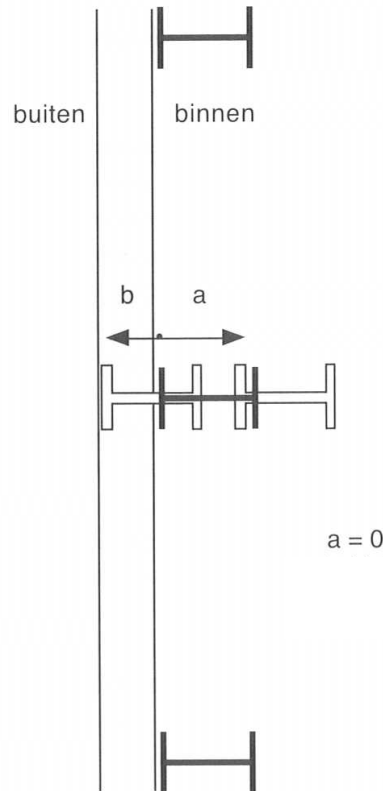
panelen, bij vlakke panelen en/of bij panelen met aluminium platen treden de grootste vervormingen en/of spanningen op.)

Op beloopbaarheid van dakpanelen, als bedoeld in artikel 6.2.3 van de RS 1990 (voorkomen van deukjes), wordt uitsluitend gedimensioneerd als dit expliciet in het bestek en/of ander contractstuk is overeengekomen.

Bij de beoordeling van het constructieve gedrag van een sandwichpaneel is er een aantal zaken relevant:

- bezwijksterkte van het element wordt in eerste instantie bepaald door de dikte van het element, de sterkte van de platen, de eigenschappen van de kern en van de hechting tussen kern en platen. De sterkte van de platen en eigenschappen volgen uit de normen en testmethoden zoals genoemd in het Hoofdstuk 2.2 van deze richtlijn.
- panelen, zeker die met een blind bevestigingssysteem, kunnen hun belastingen veel geconcentreerder op de achterconstructie overdragen dan 'opbouwconstructies'. Bij de dimensionering van panelen, bevestigingsconstructie en achterconstructie dient men hiermee rekening te houden. De geconcentreerde temperatuurbelasting t.p.v. het/de tussensteunpunt(en) dient zoveel mogelijk gespreid te worden (bijv. middels een passende inkleemconstructie of meerdere bevestigingspunten naast/boven elkaar) om bezwijken van de verbinding en/of afschuiving in het isolatiemateriaal en/of knikken van de buitenplaat te voorkomen;
- voorkomen dient te worden dat het paneel vanuit de montage een opgelegde vervorming mee krijgt die tot spanningen in plaat, isolatie en/of bevestigingsmiddel leidt. Met name als deze spanningen de spanningen als gevolg andere belastingen versterken, is de kans op schade hierdoor groot;
- bij panelen met openingen dient rekening te worden gehouden met de Aanvulling RS 1990 artikelen 15.2 en 15.3. Ook kan gebruik worden gemaakt van de relevante documenten opgesteld door de EPAQ. Bij een opening, maar ook bij een uitsparing in een paneel, dienen de spanningen en vervormingen in het paneel en haar samenstellende delen dwars op de overspanningsrichting te worden beoordeeld en, indien relevant, in deze richting van paneel op paneel via de voegconstructie;
- het bevestigingsmiddel/systeem dient zowel de buitenplaat als binnenplaat van het paneel te fixeren (om te voorkomen dat als gevolg van een calamiteit, met als gevolg een eventuele onthechting tussen plaat en isolatie, de plaat naar beneden kan vallen). Er zijn echter ook panelen op de markt waarbij het bevestigingsmiddel/systeem, waarmee de panelen worden vastgezet, uitsluitend de binnenplaat fixeert (buitenplaat 'hangt' dan dus middels verkleving aan de isolatiekern). Dit laatste type dient niet te worden toegepast, tenzij het paneel volgens opgave van de leverancier hiervoor specifiek is ontwikkeld.
- achterconstructies mogen niet dusdanige toleranties hebben of dusdanig kunnen vervormen dat de panelen hierdoor bloot staan aan opgelegde vervormingen (tenzij hierdoor aantoonbaar geen schade aan deze elementen kan ontstaan). Dit betekent dat (i.v.m. het risico op onthechting tussen isolatie en op druk belaste buitenhuid) tussensteunpunten niet naar binnen mogen liggen t.o.v. de verbindingslijn tussen de aan beide zijden aangrenzende tussen/eindsteunpunten (zie figuur op de volgende pagina). Dit geldt zowel voor gevel- als dakconstructies en bij gevels zowel bij horizontale als verticale montage;
- Blazen in binnen- en buitenhuiden komen in aanmerking voor reparatie (zie ook Hoofdstuk 4.10 van deze richtlijn). Voorwaarde is dat het resultaat hiervan visueel voldoet conform het visuele beoordelingscriterium (reparaties dienen gezien vanaf het maaiveld beoordeeld met het ongewapende oog en bij diffuus daglicht onder een hoek van 45° op een afstand van 5 m vanaf het betreffende oppervlak, bij toepassing aan de buitenzijde, en op een afstand van 3 m, bij toepassing aan de binnenzijde, niet storend zichtbaar zijn), dat de functionele geschiktheid van het paneel gehandhaafd blijft c.q. hersteld wordt en dat de blaasvorming ter plaatse niet opnieuw optreedt.

Deze herstelwerkzaamheden worden onder de verantwoordelijkheid van de panelenleverancier uitgevoerd. De door de leverancier op de panelen verstrekte garantie dient hierna onverkort van toepassing te blijven, dus ook op gerepareerde panelen.



*Aanvullende tolerantie achterconstructie bij sandwichpanelen  
( $a = 0$ ;  $b = \text{conform NEN-EN 1090-2, Klasse 2}$ )*

### **Minimale ontwerpuitgangspunten**

Met het oog op het behalen van een statisch verantwoorde constructie gelden op basis van bovenstaande aandachtspunten de volgende uitgangspunten (binnen de van toepassing zijnde normen):

- rekening houden met temperatuursvervormingen aansluitingen e.d.;
- type en afmetingen van toe te passen bevestigingsmiddelen en onderleggingen en hun bevestigingspatroon zodanig kiezen dat de optredende belastingen op de sandwichpanelen zonder schade (dus ook zonder blijvende vervormingen) aan deze panelen, bevestigingsmiddelen en/of achterconstructie op deze achterconstructie kunnen worden overgedragen. Hierbij kan het noodzakelijk zijn de panelen t.p.v. hoeken e.d. aanvullend te bevestigen;
- bij blinde bevestiging vindt bevestiging in principe t.p.v. de geprefabriceerde voegconstructie plaats. Aan de Eurocode 1 kan het type en de aantal bevestigingen worden ontleend. Echter om tot enige belastingsspreiding te komen mogen er t.p.v. tussensteunpunten nooit minder dan twee bevestigingen op voldoende onderlinge afstand per voeg worden aangebracht, tenzij er gebruik wordt gemaakt van een belastingsspreidende klemconstructie.  
Aan de Eurocode 1 kan het type en het aantal bevestigingen worden ontleend.
- toe te passen schroeven ter bevestiging van de panelen aan de achterconstructie voorzien van een



'steunschroefdraad' direct onder de kop van de schroef;

- ook bij blind bevestigde panelen is de verwerker verantwoordelijk voor het juiste aantal bevestigingsmiddelen per m<sup>2</sup> conform de geldende normen;
- panelen tegen uitzakken ondersteunen;
- paneelranden in de langsrichting van het paneel, t.p.v. gebouwhoeken (verticale montage) of aansluiting op de vloer of dakrand (horizontale montage), h.o.h. maximaal 1500 mm fixeren;
- bij kleine paneeloverspanningen (< 3,0 m) en bij de toepassing van een groot aantal overspanningen per paneel (> 3), kunnen als gevolg van temperatuursvervormingen de krachten op de bevestigingspunten hoog oplopen. Hiermee dient bij de dimensionering van de panelen, hun bevestiging en van de achterconstructie rekening te worden gehouden;
- bij het aanbrengen van sparingen e.d. in panelen rekening houden met de hierdoor optredende verzwakking van de panelen en met de spanningen en vervormingen dwars op de overspanningsrichting.

## 4.3 Waterdichtheid

### Belasting

De waterdichtheid van een sandwichpaneel-constructie wordt verzorgd door de vorm van de voegconstructie, eventueel aangevuld met een aanvullende afdichting aan te brengen tussen de buitenplaten van de panelen.

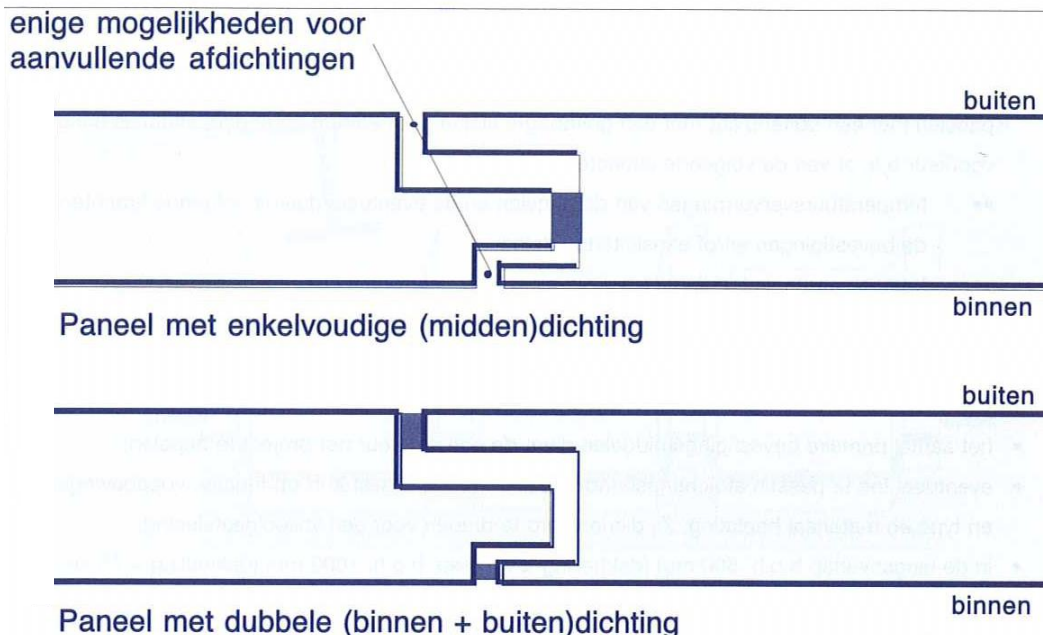
Bij de toepassing van gevelpanelen is een kleine hoeveelheid lekwater in de voeg wel toegestaan als dit maar te allen tijde naar buiten toe kan worden afgevoerd en dit water dus niet een negatieve invloed heeft op het functioneren van de constructie en/of op de levensduur en dus ook niet aan de binnenzijde van de opbouw kan uittreden. In het kader van deze laatste eis is het essentieel dat lekwater niet bij de verder naar binnen gelegen luchtdichting in deze voegconstructie kan komen en ook niet bij dichtingen tegen aansluitende delen, gelegen aan de binnenzijde van het paneel.

Bij de toepassing van dakpanelen is lekwater in de voeg niet toegestaan. In deze situatie zou immers de zwaartekracht dit water naar de verder naar binnen gelegen luchtdichting kunnen leiden. Daarom wordt ook afgeraden gevelpanelen toe te passen in schuine gevelvlakken, althans als deze 'achterover' hellen.

Sandwichpaneel-constructies met een middendichting, zonder verdere voorzieningen, zijn m.b.t. de directe regenbelasting, indien goed ontworpen, geproduceerd en uitgevoerd, waterdichtheid conform NEN 2778 uitgezonderd extreme omstandigheden (direct aan zee, op grote hoogte). Met aanvullende dichting(en) en ook panelen met een binnen- en buitendichting (ook wel aangeduid als koelhuispanelen) kan men een (veel) hoger prestatieniveau halen.

De NEN-EN 14509 geeft (conform de NEN-EN 12865) een methode aan om de waterdichtheid van sandwichpanelen in hun toepassing (dus inclusief horizontale en verticale paneelvoegen) te testen, beoordelen en kwalificeren. Hierbij wordt echter een definitie voor 'waterdichtheid' gehanteerd die niet conform het Bouwbesluit is. Volgens het Bouwbesluit is het binnendringen van enig water bij de betreffende toetsingsdruk, ook als dit beperkt blijft tot enkele druppeltjes, niet toegestaan. De betreffende norm kent de volgende kwalificaties:

- Klasse A: belastende toepassing met blootstelling aan zware regenval en sterke wind. De panelen dienen waterdicht te zijn tot een druk van 1.200 Pa;
- Klasse B: normale toepassing. De panelen dienen waterdicht te zijn tot een druk van 600 Pa;
- Klasse C: licht belaste toepassing. De panelen dienen waterdicht te zijn tot een druk van 300 Pa



*Ook andere voegvormen kunnen minimaal dezelfde dichtingskwaliteiten bieden*

### Minimale ontwerpuitgangspunten

Met het oog op het behalen van een waterdichte gevelconstructie gelden de volgende uitgangspunten:

- bij snijpunten van de geprefabriceerde voegconstructie met in het werk te maken aansluitingen eventuele 'openingen' (t.p.v. verjonging van het paneel) aanvullend afdichten. (denk hierbij bijv. aan de aansluiting bij horizontaal gemonteerde panelen van de horizontale voeg op de in het werk gemaakte verticale stuikvoeg);
- eventueel in de voeg afstromend lekwater boven de aansluiting op ramen, borstweringen e.d. zover van deze aansluitingen afleiden (middels een lekdorpel) dat de betreffende aansluiting hier niet door wordt belast.

Om een waterdichte dakconstructie te verkrijgen gelden onderstaande uitgangspunten:

- er wordt geadviseerd panelen tegen de heersende windrichting in te monteren (dit kan betekenen dat op het ene dakvlak rechtswerkende panelen gemonteerd moeten worden en op het tegenover gelegen dakvlak linkswerkende panelen). In windgebied I volgens Eurode 1, bij goothoogten > 15 m en/of bij de toepassing van lichtdoorlatende elementen is deze montagewijze verplicht;
- de buitenplaat dient aan de onderzijde van het (onderste) paneel minimaal 50 mm verder door te lopen dan de isolatiekern;
- de bevestiging van het sandwichpaneel aan de onderconstructie kan in zowel in het dal als op de top worden aangebracht. In het eerste geval dient men onderleggingen  $\geq \phi 19$  mm toe te passen en in het tweede geval ringen  $\geq \phi 14$  mm. Bevestiging op de top heeft de voorkeur bij de montage van panelen met een buitenplaat met een golfhogte kleiner dan 25 mm. In andere situaties hangt de voorkeur af van de volgende aspecten:
  - temperatuursvervormingen van de panelen en de eventueel daaruit volgende krachten op
  - de bevestigingen en/of aansluitende delen;
  - kosten van de verbinding;
  - risico van beschadiging, vervuiling en/of aantasting van toegepaste materialen.
- indien de opdrachtgever een specifieke wijze van bevestiging voorstaat, dient dit expliciet in het bestek of de betreffende tekeningen vermeld te staan;

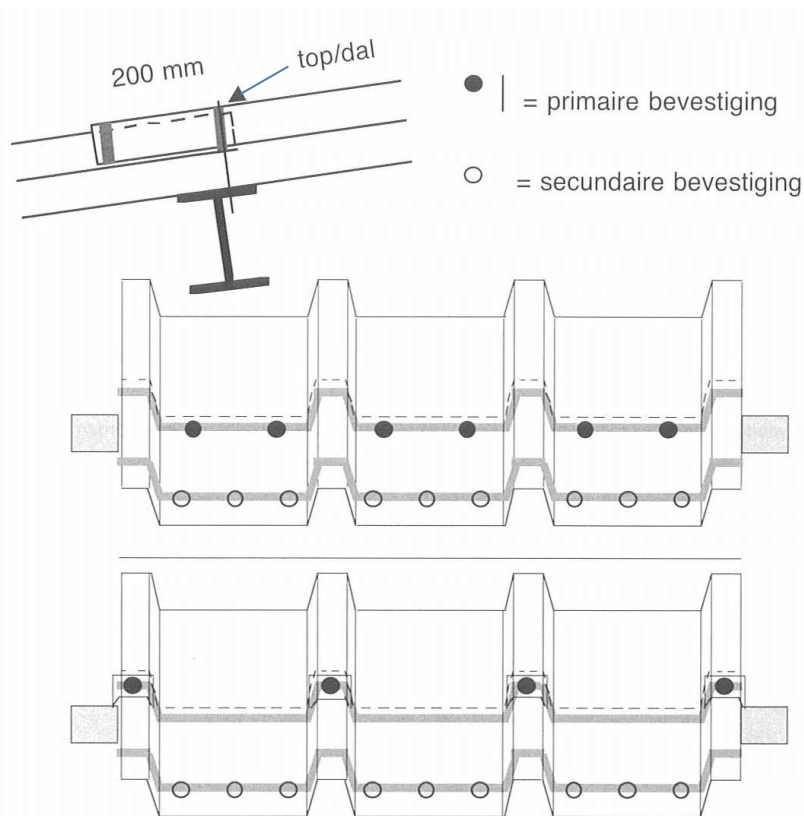
- het aantal primaire bevestigingsmiddelen dient de constructeur per project te bepalen;
- eventueel toe te passen afdichtingsbanden dienen te zijn afgestemd op functie, voegbewegingen en type en materiaal beplating. Zij dienen zorg te dragen voor een volledige afsluiting;
- in de langsoverlap h.o.h. 500 mm (dakhelling < 7°) resp. h.o.h. 1000 mm (dakhelling ≥7°) secundaire bevestigingsmiddelen aanbrengen;
- voor de uitvoering van de overlappen gelden de richtlijnen als functie van de dakhelling (is de dakhelling in theorie dus vóór aftrek van eventuele toleranties in de onderconstructie, van het effect van het iets doorhangen van de panelen etc.) als gegeven op de volgende pagina (er zijn situaties mogelijk, bijv. zeer lange dakvlakken, dakvlakken waarop hoger gelegen gevel/dakdelen afwateren en direct aan zee, dat er zwaardere voorwaarden moeten worden gesteld). Sommige speciale paneeltypen zijn onder voorwaarden en in overleg met de betreffende leverancier ook toepasbaar bij kleinere dakhellingen:

Wijze van uitvoeren eindoverlap (200 mm)*	Wijze van uitvoeren langsoverlap *	Dakhelling
Niet toepasbaar **	Niet toepasbaar ***	< 5°
Zonder eindoverlap ( in één lengte van nok naar goot)	Met afdichtingsband	5 – 7°
Met dubbele afdichtingsband ***	Met afdichtingsband	> 7°

\* Binnenland, tot 35 m bouwhoogte, buiten de kustzone conform NEN-EN 1991-1-4.

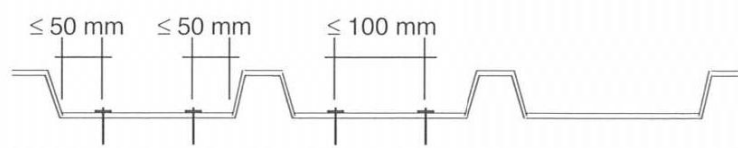
\*\* Er zijn panelen, die speciaal zijn ontwikkeld voor zeer flauwhellende daken. Deze zijn onder voorwaarden wel toepasbaar bij kleinere dakhellingen

\*\*\* Banden aan onder- en bovenuiteinde van de eindoverlap plaatsen (zie tekening volgende pagina)



> 7°: overlap 200 mm en 2 afdichtingen

- de eindoverlap dient dicht te worden 'getrokken' met een (aanvullende) bevestiging in het dal (n.v.t. bij gegolfde buitenplaten en/of bij dalbreedten < 50 mm) met een onderleggingdiameter van minimaal Ø19 mm. Deze bevestiging t.p.v. de onderste band plaatsen. Het aantal per dal volgt uit de eis dat de afstand van een schroef tot de rand van het dal niet meer mag zijn dan 50 mm en de h.o.h.-afstand tussen de schroeven niet meer dan 100 mm



- lichtdoorlatende elementen (vallen niet onder de richtlijn) bij voorkeur in één doorlopende baan van nok naar goot aanbrengen. Voorkomen dient te worden dat er sprake is van een samenkomst van drie of vier platen (t.p.v. kruispunt langsoverlap met eindoverlap), waarbij kunststofplaat tussen de buitenplaten van de aansluitende sandwichpanelen wordt gesitueerd. Kunststofplaten met een onderlegging van minimaal Ø29 mm bevestigen, in 3 mm overmaats geboorde gaten. De minimaal vereiste dakhelling voor toepassing bedraagt 7°;
- (aansluitingen op) dakdoorbrekingen zodanig uitvoeren, dat deze niet het vrij afstromen van regenwater in één of meerdere dalen blokkeren.

## 4.4 Winddichtheid/luchtdoorlatendheid

### Belasting

De winddichtheid/luchtdoorlatendheid van een sandwichpaneelconstructie kan worden verzorgd door een dichtingsband in de voegconstructie. Deze bevindt zich aan de binnenzijde van de waterdichting (n.v.t. koel/vrieshuizen!). In dit kader zijn ook andere oplossingen mogelijk die de voeg een bepaalde (wind)dichting geven. Regenwater mag deze dichting niet kunnen belasten.

Sandwichpaneel-constructies met een middendichting, zonder verdere voorzieningen, halen, indien goed ontworpen, geproduceerd en uitgevoerd, de vigerende luchtdichtheidseis conform het Bouwbesluit. Met aanvullende dichting(en) en ook panelen met een binnen- en buitendichting kan men een nog (veel) hoger prestatieniveau halen.

De NEN-EN 14509 geeft (conform de NEN-EN 12114) een methode aan om de winddichtheid van sandwichpanelen in hun toepassing (dus inclusief horizontale en verticale paneelvoegen) te testen, beoordelen en berekenen. Het luchtverlies wordt op basis van het testresultaat berekend en uitgedrukt in 'V'.

### Nadere toelichting

Sandwichpanelen zijn zelf volledig luchtdicht. In hun toepassing worden daarom de luchtdichtheid van een gevel of dak, opgebouwd uit sandwichpanelen, bepaald door de mate van luchtdichting t.p.v. de voegen tussen de panelen onderling en de aansluitingen t.p.v. hoeken, dakrand, onderdetail, gevel/dakdoorbrekingen, overgang naar andere materialen etc.

Kortom: de luchtdichtheid van een gevel of dak, opgebouwd uit sandwichpanelen, wordt bepaald door de luchtdichtheid van de voegen en die van de detailleringen. Bovendien is er tussen beide een relatie: de vorm, wijze en plaats van de voegdichting(en) kan van invloed zijn op de mate van luchtdichting door de aansluitende detailleringen en op de wijze waarop deze detailleringen in dit kader uitgewerkt dienen te worden. Zo zal het over het algemeen eenvoudiger zijn om bij een paneel met een voegconstructie met een dubbele dichting (water- en luchtdichting) een in hoge mate luchtdicht detail te realiseren dan bij een voegconstructie met een enkele dichtingsband.

Zoals aangegeven wordt de luchtdichting van een voegconstructie bepaald door zijn vorm, passing en in de voeg opgenomen afdichtende voorzieningen. Een voeg met een meer gecompliceerde vorm (langere weg van binnen naar buiten; het zogenaamde labyrint) zal over het algemeen gunstiger zijn dan een voeg met een meer simpele vorm. Duidelijk is dat een voegconstructie met een nauwkeurige passing vanuit dit oogpunt de voorkeur verdient boven een voegconstructie met een minder nauwe passing. Hier horen echter wel twee kanttekeningen bij:

- De passing mag niet zo nauw zijn dat het redelijkerwijs niet haalbaar is om de panelen in het werk voldoende strak tegen elkaar aan te monteren. Dan sluit de voeg immers niet voldoende. Dit risico speelt met name bij langere panelen omdat de benodigde aandrukkracht immers evenredig is met de lengte van de voeg. Niet zelden is het daarom noodzakelijk hierbij gebruik te maken van een door de betreffende panelenleverancier geleverd aandruk/trekapparaat. Indien de leverancier aangeeft dat dit hulpmiddel gebruikt moet worden (om tot een bepaalde luchtdichtheidsprestatie te komen) dan is de applicateur verplicht dit middel in te zetten;
- Al of niet als gevolg van de productietoleranties van het sandwichpaneel mag er geen situatie ontstaan waarbij de volledige passing en sluiting van de voegconstructie in het werk redelijkerwijs (dus zonder afwijkende en tijdrovende aanvullende inspanningen) niet meer realiseerbaar is.

Andere invloeden op de luchtdichtheid van de gevel of het dak, opgebouwd uit sandwichpanelen, zijn:

- Kwaliteit van de montage;
- Complexiteit van de gevel/het dak (een gevel met veel aansluitingen/doorbrekingen heeft per oppervlakte-eenheid meer meters aansluiting);
- De mate waarin de gevel c.q. het dak vervormt onder belasting (vervormingen kunnen de mate van dichting t.p.v. voegen en aansluitingen verlagen).

Aan de luchtdichtheid van een (sandwich) gevel of dak wordt door het Bouwbesluit alleen indirect een luchtdichtheidseis gesteld. Dit document verwijst hierbij naar de NEN 2686. Hierin wordt de  $Q_{v,10}$ -waarde ( $0,2\text{m}^3/\text{s}$ ) genoemd. Dit betekent dat er 200 liter lucht per seconde door de gebouwschil mag lekken (per 500 m<sup>3</sup> gebouwinhoud). Hieruit kan echter niet direct een eenduidige eis worden herleid voor de afzonderlijke (naden van de) omsluitende gevels en daken. Derhalve dient een eventueel hieraan toe te kennen voorwaarde voor wat betreft de mate van luchtdichting door de sandwichpaneelconstructie expliciet door de opdrachtgever te worden opgegeven in de vorm van een eis per vierkantenmeter gevel- resp. dakoppervlak en per tijdseenheid inclusief een daarbij horend(e) (opbouw van) het drukverschil tussen binnen- en buitenlucht. Dit kan overigens ook een eis per strekkende meter naad of gevel-aansluiting zijn.

Met regelmaat wordt er op projectniveau/privaatrechtelijk of als afgeleide van een EPC-eis een (vele malen) hogere mate van luchtdichting verlangd dan uit genoemde eis in het Bouwbesluit (publieksrechtelijk) volgt of kan volgen. Ook deze eis dient expliciet gemaakt te worden per vierkantenmeter en per tijdseenheid. Het verwijzen naar een bepaalde Klasse, die staat voor een bepaalde mate van luchtdichtheid bij een (opbouw van een) bepaald drukverschil is hierbij ook een optie. *Over het algemeen zullen eisen hoger dan het Bouwbesluit voorschrijft, leiden tot de noodzaak van het (in het werk) aanbrengen van extra afdichtingen. Overleg met de betreffende leverancier van de panelen kan hierbij noodzakelijk zijn.*

De producent geeft de mate van luchtdichting op voor de door deze geleverde sandwichpanelen per oppervlakte-eenheid, per tijdseenheid en bij welk(e) (opbouw van het) drukverschil waarvoor deze prestatie geldt.

Deze meting wordt uitgevoerd door een onafhankelijk, geaccrediteerd laboratorium conform de NEN-EN 12114 inclusief de aanpassingen/aanvullingen gegeven in de NEN-EN 14509 en het resultaat wordt door deze in een rapport inclusief bepalingwijze, type en afmetingen van de gemeten monsters en aantal monsters vermeld. Ook dienen hierbij te worden aangegeven wat de overspanning van de geteste panelen was, hoe deze zijn gemonteerd en welke (eventueel) aanvullende dichtingen zijn aangebracht.

Over het algemeen zullen bij deze metingen randeffecten in de vorm van aansluitingen (detailleringen) niet of slechts in beperkte mate zijn meegenomen. Deze situatie impliceert dan dat de opgegeven prestaties alleen iets zeggen over de mate van luchtdichting van de paneel-constructie zelf maar (nagenoeg) niets over hun prestatie na montage. Hierbij dient men zich te realiseren dat het effect op de mate van luchtdichting van aansluitingen (detailleringen) groot zal zijn. De projectmatige engineering van deze detailleringen vraagt derhalve in het kader van de luchtdichtheid specifieke aandacht, zeker als er sprake is van een (relatief) hoge luchtdichtheidseis. In die situatie is een doorgaande luchtdichting bij iedere voeg, bij iedere aansluiting en bij iedere overgang van essentieel belang. Dit impliceert o.a. dat bij aansluitingen tussen dichtingen, die niet in één en hetzelfde vlak liggen, deze ter plaatse met elkaar verbonden dienen te worden.

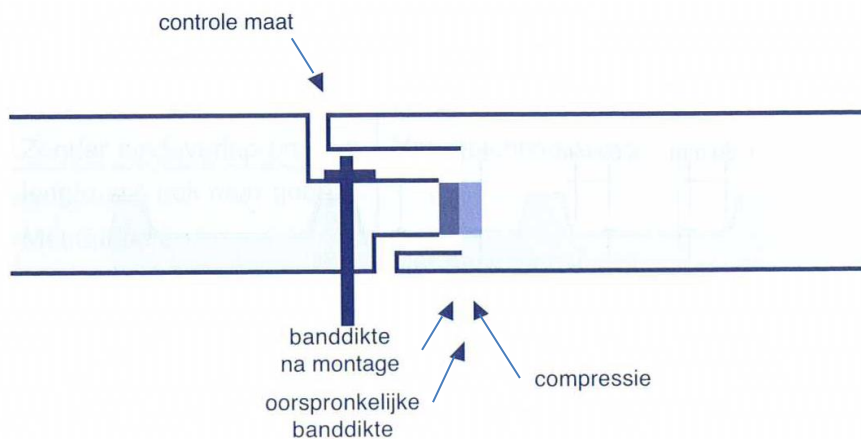
Meting aan een mock up op ware grootte, inclusief de in het werk te realiseren maatgevende aansluitingen, of een meting aan (een deel van) het gerealiseerde werk geeft inzicht in de montage(volgorde) en daaruit volgend ook in de prestatie inclusief aansluitingen. De meting aan een mock-up vooraf verdient duidelijk de voorkeur aan een test

tijdens of na het montageproces omdat op basis van de resultaten eventueel benodigde aanpassingen nog relatief eenvoudig door te voeren zijn. *Metingen aan een mock-up of (een deel van) de gerealiseerde gevel c.q. het dak worden uitgevoerd conform NEN12114. Eventueel kan de luchtdichtheidsmeting achteraf ook uitgevoerd worden middels een Blowerdoormeting conform NEN-EN-ISO 9972:2015.*

### Minimale ontwerpuitgangspunten

Met het oog op het behalen van een winddichte constructie gelden op basis van bovenstaande systematiek de volgende uitgangspunten:

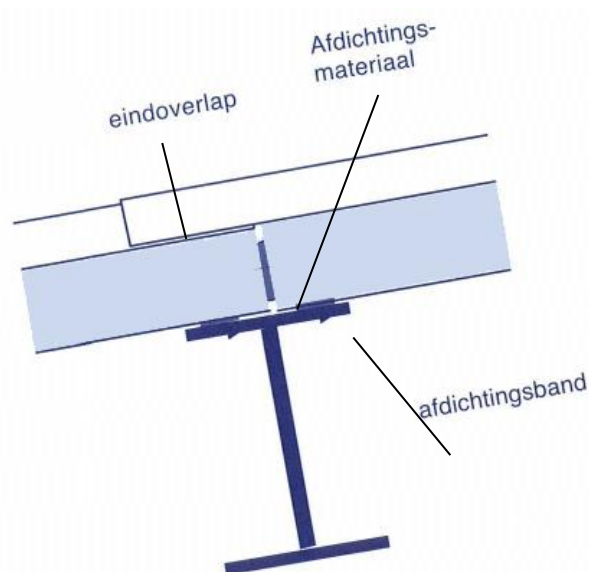
- bij snijpunten van de geprefabriceerde voegconstructie met in het werk te maken aansluitingen eventuele 'openingen' (t.p.v. de voegconstructie van het paneel) aanvullend afdichten;



*\* Voegaansluitingen/afdichtingen dienen bij de montage (conform de gegevens van de leverancier) voldoende te worden dichtgedrukt/gecomprimeerd.*

Met het oog op het behalen van een winddichte (voldoende damp/luchtstromingsdichte) dakconstructie gelden op basis van bovenstaande systematiek de volgende (toepassings)voorwaarden:

- Maattoleranties, blaasvorming e.d. mogen de luchtdichtheid van de voegconstructie niet negatief beïnvloeden;



- vóór de plaatsing van de panelen op de constructie eerst twee afdichtingsbanden aanbrengen op deze constructie aan weerszijde van de eindaansluiting van de panelen (geldt vanaf Klimaatklasse II volgens de tabel op pagina 115);
- ook bij andere aansluitingen, zoals op wanden en doorbrekingen en t.p.v. de nok, dienen aan de binnenzijde van de constructie (aanvullende) afdichtingen te worden aangebracht. Ter plaatse van de vóórgewormde paneelvoegen is het aan te bevelen deze afdichtingen middels een aanvullende afdichting te verbinden met de voegafdichting in deze voeg.

## 4.5 Thermische isolatie

### Bepaling Rc-waarde van een sandwichpaneel

De isolatiewaarde van een sandwichpaneel wordt door de producent/leverancier op de onderstaande wijze bepaald en gecommuniceerd.

De warmtegeleidingscoëfficiënt ( $\lambda$  in W/m.K) van het toe te passen isolatiemateriaal wordt bepaald conform NEN-EN 13165 (PUR/PIR) resp. NEN-EN 13162 (minerale wol) resp. NEN-EN 13163 (EPS). Deze bepaling wordt in een rapportage vastgelegd inclusief bepalingswijze, type en afmetingen van de gemeten monsters en het aantal monsters.

De gedeclareerde waarde ( $\lambda_{decl.}$ ) moet representatief zijn voor de thermische prestatie gedurende de technische levensduur van dat product bij de beoogde toepassingsomstandigheden. De 90/90-waarde moet representatief zijn voor 90% van de productie en een betrouwbaarheid hebben van 90%.

De rekenwaarde ( $\lambda_{rek}$ ) wordt verkregen door de gedeclareerde waarde te verrekenen met enkele conversiefactoren voor temperatuur, vochtinvloeden, veroudering en convectie.

Bij de bepaling van de isolatiewaarde van de toe te passen isolatie in het paneel wordt met de veroudering rekening gehouden. De hiervoor in rekening te brengen forfaitaire reductie wordt eveneens ontleend aan de NEN-EN 13165 (PUR/PIR) resp. NEN-EN 13162 (minerale wol) resp. NEN-EN 13163 (EPS).

Als alternatief kan de mate van veroudering ook worden bepaald door een onafhankelijk, geaccrediteerd laboratorium en het resultaat door deze in een rapport inclusief bepalingswijze, type en afmetingen van de gemeten monsters



en aantal monsters worden vermeld. Deze bepalingswijze wordt uitgevoerd conform bovenstaande normen en NEN-EN 12667 en NEN-EN 12939.

De isolatieprestatie (U-waarde) van het sandwichpaneel wordt middels een voorgeschreven handberekeningsmethode of numeriek bepaald conform de NEN-EN 14509 en NEN-EN 10211-1 resp. de NEN 1068.

De  $R_c$ -waarde van het paneel (in  $m^2 \cdot K/W$ ) wordt bepaald conform de NEN 1068 (dus inclusief de invloed van bevestigingsmiddelen en inclusief de voorgeschreven reductie volgend uit uitvoeringsonvolkomenheden).

Let op!

Dikwijls worden voor panelenleveranciers de 'Rc-waarde' opgegeven *exclusief* de invloed van de bevestigingsmiddelen en eventuele plaatsingsinvloeden. In dat geval zal de Rc-waarde van het betreffende paneel op projectbasis dienen te worden bepaald (gereduceerd) op basis van het aantal bevestigingsmiddelen per  $m^2$ , hun diameter en het type metaal (verzinktstaal of RVS).

### **Minimale ontwerpuitgangspunten**

Een punt van aandacht vormt het feit dat bij aansluitingen de binnenplaat van binnen naar buiten kan lopen. Aanbevolen wordt zo te detailleren dat dit wordt voorkomen, ofwel zo te detailleren dat het traject van binnen naar buiten wordt verlengd (dat wil zeggen de binnenbeplating, waar deze aan de buitenlucht grenst, over een aanvullende lengte van minimaal 200 mm te isoleren van de buitenlucht met isolatiemateriaal met een  $R_D \geq 2 m^2 K/W$  (geldt alleen bij een isolatie eis  $R_c \geq 4,5 m^2 K/W$ ).

## **4.6 Vochthuishouding**

### **Aandachtspunten**

Oppervlaktecondensatie zal (uitgezonderd extreme condities) bij sandwichpaneel-constructies alleen optreden als er lijnvormige metalen onderdelen van binnen naar buiten doorlopen (zie ook paragraaf 4.5).

Puntvormige koudebruggen, in de vorm van bevestigingsmiddelen of klemconstructies, zullen geen aanleiding geven tot oppervlaktecondensatie, uitgezonderd bij zeer extreme omstandigheden (binnencondities).

Inwendige condensatie in een paneel zal niet optreden onder de voorwaarde dat de binnenzijde en voegconstructie voldoende dampdicht zijn uitgevoerd. Bij de toepassing van steenwol als kernmateriaal dient er rekening te worden gehouden met het risico op vochtinfiltratie in het paneel via de paneeluiteinden.

Inwendige condensatie in een voegconstructie is wel mogelijk als een voegconstructie niet sluitend is aangebracht. Zie ook paragraaf 4.3 en 4.4. Met name bij dakconstructies vraagt dit aandacht.

Met name bij extreme binnencondities (dampspanning  $> 1430 Pa$  volgens de tabel op pagina 5.18) is het (ook) vanuit het oogpunt van vochthuishouding aan te bevelen afdichtingen, die niet in dezelfde doorsnede van de constructie liggen, ter plaatse van kruisingen met elkaar te verbinden (zie ook paragraaf 4.4).

Onderkoelingscondensatie en inwendige condensatie komen bij correct geproduceerde en correct gemonteerde sandwichpaneel-constructies niet voor.

## Minimale ontwerpuitgangspunten

Zie paragrafen 4.5 en 4.6.

## 4.7 Geluidsisolatie en -absorptie

### Geluidisolatieprestatie

Indicatief kunnen van sandwichpaneel-constructies, bij een belasting door verkeersgeluid, de volgende geluidsisolatieprestaties worden verwacht:

- sandwichpanelen met een isolatiekern van EPS of PUR/PIR 25 à 30 dB(A)  
bij 60 mm dikte 20 à 25 dB(A)
- sandwichpanelen met een isolatiekern van steenwol 30 à 35 dB(A)
- sandwichpanelen met een isolatiekern van steenwol  
plus extra massa- en/of geluiddemping toevoegende lagen 35 à 40 dB(A)

### Prestaties m.b.t. flankerende transmissie

Zie Bijlage A.7.

### Geluidabsorptieprestatie

Indien de nagalmtijd beperkt dient te worden, dient het absorberende oppervlak te worden gevonden in de toepassing van panelen met een (partieel) geperforeerde binnenplaat. Deze binnenplaat kan een extra toevoeging aan het paneel zijn dan wel de constructieve binnenplaat van het paneel zelf betreffen (in dit laatste geval zal het paneel een kleinere overspanningscapaciteit hebben dan het paneel met een ongeperforeerde binnenplaat). Bij een geperforeerde binnenplaat dient het paneel te zijn voorzien van een aanvullende dampremmende voorziening. Panelen met een geperforeerde binnenplaat in buitengevel of dak worden ten sterkste afgeraden, met het oog op het risico op inwendige condensatie, zodra er sprake is van een dampdruk in de omsloten ruimte, die hoger ligt dan de dampdruk buiten. Een alternatief is geluidabsorberend materiaal toepassen tegen de panelen en/of tegen aansluitende constructieoppervlakken en/of in de toevoeging van geluidabsorberende elementen.

## Minimale ontwerpuitgangspunten

Ook vanuit overwegingen van geluidsisolatie dient er zorgvuldig te worden gedetailleerd en gemonteerd. Immers ondichtheden in de constructie hebben hier een sterk negatieve invloed op.

## 4.8 Brandveiligheid

### Minimale ontwerpuitgangspunten

Met het oog op het behalen van de gevraagde brandwerendheid (volgens NEN-EN 13501-2 en NEN 6069) gelden de volgende uitgangspunten:

- ontwerpkeuzes, die van invloed zijn op de te behalen prestatie zijn o.a.:
  - montagerichting (horizontaal of verticaal);
  - gebruikte metalen (staal of aluminium);
  - wijze van bevestigen aan de achterconstructie;
  - grootte van de overspanning;
  - uitvoering van voegconstructie;
  - toepassen van (aanvullende) afdichtingsmaterialen;
  - type, dikte en dichtheid van isolatiematerialen.
- inzake de detaillering gelden o.a. de volgende zaken:
  - hetzelfde prestatieniveau aanhouden als de aansluitende gevel/dakconstructie;
  - holle ruimten opvullen met onbrandbaar isolatiemateriaal A1 (volgens NEN-EN 13501-1);
  - t.p.v. de eventuele aansluiting gevel/dak op brandmuur/vloer voorzieningen treffen om
  - brandover/doorslag binnen de voorgeschreven minimum periode uit te sluiten.

## 4.9 Levensduur

De levensduur van een paneel wordt bepaald door de kwaliteit van de binnen- en buitenplaat met hun respectievelijke beschermlagen, door de kwaliteit van de isolatiekern, door de kwaliteit van de hechting tussen plaat en isolatie en de kwaliteit van de voegconstructie.

### Minimale ontwerpuitgangspunten

Met het oog op het behalen van een goede levensduur gelden de volgende uitgangspunten:

- het isolatiemateriaal in sandwichpanelen neemt geen vocht op tenzij er sprake is van een langdurige, aanhoudende vochtbelasting. Derhalve dient een dergelijk contact te allen tijde te worden voorkomen.

## 4.10 Uiterlijk en toleranties

### Aandachtspunten

Panelen vragen zorg en aandacht bij de beoordeling bij afname hiervan en bij de handling en montage hiervan. Een extra punt van aandacht hierbij vormt het feit dat de uitwisselbaarheid van veel typen panelen beperkt is. Dit betekent dat beschadigde panelen dikwijls moeilijk of zelfs nauwelijks meer te vervangen zijn (mede afhankelijk van paneeltype, montage, en plaats van toepassing). Dit zijn redenen om nog meer aandacht en zorg te besteden aan opslag en montage, aan het toepassen van een tijdelijke beschermfolie en aan de afscherpende maatregelen zowel vóór (opslag), tijdens als na de montage. Indien dit het risico op beschadiging door derden veroorzaakt is, ligt hierbij de verantwoordelijkheid bij de opdrachtgevende partij.

Blazen in binnen- en buitenhuiden komen in aanmerking voor reparatie. Voorwaarde is dat het resultaat hiervan visueel voldoet conform het visuele beoordelingscriterium (reparaties dienen gezien vanaf het maaiveld beoordeeld met het ongewapende oog en bij diffuus daglicht onder een hoek van 45° op een afstand van 5 m vanaf het betreffende oppervlak, bij toepassing aan de buitenzijde, en op een afstand van 3 m, bij toepassing aan de binnenzijde, niet storend zichtbaar zijn), dat de functionele geschiktheid van het paneel gehandhaafd blijft c.q. hersteld wordt en dat de blaasvorming ter plaatse niet opnieuw optreedt.

Deze herstelwerkzaamheden worden onder de verantwoordelijkheid van de panelenleverancier uitgevoerd. De door de leverancier op de panelen verstrekte garantie blijft hierna onverkort van toepassing, dus ook op gerepareerde panelen.

### Sparingen t.b.v. ramen in sandwichpanelen

Gevelopeningen t.b.v. ramen kunnen sandwichpanelen aanzienlijk verzwakken. Verder kunnen vervormingen van de panelen, veroorzaakt door wind en/of temperatuurverschillen aanzienlijke krachten uitoefenen op aansluitende ramen. Daarom wordt aanbevolen om bij dergelijke toepassingen rondom raamopeningen te voorzien in een rafeling. Uitgezonderd zijn speciaal hiervoor ontwikkelde en op elkaar afgestemde paneel/kozijnsystemen.

## Minimale ontwerpproblemen

Met het oog op het behalen van een esthetisch minimum niveau worden voor gevelpanelen wat betreft de plaatdiktes de volgende aanbevelingen gedaan (zie verder ook Hoofdstuk 4.2 Statica):

- dikte binnenplaat 0,45 mm Bij steenwolpanelen en/of bij een vlakke binnenplaat: 0,55 mm
  - dikte buitenplaat 0,55 mm Bij steenwolpanelen en/of bij een vlakke buitenplaat: 0,63 mm
- Kantekeningen hierbij zijn dat kleinere plaatdiktes ook een vlak eindresultaat kunnen opleveren maar dat de kans op lichte oneffenheden hierbij wel iets groter is. Net zo als dat ook bij de genoemde diktes enige oneffenheden niet volledig zijn uit te sluiten.
- Een lichte vervorming rondom de bevestigingspunten is, bij zichtbaar bevestigde panelen, niet te voorkomen.
- bevestigingsmiddelen zoveel mogelijk (echter zonder afbreuk te doen aan het constructieve gedrag) in een vast patroon en in doorgaande lijnen aanbrengen.

De wijze en kwaliteit van detailleren hebben een grote, zo niet een doorslaggevende invloed, op de esthetische kwaliteit. In dit kader zijn in Bijlage A aanbevelingen opgenomen m.b.t. het detailleren van de aansluitingen. Ook in Hoofdstuk 2.10 zijn in dit kader aanbevelingen gegeven.

Verder spelen de maattoleranties en de vlakheid van de toegepaste materialen een rol.

De kwaliteit van de achterconstructie heeft ook een belangrijke invloed op de esthetische kwaliteit van de gevel. Bij de montage op een staal- of aluminiumconstructie zijn de NEN-EN1090-2 en NEN-EN 1090-3 van toepassing. Bij de montage van sandwichpanelen gelden de toleranties conform Klasse 2.

Daarnaast geldt er de aanvullende eis dat het niet is toegestaan dat een kolom, waar de panelen voorlangs doorlopen en aan bevestigd worden, naar binnen toe staat t.o.v. de verbindinglijn tussen de aan weerszijden aangrenzende kolommen (horizontale montage) resp. dat een regel, waar de panelen voorlangs doorlopen en aan bevestigd zijn, naar binnen toe ligt t.o.v. de verbindinglijn tussen de aan weerszijden aangrenzende regels/opleggingen (verticale montage). Zie ook Hoofdstuk 4.2.

Bij de montage op een niet-metalen achterconstructie (zoals metselwerk, beton, hout e.d.) zijn de toleranties over het algemeen te groot om hier direct op sandwichpanelen te kunnen monteren. Derhalve dient eerst een instelbare metalen overgangsconstructie tussen beide te worden toegepast (tenzij de achterliggende niet-metalen achterconstructie voldoet aan de bovengenoemde toleranties conform NEN-EN 1090-2).

Deze instelbare overgangsconstructie dient te voldoen aan de bovengenoemde toleranties conform NEN-EN-1090-2.

Voor de verantwoordelijkheid m.b.t. de afstemming tussen achterconstructie en de (visuele kwaliteit van de) gevelconstructie zie Hoofdstuk 2.10.

Tenslotte is het werk van de monteur van grote invloed op de esthetische kwaliteit van het eindresultaat. Dit is een kwestie van goed vakmanschap en als zodanig niet in een richtlijn af te dekken.

## **5.1 Inleiding**

### **Omschrijving systeem**

Geprofileerde metalen platen kunnen in dakconstructies zowel worden toegepast als dragende ondergrond als ook in de vorm van een waterkerende dakafwerking.

In platte daken (binnen het kader van deze richtlijn: dakhelling  $< 5^\circ$ ) kunnen deze platen uitsluitend als dragende ondergrond worden toegepast en dient de waterdichtende functie te worden ontleend aan een zogenaamde membraandichting (bitumineuze of kunststofdakbedekking). Immers bij dergelijke kleine dakhellingen kan er als gevolg van toleranties in de onderconstructie, doorbuigen van deze constructie en als gevolg van vervormingen van de beplating zelf sprake zijn van min of meer staand water. Constructies, waarbij de waterdichting wordt verzorgd door overlappen (al of niet aangevuld met band en/of kit), kunnen onder deze omstandigheid (dus bij dakhellingen  $< 5^\circ$ ) geen blijvende waterdichtheid garanderen (dakafwerkingen met gelaste overlappen en aansluitingen vallen niet onder deze richtlijn). Bij platte daken zal derhalve op de beplating dakbedekking en, vrijwel ook altijd tussen deze beide, isolatie worden aangebracht.

Bij de toepassing van metalen platen als dakafwerking gaat het dus steeds om hellende daken. Deze dakafwerking kan de vorm hebben van trapeziumprofilering, golfprofilering, felsprofilering e.d. De metalen dakafwerkingen kunnen zijn aangebracht in de vorm van een zelf - van spant naar spant of gording naar gording - dragend element of middels tussenprofielen afsteunen op een onderconstructie. Deze onderconstructie kan bestaan uit beton, hout maar dikwijls ook uit eveneens metalen platen (in het laatste geval is er sprake van een zogenaamd 'dubbeldak').

Indien er sprake is van een metalen dakafwerking zonder afsteuning op een onderconstructie spreekt men van een enkele dakconstructie (enkeldak). Aan de binnenzijde hiervan kan isolatie worden aangebracht, meestal in de vorm van een spandeken.

Als een metalen dakafwerking wordt toegepast boven een niet-metalen dragende onderconstructie, zal er dikwijls (ook) sprake zijn van een spouw tussen beide, gedeeltelijk of geheel gevuld met isolatiemateriaal.

Bij hellende daken is de meest voorkomende dakconstructie die, waarbij de metalen buitenafwerking op regelmatige afstand wordt afgesteund op een eveneens metalen dragende onderconstructie (stalen dakplaten). Men spreekt dan wel van een dubbele dakconstructie (dubbeldak). Tussen beide beplatingen zijn verbindingsprofielen en (meestal) een spouw aanwezig met een damp scherm die gedeeltelijk of geheel is gevuld met isolatie.

Metalen beplating, toegepast als dragende ondergrond, wordt dikwijls aangeduid als warmdakbeplating. Zij kenmerken zich door hun grote overspanningscapaciteit (grote profielhoogte). Metalen beplating, toegepast als dakafwerking, wordt dikwijls aangeduid als kouddakbeplating. Zij kenmerkt zich dikwijls door een zo groot mogelijke afvoercapaciteit (brede dalen). Opgemerkt dient hierbij te worden dat de benaming 'kouddakbeplating' strikt genomen onjuist is. Immers dakspouwen met metalen dakafwerkingen dienen niet te worden geventileerd met buitenlucht. Volgens de bouwfysische definitie is er dan sprake van een warmdak! Derhalve wordt het woord 'koud' in kouddak steeds tussen aanhalingstekens geplaatst.

De dragende metalen beplating toegepast in de onderconstructie, zal vrijwel altijd trapeziumvormig zijn. Is er sprake van een enkeldak dan kan de gecombineerde afdichtende en dragende functie ook door een ander profieltype worden vervuld. Voor metalen dakafwerkingen komen o.a. trapeziumvormige profileringen en golfprofielen in aanmerking.

## **Toepassingsgebied systeem**

Bij dakhellingen < 5 zijn metalen profielplaten alleen toepasbaar als dragende onderconstructie. Bij grotere hellingshoeken zijn deze ook als dakafwerking toepasbaar. Hierbij bestaan er echter wel restricties als, functie van de dakhelling, voor het type profilering, de wijze van uitvoering, locatie van het gebouw e.d. (zie verder Hoofdstuk 5.3).

Metalen dakconstructies lenen zich bijzonder goed voor de volgende toepassingen en situaties:

- opslaghallen van uiteenlopende goederen, in alle vormen en maten, die een bepaalde minimum binnentemperatuur behoeven;
- productiefaciliteiten voor uiteenlopende productieprocessen met uiteenlopende binnencondities, in alle vormen en maten;
- winkels, garages, (auto)showrooms, sportaccommodaties etc.;
- kantoorgebouwen, scholen, woningen etc.;
- gebouwen, waarbij zeer hoge isolatiewaarden worden verlangd, dwz. ruim boven de wettelijke waarde (geen metalen dakafwerking, i.e. 'koud'dakconstructies, toepassen);

Bij gebouwen met extreme binnencondities (koelhuizen, zwembaden, gebouwen in overdruk) geen metalen dakafwerking, i.e. 'koud'dakconstructies, toepassen.

## **Randvoorwaarden systeem**

Op een onderconstructie die maatafwijkingen of andere afwijkingen vertoont, is, indien deze grenzen overschrijdt, geen verantwoord dak te monteren. Zie verder Hoofdstuk 5.10.

Een verantwoorde en veilige montage is alleen mogelijk als er voldoende ruimte is voor een correcte opslag en montage. Dikwijls zal men er t.b.v. de montage voor kiezen om beplatingspakketten op de staalconstructie te plaatsen. Deze dient deze belasting op te kunnen nemen (zie Hoofdstuk 7).

Indien metalen daken tijdens de bouw beloopbaar dienen te zijn, dient men voor de dragende onderconstructie geen plaatdikten kleiner dan 0,75 mm toe te passen (zie ook Hoofdstuk 5.10). Bij de toepassing als dragende onderconstructie t.b.v. isolatie en dakbedekking dient, met het oog op beloopbaarheid, de isolatiedikte afgestemd te zijn op de cannellurebreedte (bovendalbreedte) van de geprofileerde dakplaten (visa versa). Indien een dak ook in de gebruiksfase veelvuldig (dus anders dan bijv. voor onderhoudswerkzaamheden) wordt belopen, is een metalen dakafwerking ongeschikt. Een metalen dragende onderconstructie kan dan wel worden toegepast onder de voorwaarde dat deze hierop is gedimensioneerd.

Aan de metalen dakconstructie mogen zonder aanvullende voorzieningen (bijv. in de vorm van plaatverstijvingen, extra onderconstructie, voorzieningen t.b.v. belastingspreiding o.i.d.) geen zware elementen, zoals afzuiginstallaties, verwarmingsbuizen, plafonds (tenzij de dakplaten hierop zijn berekend), sprinklerinstallaties of lopende band-systemen worden opgehangen.

Opmerking:

Bij de wat eenvoudiger hallenbouw worden regelmatig daksystemen toegepast waarbij de 'koud' - dakbeplating door de (meestal) kunststofschuim isolatieplaten heen aan de onderconstructie wordt bevestigd (een binnenafwerking in de vorm van een warmdakbeplating ontbreekt dus). De ervaring leert dat dergelijke dakconstructies, zeker zodra er in de onderliggende ruimte verwarmd wordt tot boven de 14 °C en/of hier vocht en/of warmte vrij komt, een aanzienlijk risico van condensatieklachten met zich meebrengen. Een dergelijke dakconstructie wordt derhalve bij deze omstandigheden niet geadviseerd.

## 5.2 Statica

### Belastingen

Belastingen dienen ontleend te worden aan Eurocode 1. Hierbij mag worden aangenomen dat over- en onderdruk wordt opgenomen door de binnenafwerking en hun bevestigingen aan de achterliggende constructie (onder de voorwaarde dat de binnenafwerking luchtstromingsdicht is uitgevoerd).

Winddruk en -zuiging worden opgenomen door de buitenbeplating. Deze kracht belast dus deze buitenbeplating, hun bevestigingen aan de achterliggende constructie, eventuele profielen (en hun bevestigingen) en de binnenbeplating en hun bevestigingen aan de achterliggende constructie. Bij enkele beplating (als dak huid of als dragende ondergrond) dient deze beplating en hun bevestigingen alle genoemde krachten op te kunnen nemen.

Het eigengewicht van de dakbeplating dient in rekening te worden gebracht, het gewicht van de hierop aangebrachte isolatie en dat van eventuele aanvullende zaken (zoals bijv. ballastgrind op platte daken of voorzieningen bevestigd aan de dakbeplating). Indicatieve waarden zijn:

- eigen gewicht dakplaat: 0,10 kN/m<sup>2</sup>
- gewicht isolatie + dakbedekking: 0,25 à 0,50 kN/m<sup>2</sup>
- grind (5cm): 0,8 kN/m<sup>2</sup>

Bij dakplaten, die grenzen aan borstweringen, opgaand werk of dakopbouwen, moet met name bij- platte daken rekening worden gehouden met sneeuwbelasting.

Temperatuurbelastingen zullen over het algemeen niet maatgevend zijn m.b.t. bezwijken van de beplating of zijn bevestiging (deze kunnen wel tot enige plaatselijke deformatie leiden). Er zijn echter situaties dat dit wel het geval kan zijn. Hierbij moet o.a. worden gedacht aan lange (aluminium) beplating, aan concaaf of convex gemonteerde beplating en aan bevestiging op een niet-flexibele (bijv. betonnen) onderconstructie.

Herhaalde temperatuursvervormingen kunnen ertoe leiden dat schroeven terugdraaien en uiteindelijk zelfs uit de constructie vallen. In eerste instantie houdt dit het risico in van lekkages maar in tweede instantie ook het risico dat platen naar beneden vallen. Daarom dient deze situatie te worden voorkomen. Dit is te bereiken door t.p.v. eind-overlappen de metalen onderconstructie beduidend dikker uit te voeren dan de dikte van de hieraan te bevestigen metalen dakplaten en zetwerk. Voor stalen onderconstructies geldt dat deze minimaal 2x zo dik dienen te zijn als de (enkele) plaatdikte van de te bevestigen platen (let hierbij op of de kathodische bescherming van de randen van deze constructie nog wel voldoende is!) en voor aluminium onderconstructies geldt een factor 2,5.



Dynamische effecten t.p.v. de bevestigingspunten van dakplaten kunnen zich ook voordoen bij de toepassing van brede ongeprofileerde elementen of elementvlakken. Als gevolg van trillingen en/of 'pompende' vervormingen van deze elementen c.q. vlakken onder invloed van de wind kunnen bevestigingen door repeterende belastingen en/of vervormingen worden belast. Hiermee dient bij de keuze en dimensionering van het bevestigingssysteem terdege rekening te worden gehouden.

Dakbeplating vormt geen onderdeel van de draagconstructie, tenzij er wordt gerekend op schijfwerking/bijdrage tot kipstabiliteit. Dit dient expliciet, schriftelijk door constructeur/opdrachtgever bij opdracht te zijn vermeld. In die situatie kan de beplating de functie van het windverband (gedeeltelijk) overnemen en/of dienen als kipsteun voor spanten en/of gordingen. Deze toepassingen stellen extra voorwaarden aan de afmetingen van de beplating, de wijze van bevestiging, onderconstructie en de toepassing van doorbrekingen. Zie hiervoor verder de NEN-EN 1090-4).

Specifiek voor platte daken bestaat er het risico op (over)belasting door wateraccumulatie. Dit is belasting door staand water als gevolg van een niet adequaat functionerende regenwaterafvoer. Om deze situatie te voorkomen dient er te allen tijde, ook bij het onverhoeds geblokkeerd raken van de reguliere waterafvoer, voldoende afvoercapaciteit te zijn, bijvoorbeeld in de vorm van noodafvoeren (om wateraccumulatie te voorkomen). Het zorgdragen voor een te allen tijde adequate afvoer, en dus ook voor het voorkomen van wateraccumulatie, is de verantwoordelijkheid van de opdrachtgever.

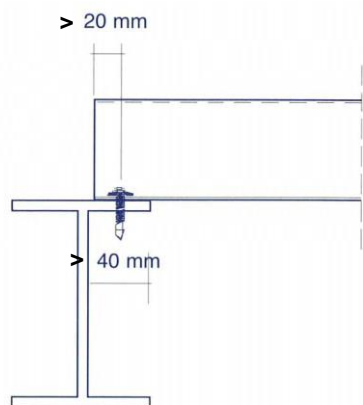
Op welke wijze de beplating wordt aangebracht (1-, 2-, 3-, etc. velds), beïnvloedt zowel de keuzemogelijkheden voor wat betreft de beplating als de belasting die door deze beplating per spant/ gording wordt afgedragen (dus de overspanningscapaciteit). Enkelveldsoverspanningen hebben over het algemeen een kleinere overspanningscapaciteit dan meerveldsoverspanningen. Dit kan een ongunstig effect hebben op de spant/gording-afstand dan wel op het minimaal toe te passen plaattype/dikte. Met name bij de situering van dakdoorbrekingen kunnen overwegingen hieromtrent relevant zijn.

Tweeveldsoverspanningen leiden, indien niet in verband gelegd (Let op! Wel in verband leggen kan tot enkelveldsoverspanningen leiden), tot een ongelijkmatige belastingsafdracht naar de onderconstructie. Voor beloopbaarheid van daken zie paragraaf 2.2.

## **Minimale ontwerpuitgangspunten**

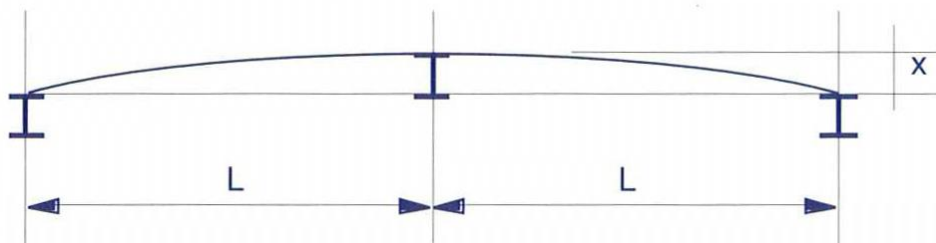
Voor de toepassing van de metalen binnenafwerking (dragende dakbeplating) worden de volgende minimale constructieve uitgangspunten gehanteerd (specifieke omstandigheden en/of het rekenen op schijfwerking kunnen aanvullende en/of afwijkende eisen stellen):

- de beplating dient in ieder dal aan de onderconstructie te worden bevestigd (dit om te grote vervormingen haaks op de overspanningsrichting te voorkomen);
- aangrenzende platen dienen maximaal 500 mm h.o.h. onderling te worden gekoppeld (dit om te voorkomen dat bij ongelijke belasting en dus ongelijke vervorming) de langsoverlap open gaat staan);
- platen dienen t.p.v. hun eindopleggingen minimaal 40 mm op te liggen. De minimale afstand van het bevestigingsmiddel tot de plaatrand bedraagt 20 mm, tenzij statische overwegingen zwaardere eisen stellen. Voor de oplegbreedte t.p.v. tussensteunpunten geldt geen minimum eis. Wel is het zo dat hoe kleiner deze breedte is, des te kleiner de overspanningscapaciteit van de beplating zal zijn (mede afhankelijk van het maatgevende bezwijkmechanisme). Leveranciers stellen hun overspanningstabellen samen voor een gegeven breedte van de tussenoplegging(en). Is deze breedte in de praktijk kleiner dan zal dit een negatief effect op de overspanningscapaciteit kunnen hebben, is deze groter dan kan dit een positief effect hebben.

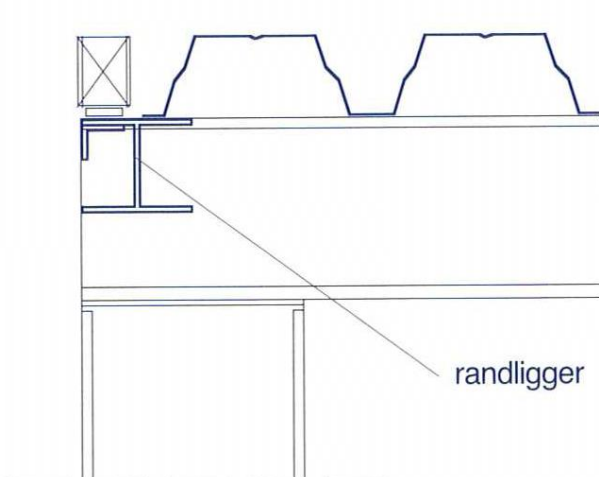


Verder is hierbij van belang dat de theoretische oplegbreedte in het werk ook daadwerkelijk wordt gerealiseerd. Dit is alleen het geval als ter plaatse het draagvlak van de onderconstructie en beplating evenwijdig lopen. Anders bestaat het risico op een puntondersteuning en dus op een (ongewenste) puntlast;

- opgelegde vervormingen kunnen de overspanningscapaciteit reduceren. Immers deze vervormingen betekenen spanningen en dus een gereduceerde reststerkte. In de situatie dat niet meer voldaan kan worden aan de situatie aangegeven in onderstaande afbeelding, dient met deze reducerende invloed rekening te worden gehouden;

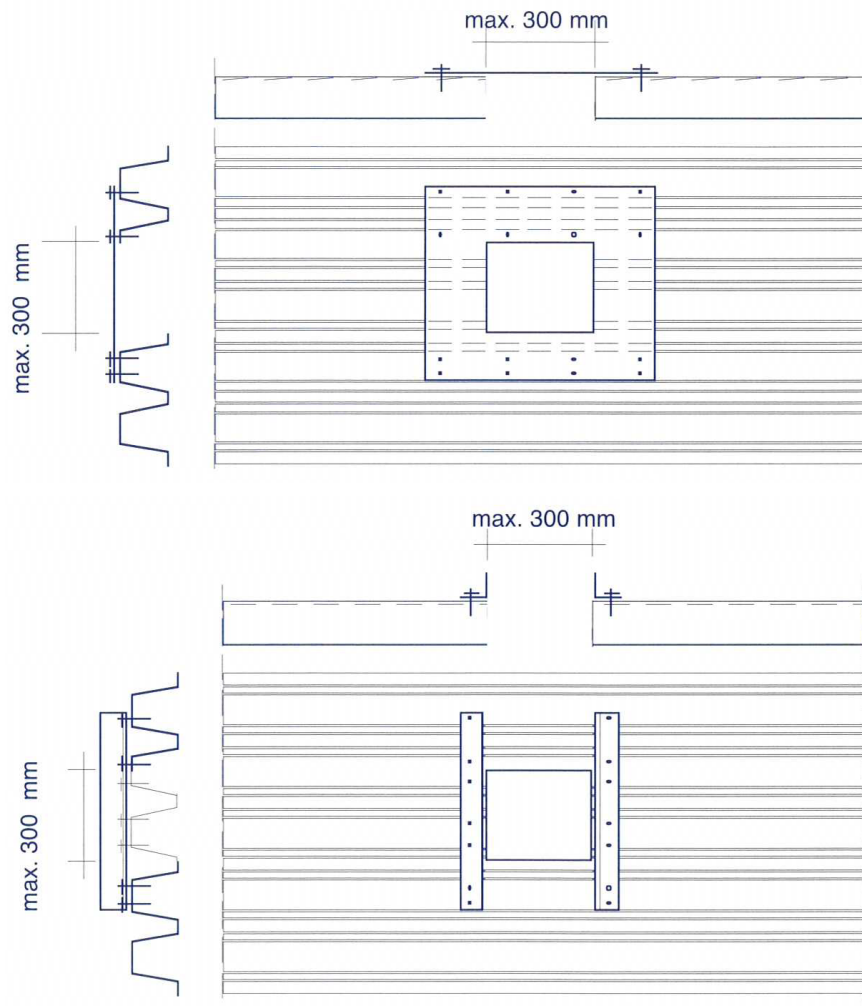


- dakvlakbeëindigingen dienen volledig te worden ondersteund (dus ook in de overspanningsrichting) bijv. door een randligger en hier h.o.h. 500 mm aan te worden bevestigd;



- Indien sparingen in de dragende dakbeplating dienen te worden aangebracht gelden hiervoor de volgende voorwaarden (n.v.t. bij schijfwerking):
  - sparingen kleiner dan één lijf plus één flens behoeven geen (aanvullende) ondersteunings/verstijvingsconstructie;

- o bij grotere sparingen, kleiner dan 300x300 mm, kan men volstaan met het aanbrengen van een verstijving van de verzwakte plaat rondom deze sparing (max. één sparing per overspanning). Deze verstijving kan bijv. bestaan uit een voldoende stijve vlakke plaat (dikte  $\geq 1,0$  mm) of voldoende stijve profielen rondom de sparing;
- o bij sparingen, groter dan 300x300 mm dient men rondom de sparing een raveling aan te brengen die afsteunt op de onderconstructie;



- dakopstanden en dergelijke dienen stabiel te zijn en stabiel te zijn gekoppeld aan de dakbeplating;
- dakplaten kunnen met schietnagels of schroeven aan de onderconstructie worden vastgezet. De bevestigingsmiddelen dienen te zijn afgestemd op de onderconstructie, belastingen, functies, condities en de te bevestigen materialen;
- overlapbevestigingen en bevestigingen van zetwerk kunnen met schroeven of blindklinknagels worden uitgevoerd.

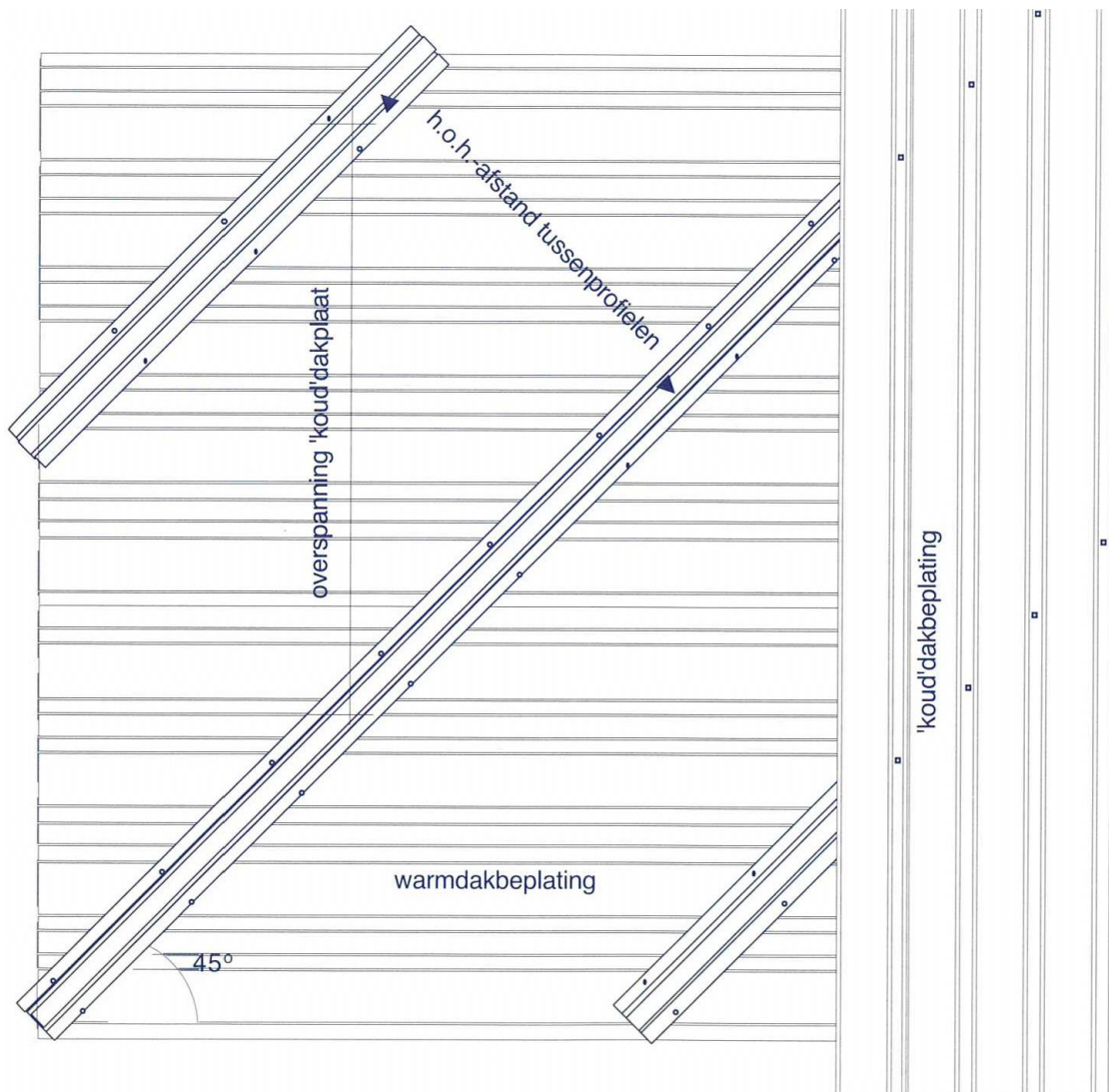
Ook in de NEN-EN 1090-4 is hierover informatie opgenomen.

Bij de eventuele toepassing van tussenprofielen gelden als minimale (constructieve) voorwaarden:

- ligt de profilering van de bovenste dakplaat in dezelfde richting als die van de onderste plaat (dragende plaat) dan de tussenprofielen haaks op deze profileringrichting aanbrengen. Staan deze profileringen haaks op elkaar dan de tussenprofielen in diagonaal (onder  $45^\circ$ ) aanbrengen. Montage van de tussenprofielen evenwijdig aan profileringrichting van de beplating is alleen toegestaan als rekenkundig is aangetoond dat de onderste

plaat en haar bevestigingen de hieruit volgende ongelijke belastingafdracht probleemloos en zonder ontoelaatbare, plaatselijke vervormingen kan opnemen;

- de tussenprofielen dienen zodanig bevestigd te worden dat deze hun belasting zo gelijkmatig mogelijk gespreid aan de onderste beplating overdragen (bij montage evenwijdig aan de profilering van de onderste plaat is dit dus maar beperkt mogelijk);
- minimaal één profiel per plaatlengte dient in het vlak van het dak haaks op het profiel buigstijf te zijn (bijv. omegaprofiel) of plaatselijk met aanvullende voorzieningen buigstijf zijn gemaakt (bijv. Z-profiel inclusief zgn. gordingsteun).



## 5.3 Waterdichtheid

Bij dakconstructies, waarbij op de dragende ondergrond van geprofileerde stalen dakplaten een isolatie en dakbedekking worden aangebracht, spelen de metalen profielplaten bij de waterdichtheid van de dakconstructie geen rol. Bij dakconstructies, waarbij op de ondergrond van geprofileerde stalen dakplaten een isolatie en een 'koud'dakbeplating wordt aangebracht, dient deze laatstgenoemde beplating de waterdichtheid te garanderen (tenzij hieronder een waterdichte laag is aangebracht). Een waterkerende laag in de opbouw heeft bij de waterdichting dus geen functie en is alleen bestemd en geschikt om kleine hoeveelheden condens af te voeren.

Omdat metalen 'koud'dakbeplating een schubvormige afwerking is, is deze ongeschikt voor drukkend water en dus daarmee voor de toepassing op platte daken. Een adequate en snelle afvoer van neerslag vanaf het dakvlak en het uitsluiten van plasvorming, en dus van staand water tegen de overlappen, zijn derhalve een eerste vereiste. Zie verder ook de 'minimale ontwerppunten'.

### Belastingen

Een 'koud'dakconstructie dient waterdicht te zijn conform NEN 2778. Dit kan worden aangetoond middels de NEN-EN 1027, NPR 2877 en/of NEN 2778. Voor afdaken, overkappingen e.d. kunnen op basis van deze normen afwijkende eisen/toetsingsmethoden van toepassing zijn.

### Minimale ontwerppunten ('koud'dakconstructie)

- Om een waterdichte dakconstructie te verkrijgen gelden de volgende uitgangspunten:
- 'koud'dakplaten tegen de heersende windrichting in monteren. In zijn algemeenheid is dit een advies maar bij Windgebied I (NEN-EN 1991-1-4 NB) en/of gebouwen hoger dan 15 m en/of bij de toepassing van geprofileerde lichtdoorlatende elementen een eis;
- tegennaden in 'koud'dakbeplating of in aansluitingen hiervan op andere (constructie)delen, dus naden tegen de afstroomrichting van het water in, zijn nimmer toegestaan;
- bevestiging van de 'koud'dakbeplating aan de onderconstructie kan in theorie zowel in ieder dal dan wel op iedere top plaatsvinden. Bevestiging op de top (altijd inclusief kallot) heeft de voorkeur bij:
  - bevestiging van de 'koud'dakbeplating op houten gordingen;
  - bij de montage van profielbeplating met een golfhogte kleiner dan 25 mm. In andere situaties zal de voorkeur afhangen van overwegingen betreffende o.a.:

- temperatuursvervormingen van de beplating en de eventueel daaruit volgende krachten op
- de bevestigingen en/of aansluitende delen;
- kosten van de verbinding;
- risico van beschadiging, vervuiling en/of aantasting van toegepaste materialen.

Indien de opdrachtgever een specifieke wijze van bevestiging voorstaat, dient dit expliciet in het bestek of de betreffende tekeningen vermeld te staan.

- de minimale onderlegringdiameter bedraagt 19 mm (bij montage op de top is dit minimaal 14 mm);
- eventueel toe te passen afdichtingsbanden dienen te zijn afgestemd op functie, voegbewegingen en type en materiaal beplating en zorg te dragen voor een volledige dichting;
- voor de uitvoering van de overlappen gelden onderstaande richtlijnen (er zijn situaties mogelijk, bijv. zeer lange dakschilden, dakschilden waarop hoger gelegen gevel/dakdelen afwateren en direct aan zee, dat er zwaardere voorwaarden moeten worden gesteld):

Wijze van uitvoeren eindoverlap (200 mm)*	Wijze van uitvoeren langsoverlap */**	Dakhelling
Niet toepasbaar	Niet toepasbaar	< 2°
Niet toepasbaar	Als felsverbinding (zelfdragende platen)	≥ 2°
Zonder eindoverlap ( in één lengte van nok naar goot)	Dubbel + afdichtingsband	5 – 7°
Met dubbele afdichtingsband ***	Dubbel + afdichtingsband	7 – 15°
Met dubbele afdichtingsband ***	Met afdichtingsband	> 15°

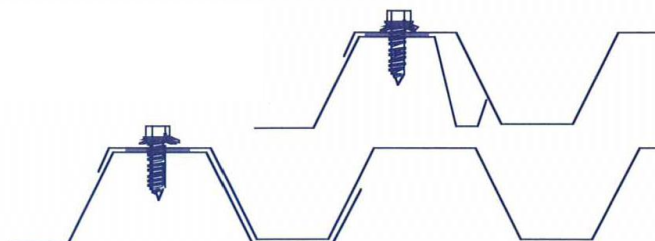
\* Binnenland, tot 35 m bouwhoogte, onder normale omstandigheden (dwz. niet aan de kust)

\*\* Platen met een profielhoogte < 25 mm dienen altijd met een dubbele langsoverlap te worden uitgevoerd.

\*\*\* Banden aan onder- en bovenuiteinde van de eindoverlap plaatsen (zie tekening volgende pagina)

Toelichting:

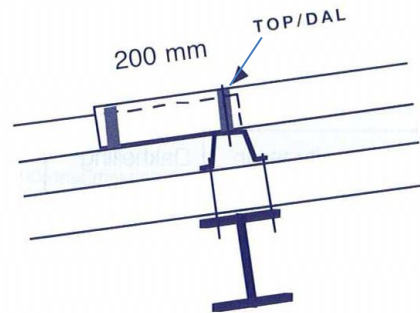
- Dubbele langsoverlap:



- Enkele langsoverlap:



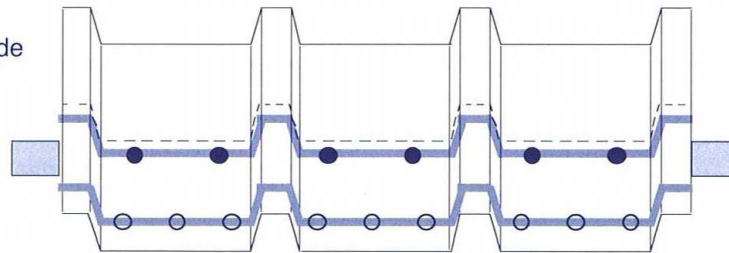
- afdichtingsband in de eindoverlap dient dicht te worden 'getrokken' met een (aanvullende) bevestiging in het dal (n.v.t. bij dalbreedten < 50 mm) met een onderleggingdiameter van minimaal Ø19 mm. Deze bevestiging t.p.v. de onderste band plaatsen (op de top minimaal Ø14 mm).



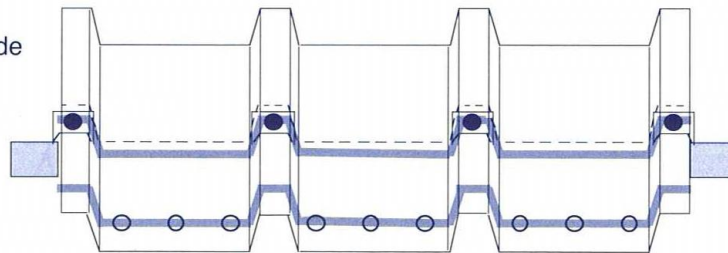
● | = primaire bevestiging

○ = secundaire bevestiging

In het dal  
gemonteerde  
plaat



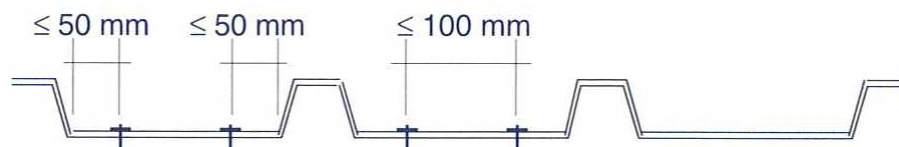
Op de top  
gemonteerde  
plaat



$> 8^\circ$ : overlap 200 mm en 2 afdichtingen

*(Het aantal primaire bevestigingsmiddelen dient door de constructeur per project te worden bepaald)*

Het aantal schroeven per dal, dat wordt toegepast om de overlap aan zijn onderuiteinde 'dicht te trekken', volgt uit de eis dat de afstand van een schroef tot de rand van het dal niet meer mag zijn dan 50 mm en de h.o.h.-afstand tussen de schroeven niet meer dan 100 mm;



- in de langsoverlap van stalen beplating h.o.h. 500 mm (dakhelling  $< 7^\circ$ ) resp. h.o.h. 1000 mm (dakhelling  $\geq 7^\circ$ ) secundaire bevestigingsmiddelen aanbrengen. Bij een aluminium beplating geldt als h.o.h.-afstand altijd 500 mm (deze bevestiging kan worden gerealiseerd met schroeven of gasdichte blindklinknagels);
- lichtdoorlatende elementen (vallen niet onder deze richtlijn), in de profilering van de aansluitende beplating, kunnen worden toegepast vanaf dakhellingen van  $7^\circ$ . Dergelijke elementen bij voorkeur in één doorlopende baan van nok naar goot aanbrengen. Voorkomen dient te worden dat er sprake is van een samenkomst van drie of vier platen (t.p.v. kruispunt langsoverlap met eindoverlap), waarbij kunststofplaat tussen de buitenplaten van de aansluitende metalen platen wordt gesitueerd. Kunststof platen met bevestigingsmiddelen met een

onderlegging van minimaal Ø29 mm vastzetten, in overmaats geboorde gaten;

- (aansluitingen op) dakdoorbrekingen zodanig uitvoeren, dat deze niet het vrij afstromen van regenwater in één of meer dalen blokkeren;
- ook aansluitingen op de nok, goot, windveer e.d. blijvend waterdicht uitvoeren;
- altijd onder de isolatie een dampremmende laag of dampscherm aanbrengen.

### **Waterkerende, dampopen folie**

In metalen 'koud'dakconstructie hebben waterkerende en dampopen folies geen functie in het kader van de waterdichtheid van het dak. Indien er sprake van een aanzienlijke vochtbelasting in de spouw onder de kouddakplaten dan volstaat een waterkerende folie niet maar dient men te kiezen voor een waterdichte laag (zoals dakbedekking). Omdat deze i.t.t. een waterkerende folie dampdicht is, impliceert het toepassen hiervan aan de koude zijde van de isolatie dat aan de warme zijde van de isolatie dan een zeer dampdichte laag noodzakelijk is.

## **5.4 Winddichtheid/luchtdoorlatendheid**

### **Belasting**

De winddichtheid van een 'koud'dakconstructie, in de vorm van een dubbeldak, wordt verzorgd door een luchtstromingsdichte/dampremmende laag in de opbouw. Het achterwege laten van een dergelijke winddichting wordt vanaf klimaatklasse II ten stelligste afgeraden (zie verder Hoofdstuk 5.6).

De winddichtheid van een 'koud'dakconstructie, in de vorm van een enkeldak met spandeken wordt verzorgd door de dampremmende laag (caching) aan de binnenzijde van deze deken. Het achterwege laten van een dergelijke winddichting wordt vanaf klimaatklasse II ten stelligste afgeraden (zie verder Hoofdstuk 5.6). De winddichtheid van een warmdakconstructie, in de vorm van een metalen onderconstructie van geprofileerde staalplaten met daarop isolatie en dakbedekking wordt verzorgd door deze dakbedekking (en een eventuele dampremmende laag in de opbouw). Of er een dampremmende laag aanwezig dient te zijn, valt niet onder de verantwoordelijkheid van de verwerker van de metalen dakplaten.

Enkele beplating (dus zonder isolatie) biedt dus geen winddichte afwerking. Gezien de toepassing van dit type afwerking ('eenvoudige' hal) zal dit gewoonlijk niet als een probleem behoeven te worden ervaren. Indien wel een winddichting is gewenst, kan men dit realiseren door de enkele beplating t.p.v. overlappen en aansluitingen aanvullend af te dichten. Omdat in deze situatie water- en winddichting beide (!) door deze overlappen en aansluitingen moeten worden verzorgd, is de uitvoering hiervan kritisch. Daarom wordt deze oplossing niet aanbevolen.

Dakconstructies met daarin opgenomen een winddichte laag in de vorm van een luchtstromingsdichte/dampremmende laag en/of dakbedekking zullen wat betreft winddichtheid zeer goed kunnen presteren en dus een zeer lage luchtdoorlatendheid kunnen hebben. Voorwaarde is wel dat dit scherm inderdaad in de praktijk ook dicht is. Zie verder 'minimale ontwerpuitgangspunten'.

### **Minimale ontwerpuitgangspunten**

Met het oog op het behalen van een voldoende winddichte dakconstructie (conform de eisen van het Bouwbesluit) gelden de volgende uitgangspunten:



- om aan de luchtdoorlatendheidseis conform het Bouwbesluit te voldoen is het noodzakelijk voorzieningen te treffen in samenhang met de windbelasting op het dak (bij geïsoleerde constructies voorzien van een 'koud' dakbeplating is het achterwege laten van een luchtstromingsdichte/dampremmende laag aan de binnenzijde van de isolatie ten stelligste af te raden);
- bij het toepassen van een winddichte laag (dampremmende laag) (mede) vanuit het oogpunt van winddichtheid, dient deze laag met grote zorgvuldigheid te worden aangebracht;
- de overlappen en aansluitingen van deze laag op andere (constructie)delen dienen over hun volledige lengte te worden afgetapet;
- bij het aanbrengen van bevestigingen door deze laag heen dient de uiterste zorgvuldigheid te worden betracht om de laag zo minimaal mogelijk te beschadigen;
- scheuren, gaatjes of andere onvolkomenheden in de winddichte (dampremmende) laag dienen onmiddellijk en volledig te worden gerepareerd;
- bij de toepassing van de onderbeplating als winddichting dienen alle overlappen en aansluitingen met de grootste zorg en volledig te worden afgedicht. In de praktijk blijkt dit een risicovolle activiteit. Deze oplossing heeft daarom niet de voorkeur;
- winddichte lagen dienen zodanig door te worden gezet, dat ook aansluitingen winddicht zijn.

## 5.5 Thermische isolatie

### Aandachtspunten

Eventuele profielen, waaraan de buitenbeplating wordt bevestigd, kunnen lijnvormige koudebruggen vormen. Dit type koudebrug heeft een (sterk) negatieve invloed op de  $R_c$ -waarde van de constructie. Dit geldt ook, zij het in mindere mate, in de situatie dat de isolatie tussen profielen en buitenbeplating gecomprimeerd doorloopt. In dit opzicht zijn Z-profielen gunstiger dan Omega-profielen. Het opvullen van de holle ruimte van dit laatste profieltype geeft wat dit betreft wel enige, maar geen doorslaggevende vermindering van de koudebrugwerking.

Het aantal meters lijnvormige koudebruggen per  $m^2$  dakvlak (dwz. de h.o.h. afstand tussen de tussen profielen), de afmetingen en vorm van de tussenprofielen, de dikte van de isolatie in de dakconstructie en de dikte (dus ook de eventuele mate van compressie) van de eventuele isolatie t.p.v. de lijnvormige koudebruggen bepalen de  $R_c$ -waarde van de constructie. Hierop van (beperkte) invloed zijn verder nog de puntvormige koudebruggen (bevestigingsmiddelen).

Hieronder zijn ter indicatie de  $R_c$ -waarden van een dakconstructie als functie van de isolatiedikte en h.o.h.-afstand van de Z-profielen berekend m.b.v. een 3-dimensionaal warmteverliesprogramma gebaseerd op de eindige elementenmethode. Hierin is de negatieve invloed van de lineaire thermische bruggen verdisconteerd. Om een exacte waarde vast te kunnen stellen is een numerieke berekening noodzakelijk conform de NEN 1068.

*Invloed van h.o.h.-afstand tussenprofielen en isolatiedikte tussen deze profielen op de R<sub>c</sub>-waarde van een dubbeldak (indicatief)*

		H.o.h.-afstand Z-profielen (mm)					
		1000	1200	1400	1600	1800	2000
Isolatie dikte (mm)	100	1,25	1,36	1,45	1,53	1,59	1,65
	120	1,48	1,61	1,72	1,81	1,90	1,97
	140	1,70	1,86	1,99	2,10	2,20	2,28
	160	1,93	2,11	2,26	2,39	2,50	2,60

Een 'eenvoudig' contactbandje op alle profielen, of een ter plaatse gecompriëerde isolatiedeken, levert een beperkte verbetering van de R<sub>c</sub>-waarde op. (Opgemerkt dient echter te worden dat de rekenkundige onderbouwing hiervan problematisch kan zijn, omdat de exacte restdikte van contactband/isolatiedeken in de praktijk niet bekend is, maar wel van grote invloed is op het rekenresultaat.)

Om een verminderde thermische prestatie van de dakconstructie als gevolg van interne convectie te voorkomen, dient (aan de warme zijde van de isolatie) een dampremmende laag/luchtscherm te worden toegepast.

## 5.6 Vochthuishouding

### Oppervlaktecondensatie

Bij 'normale' binnencondities (indicatief 20 °C; RV = 50%) is bij metalen dakconstructies met een metalen onderbeplating geen oppervlaktecondensatie te verwachten, zelfs niet aan de binnenzijde van eventuele lijnvormige koudebruggen.

Uitzondering hierop vormen de situaties dat deze koudebruggen niet alleen worden afgekoeld door warmtegeleiding maar ook nog door luchtstromingen van koude buitenlucht. Dit laatste risico is uit te sluiten door boven de isolatie een winddichte (damp-open) laag aan te brengen (zie onder 'inwendige condensatie').

Metalen dakconstructies bestaande uit isolatie met daarboven een 'koud' dakbeplating (dus zonder binnenbeplating) kunnen aandacht vragen m.b.t. oppervlaktecondensatie en dan met name t.p.v. de onderzijde van de bevestigingsmiddelen die door de isolatie heen steken. Bij verwarmde en/of vochtige ruimten onder het dak is daarom een controleberekening aan te bevelen.

### Inwendige condensatie

Bij een dakspouw is het belangrijk deze vorm van condensatie te voorkomen, omdat immers bij een dak de zwaartekracht ervoor kan zorgen dat dit vocht naar binnen kan dringen. Ventilatie speelt hierbij nauwelijks en mogelijk zelfs (zie hieronder bij 'nachtelijke uitstraling') een negatieve rol!

Inwendige condensatie dient dus te worden voorkomen of in ieder geval tot een minimum te worden beperkt door de binnenafwerking zo luchtstromingsdicht mogelijk te maken. Deze dampdichting, gewoonlijk in de vorm van een dampremmende laag op de dragende onderconstructie, dient zich direct onder de isolatie te bevinden om ook interne convectie te voorkomen.

Bij warmdakconstructies is er sprake van het risico op inwendige condensatie door dampdiffusie als functie van de binnencondities. De reden is de aanwezigheid van een relatief damp'dichte' laag, in de vorm van de dakbedekking, aan de buitenzijde van de isolatie. De dampdiffusieweerstand van de dampremmende laag dient hierop te zijn afgestemd om de hoeveelheid inwendige condensatie te beperken en om de cumulatie van vocht in de constructie-opbouw te voorkomen.

'Koud'daksystemen bestaande uit isolatie (al of niet in een draagstructuur) met daarboven en daar doorheen bevestigde 'koud'dakbeplating worden, vanuit het oogpunt van o.a. vochtuithouding, niet aanbevolen. Dakconstructies bestaande uit een een 'koud'dakbeplating met een spandeken inclusief dampremmende laag zijn alleen toepasbaar boven ruimten met Klimaatklasse I. De reden hiervan is dat de naden tussen de spandekens onderling niet worden afgetapet maar dat de overlappen van de dampremmende laag ter plaatse slechts in elkaar worden gerold en worden afgeniët.

De functie van een eventuele waterkerende, dampdoorlatende folie aan de buitenzijde van de isolatie dient als aanvullend te worden gezien: uitsluitend onder de voorwaarde dat de constructie aan de binnenzijde luchtstromingsdicht is gemaakt en daarmee de inwendige condensatie is voorkomen of in ieder geval tot een minimum beperkt, kan deze waterkerende en dampopen laag een eventuele minimale restcondensatie onder de buitenbeplating opvangen en afvoeren. Deze laag is echter ongeschikt voor het afvoeren van grote hoeveelheden vocht die het gevolg zijn van het niet of op onjuiste manier tegengaan van inwendige condensatie. Om eventuele kleine hoeveelheden condens af te kunnen voeren dient de spouw aan de gootzijde open te blijven.

Voor klimaatklasse II en hoger is de toepassing van een waterkerende dampdoorlatende folie onder de 'koud'dakbeplating verplicht (n.v.t. bij de toepassing van een waterdichte laag onder deze beplating en n.v.t. bij het ontbreken van een luchtspouw tussen de isolatie en deze beplating). Het is van groot belang dat deze folie strak en volgens voorschrift van de leverancier wordt verwerkt.

## **Nachtelijke uitstraling**

Condens door nachtelijke uitstraling is een verschijnsel dat zich tijdens koude, heldere winternachten voordoet. Het risico dat dit overlast veroorzaakt, kan tot een minimum worden beperkt door de spouw niet te ventileren met buitenlucht (ventilatie hiermee levert immers nauwelijks een bijdrage aan de vochtafvoer uit de spouw). Dit betekent dat de dakspouw aan de bovenzijde (nok) afgesloten dient te worden. Wat er eventueel toch nog aan condensatie wordt gevormd, dient middels de waterkerende dampdoorlatende folie via de het onderuiteinde uit de dakconstructie te worden geleid.

Bij ongeïsoleerde metalen 'koud'dakconstructies is deze vorm van condens met name bij heldere, koude nachten nooit geheel uit te sluiten. In deze situatie dient derhalve de oplossing gezocht te worden in het opheffen of in ieder geval tot een minimum beperken van de mogelijke overlast door deze condensatie.

Hiertoe is er dakbeplating verkrijgbaar, die standaard is voorzien van een vochtabsorberende laag aan zijn onderzijde. Deze laag is in staat condens op te nemen en in een droge periode aan de binnenlucht weer af te staan.

M.b.t. dakplaten met een vochtabsorberende laag gelden de volgende randvoorwaarden:

- vochtabsorberende voorzieningen zijn alleen geschikt voor toepassing in een ongeïsoleerde dakconstructie;
- vochtabsorberende lagen zijn uitsluitend geschikt in situaties dat er sprake is van kortstondige vochtpieken en dus oppervlaktecondensatie (maar niet in situaties dat er sprake is van een langdurige hoge vochtigheid);
- er moet op worden gelet dat via de absorberende laag geen afstroming van condensvocht kan optreden die alsnog bij aansluitingen, opleggingen e.d. voor overlast kan zorgen.

## Minimale ontwerpuitgangspunten

Om tot een goede vochthuishouding te komen gelden op basis van bovengenoemde drie condensatievormen de volgende minimale uitgangspunten:

- aan de binnenzijde (warme zijde) van de dakconstructie dient deze luchtstromingsdicht (en dampdicht) te worden gemaakt. De dampdichtheid afstemmen op de binnencondities;

Klimaat-klasse	Type gebouw *	Dampdruk (Pa)	'koud'dakbeplating met isolatie	Geïsoleerd dubbeldak **	Warmdak ***
I	opslagloods, garage, schuur	≤ 1080	nee	nee	advies dakdekker
II	woningen, kantoren, winkels	> 1080 ≤ 1320	ja ****	ja	advies dakdekker
III	scholen, verpleeginrichtingen, recreatiecentra	> 1320 ≤ 1430	n.v.t.	ja *****	advies dakdekker
IV	zwembaden, wasserijen, drukkerijen	> 1430	n.v.t.	ja *****	advies dakdekker

\* Deze lijst is niet uitputtend en uitsluitend bedoeld als voorbeeld. Specifieke omstandigheden in een gebouw kunnen specifieke voorzieningen vereisen

\*\* Warm- en 'koud'dakbeplating met daartussenin isolatie

\*\*\* Warmdakbeplating met daarop isolatie en dakbedekking

\*\*\*\* Dit type dak zal dikwijls bij de hierbij genoemde bouwtypen niet voor de hand liggen

\*\*\*\*\* Een hygrische berekening is in deze situatie te allen tijde aan te bevelen

- indien een dampremmende laag wordt toegepast, is het essentieel dat beschadigingen en/of perforaties in deze laag direct worden gerepareerd en dat overlappen in deze laag en aansluitingen hiervan op andere bouwkundige delen worden afgetapet;
- de eventuele spouw dient niet te worden geventileerd met buitenlucht. Dit betekent dat deze (alleen) aan de bovenzijde dient te worden afgesloten;
- luchtstromingsdichte (dampremmende) lagen dienen zodanig door te worden gezet, dat ook aansluitingen luchtstromings(damp)'dicht' zijn;
- vanaf klimaatklasse II dient een waterkerende, dampdoorlatende folie te worden toegepast, verwerkt volgens het voorschrift van de leverancier.

## 5.7 Geluidsisolatie en -absorptie

### Geluidsisolatieprestatie

Voor indicatieve geluidsisolatieprestaties van dakconstructies, bij belasting door verkeersgeluid, zie Bijlage A.7.

### Prestaties m.b.t. flankerende transmissie

Voor achtergrondinformatie hoe geluidsoverdracht door flankerende transmissie te beïnvloeden, zie Bijlage A.7.

## Geluidsabsorptieprestatie

Voor indicatieve geluidsabsorptieprestaties van dakconstructies, zie Bijlage A.7.

Opmerking: Bij het kiezen voor een (gedeeltelijk) geperforeerde warmdakbeplating om het absorberend vermogen van de dakconstructie te verhogen en daarmee de nagalmtijd in de onderliggende ruimte te bekorten, dient er rekening te worden gehouden met de mogelijke consequenties voor de luchtstromings(damp)dichtheid van de opbouw en met de reductie van de overspanningscapaciteit van de beplating.

Bij het toepassen van een akoestische isolatie in de cannelures en/of bovenop de dakplaten is het aan te bevelen deze in te sealen in een akoestisch open folie. Dit om esthetische redenen en om te voorkomen dat deze materialen stofoverlast geven. Bij akoestische isolatieplaten gelegd op de dakplaten kunnen ook niet-ingesaalde platen worden toegepast onder de voorwaarde dat eerst een akoestisch open folie worden aangebracht.

## 5.8 Brandveiligheid

### Algemeen

Inzake de brandwerendheidsprestaties van metalen dakconstructies is bekend dat de keuze van het type profiel en de grootte van de overspanning de maatgevende factoren zijn voor de te behalen brandwerendheidsprestatie.

De WBDBO-eis voor daken is maatwerk en is afhankelijk van de situering van het gebouw in relatie tot haar omgeving. Het bepalen van de methode om te kunnen voldoen aan deze eis voor daken is maatwerk en deze wordt onder andere beïnvloed door:

- aanwezigheid van hoger opgaande gevel;
- aanwezigheid van lichtstraten en rookluiken;
- aanwezigheid van mogelijk gevaarlijke situatie onder het dak;
- vuurbelasting van en in het gebouw.

Er kan, afhankelijk van afstand tot de perceelgrens/belendende bebouwing/openbare weg en van de hoogte van verdiepingsvloeren, een eis gelden inzake de brandgevaarlijkheid van het dak (volgens NEN 6063).

### Minimale ontwerpuitgangspunten

Met het oog op het behalen van de gevraagde brandwerendheid gelden de volgende uitgangspunten: ontwerpkeuzes, die van invloed zijn op de te behalen prestatie zijn o.a.:

- opbouw van dakconstructie (enkel/dubbel dak);
  - gebruikte metalen (staal of aluminium);
  - wijze van bevestigen aan de onderconstructie;
  - grootte van de overspanning;
  - onderlinge bevestiging van beplating;
  - wijze van bevestiging buitenbeplating;
  - onderlinge koppeling van buitenbeplating;
  - uitvoering van aansluitingen en overlappen van buitenbeplating;
  - toepassen van (aanvullende) afdichtingsmaterialen;
  - type, dikte, densiteit en wijze van toepassing van brandveilige isolatiematerialen.

- inzake de detaillering gelden o.a. de volgende zaken:
  - hetzelfde prestatieniveau aanhouden als de aansluitende gevelconstructie;
  - holle ruimten opvullen met onbrandbaar isolatiemateriaal A1 (volgens NEN-EN 13501-1);
  - t.p.v. de eventuele aansluiting dak op brandmuur/vloer voorzieningen treffen om
  - brandoverslag binnen de voorgeschreven minimum periode uit te sluiten.

## 5.9 Levensduur

### Minimale ontwerpuitgangspunten

Met het oog op het behalen van een goede levensduur gelden de volgende uitgangspunten:

- dak voldoende afschot geven. Zie verder Hoofdstuk 5.3;
- geen tegennaden toepassen (tegen de afstroomrichting van het regenwater in);
- noch in de dakopbouw zelf noch in de detaillering mogen voegen, naden of aansluitingen voorkomen, waarin of waardoor afstromend water kan worden opgesloten dan wel gehinderd kan worden bij het afvloeien. Dit betekent dus ook dat een eventuele dakdoorbreking niet één of meerdere dalen van een 'koud'dakplaat over de volledige dalbreedte mag afsluiten. Tenzij de waterafvoer middels een aanvullende constructie is gewaarborgd. Zie verder paragraaf 2.9.

## 5.10 Uiterlijk, toleranties

### Minimale ontwerpuitgangspunten

Met het oog op het behalen van een esthetisch minimum niveau gelden de volgende uitgangspunten (zie verder ook Hoofdstuk 5.2 Statica) (deze zijn er op gebaseerd dat aan het betreffende dakvlak geen specifieke esthetische eisen worden gesteld):

- dragende warmdakplaat (bijv. 106R/750):
  - minimale dikte: 0,75 mm
  - vanaf profielhoogten 110 mm wordt (bij geperforeerde platen) uitsluitend het lijf geperforeerd.
- gezette tussenprofielen:
  - minimale dikte: 1,0 mm bij staal en 1,6 mm bij aluminium (om terugdraaien van schroeven te voorkomen kan een grotere dikte noodzakelijk zijn. Zie Hoofdstuk 2.2)
- 'koud'dakplaat:
  - minimale dikte:
    - staal (bijv. 58KD/945): 0,7 mm
    - Functioneel gezien kan bij deze toepassing ook worden volstaan met een minimale dikte van 0,63 mm. Het gevolg hiervan kan zijn dat het gemonteerde dak esthetisch van mindere kwaliteit is.*
    - aluminium: 0,8 mm
    - Functioneel gezien kan bij deze toepassing ook worden volstaan met een minimale dikte van 0,70 mm. Het gevolg hiervan kan zijn dat het gemonteerde dak esthetisch van mindere kwaliteit is. Onder het verdere voorbehoud dat sommige profielsoorten in genoemde diktes niet te produceren zijn.*
- bevestigingsmiddelen:
  - deze zoveel mogelijk (echter zonder afbreuk te doen aan het constructieve gedrag) in een vast patroon en in doorgaande lijnen aanbrengen.

Bovenstaande diktes dienen als een minimum te worden beschouwd.

Bij een enkele, ongeïsoleerde 'koud' dakbeplating is vanaf de binnenzijde de onderkant van de beplating zichtbaar. Indien niet nader gespecificeerd, is deze standaard voorzien van een primer en backcoating. Hieraan kunnen geen esthetische verwachtingen worden ontleend.

De wijze en kwaliteit van detailleren heeft een grote, zo niet een doorslaggevende invloed, op de esthetische kwaliteit. In dit kader zijn in Bijlage A aanbevelingen opgenomen m.b.t. het detailleren van de aansluitingen. Ook in Hoofdstuk 2.10 zijn in dit kader aanbevelingen gegeven.

Verder spelen de maattoleranties en de vlakheid van de toegepaste materialen een rol. Lit. 83 vermeldt de hierbij horende eisen.

De kwaliteit van de achterconstructie heeft ook een belangrijke invloed op de esthetische kwaliteit van het dak. Bij de montage op een staal- of aluminiumconstructie zijn de NEN-EN 1090-2 en NEN-EN 1090-3 van toepassing. Wat betreft de toelaatbare montage-toleranties voor deze constructies gelden de functionele toleranties conform Klasse 1. Uitzondering vormt de situatie dat er door de toleranties dan in het geval van platte daken onvoldoende afschot resteert. Dan dienen zwaardere en gepaste tolerantie-eisen te worden gehanteerd.

Bij de montage op een niet-metalen onderconstructie (zoals beton, hout e.d.) zijn de toleranties over het algemeen te groot om hier direct op dakplaten te kunnen monteren. Derhalve dient eerst een instelbare metalen overgangconstructie tussen beide te worden toegepast (tenzij de onderliggende niet-metalen constructie voldoet aan de bovengenoemde toleranties conform NEN-EN 1090-2).

Deze instelbare overgangconstructie dient te voldoen aan de bovengenoemde toleranties conform NEN-EN-1090-2.

Voor de verantwoordelijkheid m.b.t. de afstemming tussen achterconstructie en de (visuele kwaliteit van de) dakconstructie zie Hoofdstuk 2.10.

En tenslotte is het werk van de monteur van grote invloed op de esthetische kwaliteit van het eindresultaat. Dit is een kwestie van goed vakmanschap en als zodanig niet in een richtlijn af te dekken.

### 6.1 Inleiding

#### Omschrijving systeem

Bij gevelconstructies met enkele beplating zonder binnenafwerking dient de toegepaste plaat gelijktijdig als water- en winddichting (in die gevallen dat er een relevante eis van toepassing is). Met een binnenafwerking of bij constructies met aan de binnenzijde een luchtstromings/dampdichte laag, dient deze als alleen als waterdichting. De enkele beplating neemt de (wind)belastingen op en draagt deze aan de achterliggende constructie, dikwijls in de vorm van regels, af. De beplating kan zowel horizontaal als verticaal worden aangebracht. Deze regels kunnen op hun beurt de belasting overdragen op de (stalen) draagconstructie. Aan de binnenzijde van de enkele beplating kan isolatie zijn aangebracht. Als enkele beplating komen o.a. trapeziumvormige profileringen en golfprofielen in aanmerking.

#### Toepassingsgebied systeem

Enkele gevelbeplating voor uitsluitend een draagconstructie leent zich bijzonder goed voor de volgende toepassingen en situaties:

- opslaghallen van uiteenlopende goederen, in alle vormen en maten, die geen bepaalde binnencondities behoeven;
- productiefaciliteiten voor uiteenlopende productieprocessen die geen bepaalde binnencondities behoeven;
- afdaken, stallingen, overkappingen e.d.

Indien aan de enkele beplating isolatie wordt toegevoegd, komt dit geveltype vooral in aanmerking voor gebouwen die beperkt (tot max. 14 °C) worden verwarmd zoals bepaalde typen opslaghallen. Gevelconstructies bestaande uit een enkele beplating komen alleen in aanmerking voor gebouwen met een referentieperiode van maximaal 15 jaar conform Eurocode 0.

#### Randvoorwaarden systeem

Aan de metalen gevelconstructie mogen zonder aanvullende voorzieningen (bijv in de vorm van plaatverstijvingen, extra onderconstructie, voorzieningen t.b.v. belastingspreiding o.i.d.) geen elementen, als afzuiginstallaties, verwarmingsbuizen of lopende bandsystemen worden gehangen. Voor de maattoleranties waar de achterconstructie aan dient te voldoen zie Hoofdstuk 6.10.

### 6.2 Statica

#### Belastingen

Winddruk en -zuiging worden opgenomen door de enkele beplating. Aangenomen mag worden dat over- en onderdruk worden opgenomen door de binnenafwerking, indien deze een dragende functie kan vervullen. Ontbreekt deze, dan worden over- en onderdruk ook door de enkele beplating opgenomen. Bij gevels met grote openingen kan er sprake zijn van geen of een geringe over- en onderdruk, maar er kan ook sprake zijn van, o.a. afhankelijk van de grootte van de openingen, extra hoge drukken. Dit is projectmatig door de constructeur vast te stellen. Winddruk- en zuiging, en bij het ontbreken van een binnenafwerking ook de eventuele onder- en overdruk, belasten dus deze buitenbeplating, hun bevestigingen aan de



achterliggende constructie, eventuele profielen (en hun bevestigingen) en eventuele achterconstructie en hun bevestigingen aan de achterliggende constructie.

Het eigengewicht van de gevel hoeft niet bij de toetsing van de toegepaste bevestigingsmiddelen in rekening te worden gebracht onder de voorwaarde dat dit eigengewicht geen moment op deze bevestigingen uitoefent (dit betekent dat bij systemen, waarbij tussen buitenbeplating en achterconstructie een ongecomprimeerde isolatie is aangebracht, de buitenbeplating en eventueel ook de profielen met een aanvullende voorziening tegen zakken ondersteund moeten worden tenzij het isolatiemateriaal aantoonbaar en kwantificeerbaar een rol speelt bij de belastingsafdracht).

Temperatuursbelastingen kunnen maatgevend zijn. Deze kunnen leiden tot schade aan de bevestiging, vervormen van de constructie en/of 'geluiden uit de gevel'. Of dit aan de orde kan zijn is o.a. afhankelijk van type, vorm en materiaal beplating, kleur van de coating, lengte van de beplating, geveloriëntatie, stijfheid van achterconstructie, wijze van bevestigen, de flexibiliteit van de onderconstructie en uitvoering van eindoverlap. Per project en per gevel dient men, o.a. op basis van bovengenoemde invloedsfactoren, de invloed en eventuele risico's van temperatuursbelastingen in te schatten.

### **Minimale ontwerppunten**

Voor de eventuele toepassing van verticale tussenprofielen gelden de volgende minimale (constructieve) voorwaarden:

- per profielplaatlengte steeds minimaal één profiel buig- en torsiestijf in het vlak van de gevel uitvoeren;
- haaks op het vlak van de gevel dient de beplating zodanig aan de achterliggende constructie te worden bevestigd, dat er geen secundaire momenten in de constructieopbouw worden geïntroduceerd. Daar waar dit door de vorm van het profiel niet mogelijk is, dient de beplating de mogelijk hieruit voortkomende (wrik) krachten op te kunnen nemen;
- beplating in ieder dal aan de achterliggende constructie bevestigen. Bij profielplaten met een golfafstand 125 mm kan bij tussenopleggingen steeds een dal worden overgeslagen. Bijzondere profielvormen kunnen eigen voorwaarden hieraan stellen.
- indien tussen achterliggende constructie en buitenbeplating ongecomprimeerde isolatie is aangebracht, iedere plaat steunen tegen (uit)zakken (tenzij het isolatiemateriaal aantoonbaar en kwantificeerbaar een rol speelt bij deze belastingsafdracht). Deze functie kan niet worden vervuld door de bevestigingsmiddelen waarmee deze buitenplaat aan de achterliggende constructie is bevestigd;
- tevens secundaire bevestigingsmiddelen aanbrengen, daar waar het risico bestaat dat de aansluiting tussen twee ongelijk belaste platen als gevolg hiervan kan gaan wijken;
- bij het bepalen van het bevestigingspatroon van de buitenbeplating deze zodanig kiezen dat (te) grote locale vervormingen hierin worden voorkomen.

## **6.3 Waterdichtheid**

### **Belasting**

Indien de gevelconstructie op basis van het Bouwbesluit en/of de contractuele overeenkomst waterdicht dient te zijn conform de NEN 2778 dan is een gevel bestaande uit een enkele beplating hiervoor niet de geëigende oplossing.

NEN-EN 12865 omschrijft een tetsmethode om de waterdichtheid van gevelconstructies te bepalen.

De waterdichting wordt in principe verzorgd door de enkele beplating. Een kleine hoeveelheid lekwater (in de spouw, indien aanwezig), is wel toegestaan als dit maar te allen tijde naar buiten toe kan worden afgevoerd en dit water dus niet een negatieve invloed heeft op het functioneren van de constructie en/of op de levensduur en dus ook niet aan de binnenzijde

van de opbouw kan uittreden.

## 6.4 Winddichtheid/luchtdoorlatendheid

### Belasting

Indien de gevelconstructie op basis van het Bouwbesluit en/of de contractuele overeenkomst aan de Bouwbesluit-eis betreffende luchtdoorlatendheid dient te voldoen, dan is een gevel bestaande uit een enkele beplating hiervoor niet de geëigende oplossing.

NEN-EN 12144 omschrijft een tetsmethode om de winddichtheid van gevelconstructies te bepalen.

In welke mate er een winddichtingseis van toepassing is, hangt af van de functie van het gebouw, de daarin opgeslagen goederen c.q. uitgevoerde activiteiten en/of omschrijving in het bestek.

Dit dient door de opdrachtgever projectmatig te worden aangegeven.

De winddichting bij het ontbreken van een binnenafwerking dient in principe te worden verzorgd door de enkele beplating, tenzij deze functie door de eventueel aanwezige isolatie kan worden vervuld. Dit is het geval bij spandekens met aan de binnenzijde een dampremmende laag en bij plaatvormige isolatie met aan de binnenzijde luchtstromingsdicht gemaakte voegen en aansluitingen. De spouw tussen de isolatie en de gevelplaten dient in dat geval aan de bovenzijde met vulstroken te zijn dichtgezet.

Bij de aanwezigheid van een binnenafwerking wordt er in principe vanuit gegaan dat deze afwerking de winddichtheid verzorgt. Ongeïsoleerde gevelconstructies zijn niet winddicht.

## Minimale ontwerpuitgangspunten

Met het oog op het behalen van een voldoende winddichte gevelconstructie gelden de volgende uitgangspunten:

- indien de enkele beplating voor de winddichtheid zorg dient te dragen, kan het afhankelijk van de situatie noodzakelijk zijn de overlappen en aansluitingen hiervan aanvullend af te dichten. Dit is kritisch wat betreft de uitvoering en deze oplossing wordt derhalve niet aanbevolen;
- indien de isolatie voor de winddichtheid dient te zorgen dienen bij toepassing van spandekens de aansluitingen tussen deze dekens onderling en tussen de dekens en aansluitende constructie afgedicht te worden. Gebruikelijk is hierbij dat de overlappen van de dampremmende cachering in elkaar worden gerold en vervolgens afgeniet worden. Bij toepassing van plaatvormige isolatie dienen alle voegen en aansluitingen over hun volledige lengte aan de binnenzijde duurzaam luchtstromingsdicht te worden gemaakt. Van een dampremmende laag waarvan de overlappen zijn opgerold en afgeniet kan slechts een beperkte luchtstromings- en dampdichting worden verwacht. Deze oplossing is daarom alleen geschikt voor Klimaatklasse I zoals vermeld in Hoofdstuk 5.6 van deze richtlijn.

## 6.5 Thermische isolatie

### Aandachtspunten

Enkele beplating zonder isolatie levert geen thermische prestatie. Bij de toepassing van onderbroken of gecomprimeerde isolatie vormen de achterliggende bevestigingsregels lijnvormige koudebruggen. Deze koudebruggen hebben een negatieve invloed op de  $R_c$ -waarde van de constructie.

Een 'eenvoudig' contactbandje op alle bevestigingsregels of bijvoorbeeld de toepassing van een doorlopende deken, die ter plaatse van de contactvlakken wordt gecomprimeerd, levert een beperkte verbetering van de  $R_c$ -waarde op. (Opgemerkt dient echter te worden dat de rekenkundige onderbouwing hiervan problematisch kan zijn, omdat de exacte restdikte van band/deken in de praktijk niet bekend is, maar wel van grote invloed is op het rekenresultaat.) In dit kader kan de toepassing van verduurzaamde houten bevestigingsregels i.p.v. metalen regels een aantrekkelijke optie vormen. Dit onder de voorwaarde dat er geen langdurige contact tussen verzinkte oppervlakken en/of knipkanten/boorgaten en vochtig hout kan ontstaan.

De  $R_c$ -waarde wordt verder nog in beperkte mate negatief beïnvloed door de puntvormige thermische bruggen in de vorm van de bevestigingsmiddelen.

## 6.6 Vochthuishouding

### Oppervlaktecondensatie

Bij normale binnencondities is bij geïsoleerde constructies geen oppervlaktecondensatie te vrezen m.u.v. constructies, waarbij de regels lijnvormige doorlopende verbindingen vormen tussen binnen- en buitencondities. In die situatie kan er vanaf binnencondities zoals deze gelden bij Klimaatklasse II (enige) condensatie tegen de binnenzijde van deze regels optreden.

ensatie  
Bij geïsoleerde constructies dient inwendige condensatie (tussen isolatie en gevelplaten) te worden voorkomen door de isolatie aan de binnenzijde luchtstromingsdicht af te werken.

## **Nachtelijke uitstraling**

Condens door nachtelijke uitstraling zal bij ongeïsoleerde gevelconstructies met name bij koude en heldere nachten niet altijd (geheel) te voorkomen zijn.

## **Minimale ontwerppuntpunten**

Om tot een goede vochthuishouding te komen gelden op basis van bovengenoemde drie condensatievormen de volgende minimale uitgangspunten:

- bij geïsoleerde constructies de voegen en aansluitingen van de achterliggende constructie/isolatie luchtstromingsdicht uitvoeren;
- indien de mogelijkheid bestaat dat er zich in de eventuele spouw condens vormt, dit vocht zo snel mogelijk uit de spouw naar buiten leiden;
- de eventuele gevelspouw aan de bovenzijde dichtmaken, maar aan de onderzijde open laten,
- opdat eventueel condensvocht ter plaatse naar buiten toe kan afvloeien.

## **6.7 Geluidsisolatie en -absorptie**

### **Geluidsisolatieprestatie**

Voor indicatieve geluidsisolatieprestaties van gevelconstructies, zie Bijlage A.7.

### **Prestaties m.b.t. flankerende transmissie**

Voor achtergrondinformatie hoe geluidsoverdracht door flankerende transmissie te beïnvloeden, zie Bijlage A.7.

### **Geluidsabsorptieprestaties**

Voor indicatieve geluidsabsorptieprestaties van gevelconstructies, zie Bijlage A.7.

Opmerking:

Bij het eventueel bepalen van voorzieningen in de gevelconstructie om de nagalmtijd te bekorten, dus het absorberend vermogen van deze constructie te verhogen, dient rekening te worden gehouden met de mogelijke consequenties voor de luchtstromings(damp)dichtheid van de opbouw.

## 6.8 Brandveiligheid

### Algemeen

WBDBO is maatwerk.

Een enkelwandige ongeïsoleerde gevelconstructie heeft een brandwerendheid van minder dan 30 minuten (volgens NEN-EN 13501-2 en NEN 6069). Dit geldt ook voor enkelwandige geïsoleerde gevelconstructies zonder binnenafwerking. Een dergelijke opbouw kan ook restricties geven m.b.t. de criteria brandklasse en/of rookklasse zoals bij de keuze voor kunststofschuimisolatie die grenst aan de binnenruimte.

### Minimale ontwerppuntgangspunten

Met het oog op het behalen van de gevraagde brandwerendheid gelden de volgende uitgangspunten:

- ontwerpkeuzes, die van invloed zijn op de te behalen prestatie zijn o.a.:
  - gebruikte metalen (staal of aluminium);
  - wijze van bevestigen aan de achterconstructie;
  - grootte van de overspanning;
  - onderlinge koppeling van buitenbeplating;
  - uitvoering van aansluitingen en overlappen van buitenbeplating;
  - toepassen van (aanvullende) afdichtingsmaterialen;
  - type, dikte, densiteit en wijze van toepassing van isolatiematerialen.
- inzake de detaillering gelden o.a. de volgende zaken:
  - hetzelfde prestatieniveau aanhouden als de aansluitende gevelconstructie;
  - holle ruimten opvullen met onbrandbaar isolatiemateriaal (A1 volgens NEN-EN 13501-1);
  - t.p.v. de eventuele aansluiting gevel op brandmuur/vloer voorzieningen treffen om brandover/doorslag binnen de voorgeschreven minimum periode uit te sluiten.

## 6.9 Levensduur

Zie paragraaf 2.9.

## 6.10 Uiterlijk en toleranties

### Minimale ontwerppuntgangspunten

Met het oog op het behalen van een esthetisch minimum niveau gelden de volgende uitgangspunten (zie verder ook Hoofdstuk 6.2 Statica) voor stalen beplating:

- toe te passen minimale materiaaldiktes:
  - gezette tussenprofielen: 1,0 mm bij staal en 1,6 mm bij aluminium (om terugdraaien van schroeven te voorkomen kan een grotere dikte noodzakelijk zijn. Zie Hoofdstuk 2.2)

- traditionele wandplaten (bijv. 35/1035): 0,70 mm

*Functioneel gezien kan bij deze toepassing ook worden volstaan met een minimale dikte van 0,63 mm. Het gevolg hiervan kan zijn dat de gemonteerde gevel esthetisch van mindere kwaliteit is.*

Bovenstaande diktes dienen als een minimale dikte te worden beschouwd.

- bij het horizontaal monteren van de buitenbeplating een maximale lengte aanhouden van 6 m. Afhankelijk van profiel-type, materiaal, coatingkleur, type achterconstructie, geveloriëntatie en wijze van bevestiging kan een kortere lengte noodzakelijk zijn;
- bevestigingsmiddelen zoveel mogelijk (echter zonder afbreuk te doen aan het constructieve gedrag) in een vast patroon en in doorgaande lijnen aanbrengen;
- storend zichtbare temperatuursvervormingen zoveel mogelijk voorkomen. Met name (te) dunne materialen zijn hier bijzonder gevoelig voor. Om ongewenste (is minder fraai) vervormingen te voorkomen zijn er in principe twee wegen, die uitersten van elkaar zijn: of de beplating wordt zó star bevestigd dat vervormingen niet kunnen optreden (hierbij kunnen de spanningen hoog oplopen) of de beplating wordt zo bevestigd dat temperatuursvervormingen nagenoeg spanningsloos kunnen optreden (hierbij dient gelet te worden op het esthetische effect van deze vervormingen en op het voorkomen van beschadigingen als gevolg van klemmen en/of over elkaar heen schuiven van materialen). Welke weg wordt gekozen is o.a. afhankelijk van beplatingmateriaal, lengte van de plaat, kleur van de coating, stijfheid van de achterconstructie en type eindaansluiting tussen de platen onderling (zie ook Hoofdstuk 3.2 en 3.10);

Isolatie aan de binnenzijde zonder binnenafwerking heeft consequenties voor het aanzien aan deze zijde en mogelijk ook voor de strakheid hiervan. Verder kan deze toepassing gevolgen hebben voor wijze/mogelijkheden van vervuiling en/of reiniging van het binnenoppervlak.

Bij een enkele, ongeïsoleerde gevelbeplating is vanaf de binnenzijde de binnenkant van deze beplating zichtbaar. Indien niet nader gespecificeerd, is deze standaard voorzien van een primer en back-coating. Hieraan kunnen geen esthetische verwachtingen worden ontleend.

De wijze en kwaliteit van detailleren heeft een grote, zo niet een doorslaggevende invloed, op de esthetische kwaliteit. In dit kader zijn in Bijlage A.10 aanbevelingen opgenomen m.b.t. het detailleren van de aansluitingen.

Verder spelen de maattoleranties en de vlakheid van de toegepaste materialen een grote rol. Bij een horizontale toepassing van de buitenbeplating kunnen de gegeven toleranties erg groot blijken te zijn. Hiermee dient bij de keuze van aansluitingen en detailleringen rekening te worden gehouden. Zonodig dient, vóór de bestelling van de betreffende materialen, hieromtrent de leverancier geraadpleegd te worden.

De kwaliteit van de achterconstructie heeft ook een belangrijke invloed op de esthetische kwaliteit van de gevel. Bij de montage op een staal- of aluminiumconstructie zijn de NEN-EN1090-2 en NEN-EN 1090-3 van toepassing. Wat betreft de toelaatbare montagetoleranties voor deze constructies gelden de functionele toleranties conform Klasse 1.

Bij de montage op een niet-metalen achterconstructie (zoals metselwerk, beton, hout e.d.) zijn de toleranties over het algemeen te groot om hier direct op gevelplaten te kunnen monteren. Derhalve dient eerst een instelbare metalen overgangsconstructie tussen beide te worden toegepast (tenzij de achterliggende niet-metalen achterconstructie voldoet aan de bovengenoemde toleranties conform NEN-EN 1090-2).

Deze instelbare overgangsconstructie dient te voldoen aan de bovengenoemde toleranties conform NEN-EN-1090-2.

Voor de verantwoordelijkheid m.b.t. de afstemming tussen achterconstructie en de (visuele kwaliteit van de) dakconstructie zie Hoofdstuk 2.10.

En tenslotte is het werk van de monteur van grote invloed op de esthetische kwaliteit van het eindresultaat. Dit is een kwestie van goed vakmanschap en als zodanig niet in een richtlijn af te dekken.





# 7.1 Inleiding

### Omschrijving systeem

Aluminium felssystemen worden toegepast als afwerking op (licht) hellende daken. Ook wordt dit type plaat voor gevelafwerkingen toegepast. Deze laatste toepassing wordt niet door dit hoofdstuk afgedekt. Voor die toepassing wordt verwezen naar de relevante delen van de hoofdstukken 3. (Binnendoosconstructie) en 8. (geventileerde metalen gevelafwerking). Voor enkele specifieke aspecten betreffende het toepassen van felsprofielen als gevelafwerking kan aan dit hoofdstuk wel enige informatie en eisen worden ontleend.

Dit hoofdstuk betreft zelfdragende aluminium felsprofielen die middels zogenaamde clips aan de onderliggende constructie worden gefelst en bevestigd (dus geen ambachtelijk te verwerken felsbanen die niet zelfdragend zijn). Kliksystemen en dergelijk, die al of niet het uiterlijk van een felssysteem benaderen, vallen niet onder de reikwijdte van dit hoofdstuk.

Felsprofielen hebben de volgende kenmerken:

- Zij kunnen in principe spanningsloos thermisch uitzetten en krimpen doordat ze over hun clips kunnen schuiven vanaf één vooraf te kiezen vast punt (n.v.t. getoogde banen);
- Er zijn in het ondervlak (watervoerend) van de felsbanen geen doorboringen aanwezig t.b.v. hun bevestiging. De weerstand tegen het loskomen van de platen, bijvoorbeeld door windzuiging wordt geboden door het klemmen van de felsbanen om hun clips;
- Deze klemming wordt verkregen middels het in het werk felsen, gewoonlijk m.b.v. een felsmachine, van de langaansluitingen tussen de banen onderling en ter plaatse van deze banen om de aan de onderconstructie bevestigde clips;
- Op deze wijze wordt tevens de waterdichting tussen de banen onderling verzekerd ruim boven het watervoerend niveau en de dalbreedte (= afvoercapaciteit) t.p.v. dit watervoerende niveau gemaximaliseerd. In de langsoverlappen zijn de platen capillair onderbroken als gevolg van de het hierin opgenomen ontspanningshol.

Felsprofielen kunnen op lengte worden aangeleverd aan een project. Een alternatief is dat een aluminium coil wordt aangeleverd waarna de profielvorm in het werk wordt gewalst. Deze laatste werkwijze maakt zeer lange banen mogelijk omdat het transport dan geen beperkende factor meer is.

Felsdaken worden gewoonlijk toegepast op een dragende onderconstructie van bijvoorbeeld gordingen of een onderdak-systeem. Dit onderdak kan bestaan uit beton, hout of ook uit metalen dakplaten (in het laatste geval is er sprake van een zogenaamd 'dubbeldak').

Tussen het onderdak en het felsdak zal een spouw aanwezig zijn, gedeeltelijk of geheel gevuld met isolatiemateriaal. Bij voorkeur is deze spouw geheel met isolatie te vullen. Dit stelt eisen aan de dampdichtheid en luchtstromingsdichtheid van het onderdak. Bij een volledige vulling is weer de meest gangbare oplossing een (bovenste) vulling middels glaswol van een beperkte densiteit met een beperkte overdikte (ca. 20 mm) zodat deze isolatie bij het aanbrengen van de felsbanen licht wordt gecompriëerd.

Deze werkwijze leidt tot een strakker resultaat, tot een redelijk beloopbaar dak (mede afhankelijk van de dakhelling en plaatdikte), een beperking van geluiden vanuit de dakconstructie bij regenval en het uitsluiten van onderkoelingscondensatie als gevolg van nachtelijke uitstraling.

## Toepassingsgebied systeem

Bij hellende daken met een dakhelling  $\geq 1,5^\circ$  kunnen felsplaten als dakafwerking worden toegepast in de vorm van een waterdichtende laag. Zie verder Hoofdstuk 7.3.

Felsbanen kunnen als rechte elementen worden toegepast. Zij lenen zich echter ook goed voor toepassing op getoogde daken (convex of concaaf). Zelfs conische vormen zijn mogelijk. Niet voorgetoogde banen kunnen in het werk worden getoogd met een minimale radius van 30 m (concaaf) resp. 36 m (convex); bij fabrieksmatig voorgetoogde banen zijn aanzienlijk kleinere radii mogelijk tot minimaal ca. 1,5 m. Er zijn ook uiteenlopende 3D-vormen mogelijk.

Aluminium felsprofielen lenen zich bijzonder goed voor de volgende toepassingen en situaties:

- Boven opslaghallen van uiteenlopende goederen, in alle vormen en maten, die een bepaalde minimum binnentemperatuur behoeven;
- Boven productiefaciliteiten voor uiteenlopende productieprocessen met uiteenlopende binnencondities, in alle vormen en maten;
- Boven winkels, garages, (auto)showrooms, sportaccommodaties (zoals stadions, zwembaden, ijsbanen) etc.;
- Boven kantoorgebouwen, scholen, woningen etc..
- Bij gebouwen waarbij het dak doorloopt in één of meer gevels.

## Randvoorwaarden systeem

Op een onderconstructie die maatafwijkingen of andere afwijkingen vertoont, is, indien deze grenzen overschrijdt (met in achtneming van uitvoermogelijkheden), geen verantwoord dak te monteren. Zie verder Hoofdstuk 7.10.

Een verantwoorde en veilige montage is alleen mogelijk als er voldoende ruimte is voor een correcte opslag en montage. Dikwijls zal men er t.b.v. de montage voor kiezen om beplatingspakketten op de staalconstructie te plaatsen. Deze dient deze belasting op te kunnen nemen.

## 7.2 Statica

### Belastingen

Het eigengewicht van de isolatie en de aluminium dakelementen dient in rekening te worden gebracht:

- eigen gewicht aluminium dakplaat: 0,025 tot 0,045 kN/m<sup>2</sup>
- gewicht isolatie 0,01 à 0,5 kN/m<sup>2</sup> (afhankelijk van type)

Naast het gewicht van de dakafwerking inclusief isolatie zelf kan er ook sprake zijn van rustende belastingen bijvoorbeeld in de vorm van de montage van zonnepanelen aan de felsen. Hieraan dient te allen tijde een constructieve berekening ten grondslag te liggen.

Temperatuurbelastingen zullen bij een correcte bevestiging niet maatgevend zijn m.b.t. bezwijken van de beplating en/of zijn bevestiging. Een correcte bevestiging betekent in dit kader dat iedere felsbaan één vast punt heeft en dat alle andere bevestigingen op de clips geen weerstand geven bij het als gevolg van de thermische vervormingen schuiven van de banen over deze clips. Voorwaarde hiervoor is dat de clips per baan exact in één lijn liggen en dat iedere clip exact in lijn met deze baan aan de onderconstructie is vastgezet.

Met name bij langere banen is het aan te bevelen het vaste punt zo veel als mogelijk halverwege de baanlengte te kiezen zodat de temperatuurvervormingen vanaf dat punt in twee richtingen kunnen plaatsvinden.

Er zijn situaties dat het niet te vermijden is dat lengteveranderingen van de felsbanen leidt tot krachten in deze banen en hun bevestiging. Hierbij moet worden gedacht aan concaaf of convex gemonteerde felsbanen met name bij de combinatie van een kleine buigstraal en een donkere kleur.

Opmerking:

Indien een felsdak regelmatig wordt belopen, bijvoorbeeld t.b.v. het onderhoud van op het dak geplaatste apparatuur, dient men hiertoe speciale loopvoorzieningen aan te brengen te bevestigen met door de leverancier goedgekeurde klemmen.

### **Minimale ontwerpuitgangspunten**

Voor de toepassing van de aluminium felsbanen worden de volgende minimale constructieve uitgangspunten gehanteerd (specifieke omstandigheden kunnen aanvullende en/of afwijkende eisen stellen):

- De onderconstructie dient te worden gedimensioneerd wat betreft sterkte en dimensies op de geconcentreerde belastingoverdracht (trek en druk) vanuit de clips. Dit leidt o.a. tot minimale dikte-eisen aan de materiaal waarin wordt bevestigd. Er kan alleen van een gelijkmatige verdeelde belasting op de onderconstructie worden uitgegaan als de belasting overgedragen door de clips op de ondergrond met een factor 1,15 wordt verhoogd. Verder is een gelijkmatige en diagonale verdeling van de clips, om te hoge lokale belastingen te voorkomen, noodzakelijk (mede afhankelijk van de opbouw en sterkte van de onderconstructie).
- Bij een onderconstructie bestaande uit stalen profielplaten dienen deze haaks op de richting van de felsbanen te worden gemonteerd. Is dit niet mogelijk dan dient gebruik te worden gemaakt van gordingen (bijvoorbeeld contra gemonteerde omegaprofielen) haaks of diagonaal op de richting van de felsbanen;
- De felsbanen, die in hun lengterichting direct aansluiten op een dakrand, dienen aan hun dakrandzijde overeenkomstig de voorschriften van de leverancier (aanvullend) met stormhaken of gelijksoortige voorzieningen te worden vastgezet. Deze voorziening dient ook om de randfels extra stijfheid te geven. Indien dit geen gehele baan betreft inclusief een opstaande fels dient in een op de situatie afgestemde constructieve randbevestiging te worden voorzien;
- Toe te passen bevestigingsmiddelen zijn RVS-schroeven of aluminium blindklinknagels. Nabij de dakranden bij voorkeur per clip twee bevestigers toepassen, echter te allen tijde conform constructieve berekening.

## **7.3 Waterdichtheid**

### **Belastingen**

Een 'koud' dakconstructie dient waterdicht te zijn conform NEN 2778. Dit kan worden aangetoond middels de NEN-EN 1027, NPR 2877 en/of NEN 2778. Voor afdaken, overkappingen e.d. kunnen op basis van deze normen afwijkende eisen/toetsingsmethoden van toepassing zijn.

### **Minimale ontwerpuitgangspunten**

Om een waterdichte dakconstructie te verkrijgen gelden de volgende uitgangspunten:

- Bij hellende daken met een dakhelling  $\geq 1,5^\circ$  kunnen felsplaten als dakafwerking worden toegepast in de vorm van een waterdichtende laag. Voorwaarden bij dergelijk kleine dakhellingen zijn dat de felsbanen in één lengte van nok naar goot worden aangebracht, dat zij uitsluitend worden bevestigd middels clips (dus geen doorboringen middels schroeven), dat de dakbanen volledig worden ondersteund door gecompriëerde gaswol dan wel drukvaste isolatie en dat doorbrekingen rondom worden gelast, waarbij staand water tegen de doorbreking wordt voorkomen. Ook dient zeker te zijn dat er geen sprake is van vervormingen en/of maatafwijkingen (in de onderliggende constructie) die de waterafvoer bemoeilijken en tevens van een adequate afvoer van regenwater vanaf het felsdak.

- Bij dakhellingen > 5° zijn eindoverlappen in felsbanen, uit te voeren inclusief overlapschroeven en afdichtingskit toepasbaar, evenals niet (volledig) afgelaste doorbrekingen (heeft wel te allen tijde de voorkeur). Een volledige ondersteuning van de overlap door gecompriëerde glaswol of drukvaste isolatie is dan niet noodzakelijk. Rondom doorbrekingen over een afstand van minimaal 0,6 m is dat echter wel ook bij dakhellingen groter dan 5° een noodzaak.
- Nokaansluitingen tot een hellingshoek van 5° dienen ter plaatse van een sluitstuk en vormschuim vulstrook te worden voorzien waarbij tevens met een speciale tang het dal van de banen omhoog wordt gebogen;
- Bij uiteinden van de aluminium felsbanen, waarbij geen sprake is van een vast punt, (bijvoorbeeld bij de gootaansluiting en aansluiting op de nokkap) dient men rekening te houden met de thermische vervormingen van deze banen t.o.v. deze detailleringen tenzij deze zo ontworpen zijn dat zij deze vervormingen spanningsloos kunnen volgen;
- Getoogde banen, die op een niet gelaste nokafwerking aansluiten, dienen ter plaatse niet vlak te eindigen maar onder een hellingshoek van minimaal 1,5° en te worden voorzien van een opkanting en passende sluitstukken met vormvullers.

## 7.4 Winddichtheid/luchtdoorlatendheid

### Belasting

De luchtstromingsdichting van een felsdak wordt verzorgd door een luchtstromingsdichte/dampremmende laag in de opbouw. Het achterwege laten van een dergelijke laag wordt bij felsdaken ten stelligste afgeraden.

### Minimale ontwerpuitgangspunten

Met het oog op het behalen van een voldoende winddichte dakconstructie (conform de eisen van het Bouwbesluit) gelden de volgende uitgangspunten (n.v.t. luifels, overkappingen e.d.):

- bij het toepassen van een winddichte laag (dampremmende laag) (mede) vanuit het oogpunt van winddichtheid, dient deze laag met grote zorgvuldigheid te worden aangebracht en met afgetapete naden;
- de overlappen en aansluitingen van deze laag op andere (constructie)delen dienen over hun volledige lengte te worden afgetapet;
- bij het aanbrengen van bevestigingen door deze laag heen dient de uiterste zorgvuldigheid te worden betracht om de laag zo minimaal mogelijk te beschadigen;
- scheuren, gaatjes of andere onvolkomenheden in de winddichte (dampremmende) laag dienen onmiddellijk en volledig tijdens de montagefase te worden gerepareerd;
- bij de toepassing van de onderbeplating als winddichting dienen alle overlappen en aansluitingen met de grootste zorg en volledig te worden afgedicht. In de praktijk blijkt dit een risicovolle activiteit. Deze oplossing heeft daarom niet de voorkeur;
- winddichte lagen dienen zodanig door te worden gelegd, dat ook aansluitingen winddicht zijn.

## 7.5 Thermische isolatie

Bij voorkeur wordt bij de toepassing van een dakafwerking in de vorm van zelfdragende aluminium felsbanen een warmdakconstructie toegepast.

## Aandachtspunten

Eventuele profielen, waaraan via de clips de felsbanen worden bevestigd, kunnen lijnvormige koudebruggen vormen. Dit type koudebrug heeft een sterk negatieve invloed op de  $R_c$ -waarde van de constructie. Dit geldt ook, zij het in mindere mate, in de situatie dat de isolatie tussen profielen en onderconstructie (gecomprimeerd) doorloopt.

De aluminium clips vormen puntvormige koudebruggen en hebben daarmee een minder grote invloed maar hebben, afhankelijk van hun aantal per m<sup>2</sup> dak, wel degelijk een significante negatieve invloed op de isolatieprestatie ( $R_c$ ) van de dakconstructie in zijn totaliteit. De zeer goede geleiding door aluminium speelt daarbij een belangrijke rol (bij 1 clip per m<sup>2</sup> kan de reductie van de  $R_c$ , mede afhankelijk van de isolatiewaarde, reeds substantieel zijn).

Indien de aluminium clips zijn voorzien van harde kunststof 'voetjes' wordt deze invloed beperkt. Een verdere beperking van deze invloed is te realiseren door de clips op en door stroken harde isolatie te bevestigen. Volledig of deels in hard kunststof/composiet (al of niet met staalinlage) uitgevoerde clips (E-clips) geven de minste koudebrugwerking. De koudebrugwerking wordt zo geminimaliseerd. Dit kan vanuit constructieve overwegingen wel leiden tot de noodzaak meer clips per m<sup>2</sup> dakvlak toe te passen.

Om de exacte  $R_c$ -waarde van de dakconstructie inclusief de invloed van de clips vast te kunnen stellen, is een numerieke berekening noodzakelijk conform de NTA 8800.

## 7.6 Vochthuishouding

### Oppervlaktecondensatie

Bij 'normale' binnencondities (indicatief 20 °C; RV = 50%) is bij metalen dakconstructies met een metalen onderbeplating geen oppervlaktecondensatie te verwachten, zelfs niet aan de binnenzijde van eventuele lijnvormige koudebruggen.

### Inwendige condensatie

Bij een dakspouw is het belangrijk deze vorm van condensatie te voorkomen, omdat immers bij een dak de zwaartekracht ervoor kan zorgen dat dit vocht naar binnen kan dringen. Ventilatie speelt hierbij nauwelijks en mogelijk zelfs (zie hieronder bij 'nachtelijke uitstraling') een negatieve rol!

Inwendige condensatie dient dus te worden voorkomen of in ieder geval tot een minimum te worden beperkt door de binnenaafwerking zo luchtstromingsdicht mogelijk te maken. Deze dampdichting, gewoonlijk in de vorm van een dampremmende laag op de dragende onderconstructie, dient zich direct onder de isolatie te bevinden om ook interne convectie te voorkomen.

De functie van een eventuele waterkerende, dampdoorlatende folie (bijvoorbeeld toe te passen op een houten dakdoos) aan de buitenzijde van de isolatie en aan de onderzijde van de clips dient als aanvullend te worden gezien: uitsluitend onder de voorwaarde dat de constructie aan de binnenzijde luchtstromingsdicht is gemaakt en daarmee de inwendige condensatie is voorkomen of in ieder geval tot een minimum beperkt, kan deze waterkerende en dampopen laag een eventuele minimale restcondensatie onder de buitenbeplating opvangen en afvoeren. Deze laag is echter ongeschikt voor het afvoeren van grote hoeveelheden vocht die het gevolg zijn van het niet of op onjuiste manier tegengaan van inwendige condensatie. Om eventuele kleine hoeveelheden condens af te kunnen voeren dient de spouw aan de gootzijde open te blijven.

Bij de aanwezigheid van een luchtspouw tussen de dakisolatie en de felsbanen is bij klimaatklasse II en hoger de toepassing van een waterkerende dampdoorlatende folie onder de felsbanen verplicht. Het is van groot belang dat deze folie strak en

volgens voorschrift van de leverancier wordt verwerkt.

Bij het ontbreken van een luchtspouw tussen de isolatie en deze beplating kan de waterkerende dampdoorlatende folie achterwege worden gelaten (opmerking: het toepassen van een dampopen folie over de clips is uitvoerings-technisch gezien niet mogelijk).

### **Nachtelijke uitstraling**

Om condens door nachtelijke uitstraling tot een minimum te beperken dient de spouw tussen isolatie en felsbanen, indien aanwezig, niet te worden geventileerd met buitenlucht. Dit betekent dat de dakspouw aan de bovenzijde (nok) afgesloten dient te worden. Daarom is het ook aan te bevelen deze spouw volledig te vullen met (gecomprimeerde) isolatie. Wat er eventueel toch nog aan condensatie wordt gevormd, dient middels verdamping via de felsnaden te worden afgevoerd. Bij het ontbreken van een luchtspouw in combinatie met een correct aangebrachte dampremmende folie vervalt het risico op condensatie, ook die als gevolg van nachtelijke uitstraling.

### **Minimale ontwerpsuitgangspunten**

Om tot een goede vochtshoudding te komen gelden op basis van bovengenoemde drie condensatievormen de volgende minimale uitgangspunten:

- aan de binnenzijde (warme zijde) van de dakconstructie dient deze luchtstromingsdicht (en dampdicht) te worden gemaakt. De dampdichtheid afstemmen op de binnencondities;
- Luchtspouw zo mogelijk tussen isolatie en felsbanen vermijden. Indien deze toch aanwezig is vanaf Klimaatklasse II op de isolatie een dampdoorlatende en waterkerende folie (onder de clips) aanbrengen en de spouw aan één uiteinde (indien aanwezig op de hoogste positie) afsluiten;
- indien een dampremmende laag wordt toegepast, is het essentieel dat beschadigingen en/of perforaties in deze laag direct worden gerepareerd en dat overlappen in deze laag en aansluitingen hiervan op andere bouwkundige delen worden afgetapet;
- luchtstromingsdichte (dampremmende) lagen dienen zodanig door te worden gelegd, dat ook aansluitingen rondom luchtstromings(damp)'dicht' zijn.

## **7.7 Geluidsisolatie en -absorptie**

### **Geluidsisolatieprestatie**

Voor indicatieve geluidsisolatieprestaties van dakconstructies, bij belasting door verkeersgeluid, zie Bijlage A.7.

### **Prestaties m.b.t. flankerende transmissie**

Voor achtergrondinformatie hoe geluidsoverdracht door flankerende transmissie te beïnvloeden, zie Bijlage A.7.

### **Geluidsabsorptieprestatie**

Voor indicatieve geluidsabsorptieprestaties van dakconstructies, zie Bijlage A.7.

Opmerking:

Bij het kiezen voor een (gedeeltelijk) geperforeerde onderconstructie om het geluidabsorberende vermogen van de dakconstructie te verhogen en daarmee de nagalmtijd in de onderliggende ruimte te bekorten, dient er rekening te worden

gehouden met de mogelijke consequenties voor de luchtstromings(damp)dichtheid van de opbouw. Meestal is het dan noodzakelijk om boven de geluidsabsorberende laag en onder de warmte-isolatie een dampremmende laag in de opbouw van het dak op te nemen.

## 7.8 Brandveiligheid

### Algemeen

De WBDBO-eis voor daken is maatwerk en is afhankelijk van de situering van het gebouw in relatie tot haar omgeving. Het bepalen van de methode om te kunnen voldoen aan deze eis voor daken is maatwerk en de prestaties hangen nauw samen met de opbouw van de rest van de dakconstructie en die hierbij toegepaste materialen. Zie verder Hoofdstuk 5 van deze Kwaliteitsrichtlijn.

## 7.9 Levensduur

De toegepaste aluminiumlegering valt meestal in de 1000-serie of in de 3000-serie. Deze zijn op zich voldoende bestand tegen uiteenlopende klimaten waaronder ook een industrieklimaat en een (gematigd) maritiem klimaat. Dit wordt mede bepaald door de mate van natuurlijke reiniging, al of niet aangevuld met een periodieke handmatige reiniging.

Onbeschermd aluminium kan op termijn, mede afhankelijk van de toepassing en omstandigheden, putcorrosie gaan vertonen. Deze putjes zijn over het algemeen zeer ondiep maar kunnen wel het aanzien negatief gaan beïnvloeden. Het oppervlak krijgt een doffer aanzien. Daarom is het een optie om de aluminium felsbanen aan hun bovenzijde en eventueel ook aan hun onderzijde van een beschermende laag te voorzien. Hierbij bestaan meerdere opties zoals:

- Aanbrengen van een oppervlakteafwerking van een andere type aluminiumlegering die geen constructieve functie vervult maar wel minder gevoelig is voor putcorrosie en dergelijke, onder meer belastende omstandigheden (een zogenaamde platteerlaag);
- Aanbrengen van een coating in kleur. Hiervoor worden coilcoatings met uiteenlopende bindmiddelen toegepast. Het meest gebruikelijk zijn Polyester-, PVDF- en FLP-coatings;
- Aanbrengen van een zinkpatina die naast een 'zinklook' ook een goede bescherming tegen klimatologische omstandigheden biedt. Er zijn hiertoe diverse technisch aangebrachte patina-afwerkingen beschikbaar.

Bevestigingsmiddelen worden in RVS of aluminium uitgevoerd.

Bij contact met een stalen onderconstructie dient, om contactcorrosie te voorkomen, te worden voorzien in een scheidingslaag tussen aluminium en staal. Dit kan een folie, coating of zinklaag met een dikte van minimaal 35 µm zijn.

Bij contact met (verduurzaamde) houten delen is ook een scheidingslaag aan te bevelen, zeker in de situatie dat dit hout vochtig is of gedurende langere tijd vochtig kan worden. Een dergelijke scheiding is noodzakelijk in het geval het hout verduurzaamd is met koperhoudende of kwikzilverhoudende middelen of met middelen die chloornaftaleen of fluorverbindingen bevatten. Overigens is het aan te bevelen de combinatie van aluminium felsbanen met op deze wijze verduurzaamd hout te vermijden.

## 7.10 Uiterlijk, toleranties

### Minimale ontwerpuitgangspunten

Met het oog op het behalen van een esthetisch minimum niveau gelden de volgende uitgangspunten:

Minimale materiaaldikte: 0,8 mm (mede afhankelijk van profielafmetingen)

Aluminium felsprofielen worden in meerdere verschijningsvormen geleverd (mede afhankelijk van materiaaldikte), zoals:

- Stucco gedessineerd;
- Glad inclusief een coating;
- Voorgepatineerd (glad of in stucco). De patina kan ook in een beperkt aantal kleuren worden ingekleurd;
- Zinklook (aan beide zijden een dus laagje zink).

Aanbevolen wordt om voorafgaande aan de uitvoering van het project op basis van representatieve monsters met representatieve afmetingen het te verwachten visuele eindresultaat concreet te maken.

De wijze en kwaliteit van detailleren heeft een grote, zo niet een doorslaggevende invloed, op de esthetische kwaliteit. In dit kader zijn in Bijlage A aanbevelingen opgenomen m.b.t. het detailleren van de aansluitingen. Ook in Hoofdstuk 2.10 zijn aanbevelingen gegeven. In dit kader en meer in zijn algemeenheid wordt aanbevolen gebruik te maken van de kennis en kunde van bedrijven gespecialiseerd in het engineeren en monteren van dit type dakafwerking. Verder spelen de maattoleranties en de vlakheid van de toegepaste materialen een rol. Lit. 83 vermeldt de hierbij horende eisen.

De kwaliteit van de onderconstructie heeft ook een belangrijke invloed op de esthetische kwaliteit van het dak. Indien dit bijvoorbeeld houten dakdozen betreft, zullen de afwijkingen en toleranties van deze elementen en van de plaatsing van deze elementen zich onvermijdelijk tonen is de hierop aan te brengen afwerking van felsbanen. Bij de montage op een staal- of aluminiumconstructie zijn de NEN-EN 1090-2 en NEN-EN 1090-3 van toepassing. Wat betreft de toelaatbare montagetoleranties voor deze constructies gelden de functionele toleranties conform Klasse 1. Uitzondering vormt de situatie dat er door de toleranties onvoldoende afschot resteert. Dan dienen zwaardere en gepaste tolerantie-eisen te worden gehanteerd.

Voor de verantwoordelijkheid m.b.t. de afstemming tussen achterconstructie en de (visuele kwaliteit van de) dakconstructie zie Hoofdstuk 2.10.

Tenslotte is het werk van de monteur van grote invloed op de esthetische kwaliteit van het eindresultaat. Dit is een kwestie van goed vakmanschap en als zodanig niet in een richtlijn af te dekken.





# 8.1 Inleiding

### Omschrijving systeem

Binnen het kader van de 'Kwaliteitsrichtlijn voor metalen gevels en daken' worden onder geventileerde metalen gevelafwerking gevelafwerkingen verstaan waarbij de metalen geveldelen (staal of aluminium) aan de buitenzijde van een niet metalen achterliggende constructie wordt aangebracht, waarbij die achterliggende constructie niet alleen een dragende functie vervult maar ook één of meerdere andere functies zoals luchtdichting, warmte-isolatie e.d. Wat betreft de waterdichting zijn er meerdere opties. Deze kan door het geventileerde metalen gevelafwerking worden vervuld, door de achterliggende constructie of door de combinatie van beide (samengesteld dichtingssysteem). Dit laatste is het meest gebruikelijk en daarom wordt in deze Kwaliteitsrichtlijn van dit principe uitgegaan. Indien er dus voor een andere wijze van waterdichting wordt uitgegaan dient dit door de opdrachtgever vooraf expliciet te worden vermeld.

Indien de achterliggende constructie een bestaande gevelconstructie betreft, dan valt daar ieder type bestaande gevel onder ook die uitgevoerd in metaal.

Opmerking:

Een recente ontwikkeling is die van de toepassing van (metalen) gevelafwerkingen bevestigd op een achterliggende constructie van sandwichpanelen. Dikwijls wordt hierbij de gevelafwerking bevestigd aan de buitenhuid van deze panelen. Zie hiervoor Hoofdstuk 4.1.

### Toe te passen materialen

Deze richtlijn beperkt zich tot gevelafwerkingen uitgevoerd in staal of aluminium. Het kan hierbij gaan om geprofileerde platen, vlakke platen, (dunne) sandwichpanelen e.d. Verder vallen hier de bevestigingen aan de achterliggende constructie onder, gewoonlijk in de vorm van een mechanische bevestiging, en een bevestigingsconstructie en eventuele afdichtingsconstructies (indien deze in de geventileerde metalen gevelafwerking is opgenomen).

Een gevelafwerking kan ook middels lijmen worden aangebracht indien het lijmp proces onder beheerste condities plaatsvindt. Lijmen op de bouwplaats valt hier dus over het algemeen niet onder.

Opmerking:

Gelijmde gevelafwerkingen kunnen reparaties en/of onderhoud aan geveldelen (deels) gelegen achter deze afwerkingen sterk bemoeilijken.

De bevestigingsconstructie zal gewoonlijk bestaan uit een stalen of aluminium regelwerk, consoles of dergelijke. Ook bijv. hout of kunststof is mogelijk. Deze zal de krachten vanaf de gevelafwerking op de achterliggende constructie overdragen. Ook de bevestiging van deze bevestigingsconstructie aan de achterliggende constructie valt onder het begrip van 'geventileerde metalen gevelafwerking'.

## **Toepassingsgebied systeem**

Metalen gevelafwerkingen als onderdeel van een geventileerde metalen gevelafwerking zijn toepasbaar bij alle mogelijke gevelconstructies en gebouwtypen. Wel dient te allen tijde rekening te worden gehouden met het feit dat metalen gevelafwerkingen over het algemeen uit relatief dunne materialen worden vervaardigd. Dit o.a. vanuit het oogpunt van kwetsbaarheid voor stootbelastingen, vandalisme e.d.

## **Randvoorwaarden systeem**

Het principiële verschil met de andere in deze Kwaliteitsrichtlijn beschreven gevelprincipes is het feit dat de metalen gevel-elementen slechts een deel van de prestaties leveren die conform het Bouwbesluit aan uitwendige scheidingsconstructies worden gesteld. Hier ligt een wezenlijke beperking in technische zin maar ook wat betreft de verantwoordelijkheid van de applicateur van de metalen gevelafwerking. Deze is nimmer verantwoordelijk voor het wel of niet goed functioneren van het gevelsysteem in zijn totaliteit, voor die van de achterliggende constructie en ook niet voor een wel of niet correcte interactie en samenwerking met deze constructie, tenzij anders schriftelijk is overeengekomen of tenzij ook deze achterliggende constructie door dezelfde applicateur is gerealiseerd.

Hieronder, in de rest van dit Hoofdstuk 7. en in Hoofdstuk 2. en in het ander deel van deze richtlijn ('Leidraad voor opdrachtgever, architect en verwerker'), wordt een niet uitputtend overzicht gegeven met welke criteria bij het bepalen van de kwaliteit van de samenwerking tussen gevelafwerking en achterliggende gevelconstructie rekening dient te worden gehouden.

De applicateur van de metalen gevelafwerking zal er bij het ontwerp en de uitvoering van de metalen gevelafwerking vanuit kunnen en mogen gaan dat de achterliggende constructie aan de minimaal daar aan te stellen eisen voldoet, dat deze geschikt is om zijn gevelafwerking aan te bevestigen en dat er tussen beide constructiedelen geen ongewenste en nadelige interacties kunnen optreden, noch voor de gevelafwerking, noch voor de achterliggende constructie en noch voor de gevelconstructie in zijn totaliteit. M.a.w. deze Kwaliteitsrichtlijn sluit iedere onderzoeksplicht voor de applicateur van de gevelafwerking naar de kwaliteit van de achterliggende constructie uit, tenzij anders overeengekomen.

Bij bevestiging op een bestaande achterconstructie dienen de betreffende verantwoordelijkheden in nader overleg schriftelijk te worden overeengekomen.

De bevestigingsconstructie is geschikt om van tevoren bekende en schriftelijk gecommuniceerde maatafwijkingen in de achterliggende constructie op te vangen althans voorzover deze binnen de grenzen van de toleranties vallen genoemd in de relevante en gangbare normen, zoals deze toepasbaar zijn op het type achterliggende constructie en die hierin opgenomen materialen. Deze laatste beperking geldt niet voor bestaande bouw. Uitlijning zal dan noodzakelijk kunnen blijken te zijn.

Bij opdracht dient de opdrachtgever expliciet aan te geven welke functies deze aan de gevelafwerking toekent, en in welke mate, bij het vervullen van de eisen conform het Bouwbesluit en eventuele andere, aanvullende eisen.

Enkele functies, die de gevelafwerking kan vervullen c.q. waar deze aan kan bijdragen en die in dat geval als zodanig expliciet door de opdrachtgever dienen te worden benoemd en gekwantificeerd:

- Waterdichtheid;
- Warmte-isolatie;
- Brandwerendheid;
- Geluidsisolatie.

Enkele voorwaarden die aan te achterliggende constructie worden gesteld om een verantwoorde metalen gevelafwerking te kunnen realiseren zijn:

- Deze moet in staat zijn de krachten uit de gevelafwerking zowel lokaal als globaal op te nemen en over te dragen op de draagconstructie;
- Deze mag niet vervormen in een mate dat er schade en/of gebreken aan de gevelafwerking kan ontstaan;
- De achterliggende materialen mogen geen stoffen bevatten en/of afscheiden die de gevelafwerking kunnen aantasten;
- De achterliggende gevelconstructie dient bouwfysisch correct te zijn opgebouwd en te functioneren. Dit betekent o.a. dat het condensaanbod t.p.v. achterzijde van de gevelafwerking te allen tijde tot een absoluut minimum wordt beperkt;
- De toleranties in de achterliggende constructie dienen binnen de grenzen van de toleranties te vallen genoemd in de relevante en gangbare normen, zoals deze toepasbaar zijn op het type achterliggende constructie en die hierin opgenomen materialen;
- De kwaliteit van de achterliggende constructie en de hierin toegepaste materialen dienen voldoende duurzaam te zijn opdat de gevelafwerking aan de hieraan gestelde levensduurseisen kan voldoen (dit ook in relatie tot de van toepassing zijnde referentieperiode).

Het bevestigen van uithangborden, lampen, vlaggenmasten e.d. aan een metalen gevelafwerking is niet toegestaan. Dergelijke voorzieningen dienen door de gevelafwerking heen aan de draagconstructie te worden bevestigd. In dat geval is diegene die dit uitvoert, ervoor verantwoordelijk dat de gevelconstructie op de betreffende plaatsen blijft voldoen aan het Bouwbesluit, aan de vigerende regelgeving, aan deze Kwaliteitsrichtlijn en aan contractuele afspraken.

### **Metalen gevelafwerking op een houten achterconstructie**

De verantwoordelijkheid voor de combinatie van een metalen gevelafwerking op een houten achterliggende constructie ligt bij de opdrachtgever. Hieronder is een aantal uitgangspunten gegeven waarmee deze rekening dient te houden indien op deze achterliggende constructie een metalen gevelafwerking dient te worden aangebracht.

Het toepassen van hout voor stijlen in combinatie met een afwerking van metalen gevel- of dakelementen wordt overigens in zijn algemeenheid niet aangeraden (n.v.t. traditionele systemen op ongeschaafd hout).

Houten regels/gordingen (horizontaal) mogen niet worden toegepast als deze contact maken met de achterzijde van de gevel/dakplaten. Voor stijlen/sporen (verticaal) geldt deze eis niet maar ook dan wordt aanbevolen het contactvlak tussen beide zo klein mogelijk te houden of deze van elkaar te scheiden.

Het minimale uitgangspunten/toepassingsvoorwaarden voor deze combinaties is het beperken van de vochtbelasting in de spouw op de plaatsen waar beide materialen contact met elkaar maken. Dit impliceert dus:

- Goed ontwerp van de (open) voegen;
- Goed ontwerp van de gevel- en dakranddetails;
- Damp- en luchtstromingsdicht binnenblad;
- Snelle afvoer van vocht bevorderen door:
  - Goede ventilatie;
  - Voorkomen van vochtblokkades (horizontale vlakken), van vocht-inklemming en van capillaire naden;
- Kops hout zoveel als mogelijk afschermen;
- Grootte van contactvlakken zoveel als mogelijk beperken.

Conform NEN-EN 335-1 geldt voor de vochtige doorsnede van de spouw Risicoklasse/ Gebruiksklasse 3. Alleen bij een gesloten voegstelsel kan met eventueel uitgaan van Risicoklasse 2. Voor delen van HSB-elementen, die niet (bijv. door

een onbeschadigde en doorlopende waterkerende folie) worden afgeschermd van de vochtbelasting in de spouw geldt Risicoklasse 3. NEN-EN 350-1 geeft inzicht per houtsoort van de weerstand tegen de schimmelgroei (Klasse 1 t/m 5; aflopend) en de weerstand tegen insecten.

Er kan worden gekozen uit niet-verduurzaamd hout en uit door-en-door verduurzaamd hout.

Als men kiest voor niet-verduurzaamd hout in de vochtige spouwdoorsnede dan dient men te kiezen voor achterhout dat valt in de Klasse 1 of 2. Dan komen alleen Europees loofhout en tropisch loofhout in aanmerking.

Hout uit de Levensduursklasse 3 moet, voor deze toepassing, door-en-door (onder druk) verduurzaamd worden. De Klassen 4 en 5 worden afgeraden, ook als deze verduurzaamd zijn.

De meest gebruikte middelen voor het verduurzamen van hout bevatten wisselende percentages koper. Met name bij vochtpercentages in de spouw boven de 75% bestaat bij direct contact hierdoor het risico op corrosie en ook sterkteverlies van het hout. Dit geldt met name bij en rondom de bevestigingsmiddelen. Sommige onverduurzaamde houtsoorten (eiken, kastanje) kunnen ook bij direct contact tot het corroderen van metalen leiden. Oorzaak is het onder vochtinwerking afscheiden van zuren. Meest gevoelig hiervoor zijn verzinkt staal en magnesium en in mindere mate aluminium. RVS is hiervoor niet gevoelig.

Verder dient er te allen tijde minimaal een week te zitten tussen behandelen van het hout en het indraaien van schroeven e.d.

Indien er het risico bestaat dat contact met het toegepaste hout het hierop aansluitende metaal kan aantasten dan dient men tussen beide een over de volledige hoogte/lengte doorlopende scheidingslaag (bijv. strook EPDM) aan te brengen (die ook de bovenzijde van de stijl afdekt). Overigens is een dergelijke scheiding te allen tijde aan te bevelen. De scheidingslaag dient circa 20 mm breder te zijn dat de houten stijl en aan beide zijden 10 mm uit het contactvlak te steken.

Bij het bevestigen op een houten achterconstructie of houten delen dienen deze in staat te zijn de krachten vanuit de metalen gevelafwerking op te nemen en over te dragen. Dit impliceert dat de h.o.h. afstanden van de houten delen, waaraan bevestigd wordt, hun sterkte, overspanning en hun dimensies zodanig bepaald dienen te zijn conform de NEN-EN 1995-1-1 door of onder de verantwoordelijkheid van de opdrachtgever dat deze krachten conform de regelgeving door het hout opgenomen kunnen worden. Dit kan bijvoorbeeld ook eisen stellen aan de breedte (minimaal vereiste oplegbreedte van gevelafwerking) en dikte van de houten delen. De dikte dient bijvoorbeeld zodanig te zijn bepaald dat het hout voldoende sterk en stijf is en dat de uittrekwaarde van de schroeven voldoende hoog is, conform de regelgeving in deze en de richtlijnen van de leverancier van de toe te passen schroeven.

De sterkteklasse van het toegepaste c.q. toe te passen hout dient te worden ontleend aan de NEN-EN 338.

Bij het toepassen van een houten achterconstructie dienen de maatvoeringen maattoleranties hiervan te zijn afgestemd op de eisen, die de toe te passen gevelafwerking hieraan stelt (zie de betreffende hoofdstukken in deze richtlijn) en, indien op projectniveau vastgelegd, aan het omschreven verwachtingspatroon van de opdrachtgever.

Dit geldt ook bij de toepassing van HSB als achterliggende constructie.

Een aandachtspunt is het optreden van krakende geluiden bij de montage op een houten constructie. Dit kan o.a. voortkomen uit het contact tussen het metaal en het hout of uit het door de gevelafwerking 'meestrekken' van de houten constructie bij temperatuursvervormingen en/of andere vervormingen. Dit kraken is nimmer geheel uit te sluiten. Door het beperken van de afmetingen van de elementen, die de gevelafwerking vormen, door het aanbrengen van een scheidingsmateriaal, door het meer loskoppelen van elkaar van de gevelafwerking en de achterconstructie en/of door het verstijven van deze achterconstructie zijn eventuele geluiden te reduceren of zelfs te voorkomen.

## 8.2 Statica

### Belastingen

Aangenomen wordt dat onder- en overdruk in de omsloten ruimte wordt opgenomen door de achterliggende constructie. De gevelafwerking en zijn bevestigingsconstructie worden alleen berekend op windzuiging en winddruk tenzij anders overeengekomen.

Bij complexe gebouwwormen, complexe plattegronden, slanke constructies en/of bij gebouwen in de directe nabijheid van hoogbouw wordt in aanvulling op de statische berekeningen conform de normen aan de opdrachtgevende partij aanbevolen om windtunnelonderzoek uit te voeren en de hierbij bepaalde windbelastingen ook te betrekken op de gevelafwerking inclusief zijn bevestigingen.

Het eigengewicht van de gevelafwerking heeft bij de toetsing van de toegepaste bevestigingsmiddelen niet in rekening te worden gebracht onder de voorwaarde dat dit gewicht geen moment op deze bevestigingen uitoefent.

Dit impliceert dat de gevelafwerking dan in verticale richting ondersteund dient te worden. Bij dimensionering van achterliggende regels en bevestigingen dient hiermee wel rekening te worden gehouden.

Temperatuursbelastingen kunnen maatgevend zijn. Deze kunnen leiden tot schade aan de bevestiging en gevelmaterialen, tot het vervormen van de constructie en/of tot 'geluiden uit de gevel'. Of dit aan de orde kan zijn, is o.a. afhankelijk van type, vorm en materiaal van de platen, kleur van de coating, lengte van de platen, geveloriëntatie, stijfheid van de achterconstructie, wijze van bevestigen e.d. Per project en per gevel dient men, o.a. op basis van bovengenoemde invloedsfactoren, de invloed en eventuele risico's van temperatuursbelastingen in te schatten en de gevelafwerking en zijn bevestigingswijze hierop af te stemmen.

Ook achterconstructies kunnen (aanzienlijke) temperatuursvervormingen ondergaan. Hiermee dient men bij de bevestiging (bijv. één vast punt en verder 'glij'punten) en de toe te passen lengtes van de delen van de achterconstructie rekening te houden.

Voor de van toepassing zijnde normen wordt verwezen naar Hoofdstuk 2.2. van deze Kwaliteitsrichtlijn. Indien men op een houten achterconstructie bevestigd is tevens Eurocode 5. van toepassing. Hierin staan ook toepassingsvoorwaarden zoals wat betreft minimale afmetingen, minimale inschroefdiepte en minimale randafstanden.

### Minimale ontwerpuitgangspunten

Voor metalen gevelafwerkingen worden de volgende minimale constructieve uitgangspunten gehanteerd:

- t.p.v. gebouwhoeken dient de gevelspouw onderbroken te worden om luchtuitwisseling tussen gevelspouwen met een verschillende oriëntatie t.o.v. de wind te voorkomen (compartimentering). In dat geval is, bij een open gevelafwerking, de netto windbelasting op het gevelement kleiner dan als deze op basis van alleen de externe drukcoëfficiënt wordt bepaald. Dit heet drukvereffening. Volgens de Nationale Bijlage mag de wind-belasting echter in dit geval toch niet worden gereduceerd. Bij een open verbinding tussen twee gevelspouwen met een verschillende oriëntatie dient wel met een toeslag van 30% te worden gerekend;
- bij de toepassing van dunne niet geprofileerde vlakken kunnen als gevolg van de wind dynamische invloeden optreden met name op de bevestigingen. In dergelijke situaties dient deze mogelijkheid dus te worden onderzocht en, indien aan de orde, weggenomen of hierop berekend te worden;

- indien belastingen, bijvoorbeeld als gevolg van het gekozen bevestigingspatroon, niet gelijkmatig worden overgedragen, hiermee bij de dimensionering van de delen waar de belasting op wordt overgedragen, rekening houden;
- bij de bevestiging aan een houten achterliggende constructie is hiervoor Eurocode 5 van toepassing.

Opmerking:

- Bij het aanbrengen van de gevelafwerking tegen de achterliggende constructie (ook tegen een bestaande gevelconstructie) is de constructieve veiligheid van de gevelafwerking mede afhankelijk van de constructieve kwaliteit van deze achterliggende constructie. De applicateur zal er vanuit moeten kunnen gaan dat deze constructie voldoende sterk en stijf is, tenzij anders is aangegeven. Hiervoor wordt geen verantwoordelijkheid genomen.

Bij bevestiging op een bestaande achterconstructie dienen de betreffende verantwoordelijkheden in nader overleg schriftelijk te worden overeengekomen.

## 8.3 Waterdichtheid

### Minimale ontwerpuitgangspunten

De verantwoordelijk voor een waterdicht ontwerp van de gevelconstructie ligt bij de opdrachtgever.

Gewoonlijk hebben gevels een zogenaamd samengesteld dichtingssysteem: buitenblad (de geventileerde metalen gevelafwerking) en binnenblad verzorgen samen de waterdichtheid. Dit principe functioneert als de luchtdruk in de spouw niet lager is dan de buitenluchtdruk, als de hoeveelheid lekwater in de spouw beperkt blijft en dit snel en adequaat naar buiten toe afgevoerd kan worden en als dit lekwater niet bij aansluitingen van het binnenblad kan komen.

Een kleine hoeveelheid lekwater in de spouw is in dat geval wel toegestaan als dit maar te allen tijde naar buiten toe kan worden afgevoerd en dit water dus niet een negatieve invloed heeft op het functioneren van de constructie en/of op de levensduur en dus ook niet aan de binnenzijde van de opbouw kan uit treden.

Als voor deze functie van de gevelafwerking wordt gekozen, is het essentieel dat de opdrachtgever ervoor zorg draagt dat de achterliggende constructie niet door dit lekwater kan worden belast dan wel dat deze constructie hier geen schade door kan ondervinden.

Bij een samengestelde dichting kan de geventileerde metalen gevelafwerking voorzien zijn van open- en gesloten voegen (voor nadere toelichting: zie hieronder). De laatste zullen vanuit hun aard over het algemeen veel minder vocht toelaten in de spouw dan de eerstgenoemde. Ook combinaties zijn mogelijk, bijvoorbeeld dat verticale voegen gesloten en horizontale voegen open worden uitgevoerd.

Er kan ook voor worden gekozen om de achterliggende constructie waterdicht uit te voeren door de daarvoor verantwoordelijke partij. De gevelafwerking functioneert in dit kader dan min of meer alleen als een esthetische schil. Met name bij achteroverhellende gevels is dit meestal de te verkiezen oplossing.

Bij het uitvoeren van de achterliggende gevelconstructie als waterdichting dient er in het bijzonder aandacht te worden besteed aan het waterdicht door de waterdichte laag heen voeren van de bevestigingen van de gevelafwerking. Dit dient in nauw overleg tussen de betrokken partijen en onder verantwoordelijkheid van de opdrachtgever plaats te vinden. Zogenaamde waterkerende of waterdichte dampdoorlatende folies, toegepast aan de buitenzijde van de achterliggende constructie, blijken hierbij dikwijls onvoldoende waterdicht te zijn. De verantwoordelijkheid hiervoor ligt niet bij de applicateur van de gevelafwerking.

Het uitvoeren van de geventileerde metalen gevelafwerking als enkelvoudige waterdichting wordt in zijn algemeenheid afgeraden en dient alleen in overweging te worden genomen als dit de enige optie is om een waterdichte gevelconstructie te verkrijgen.

De geventileerde metalen gevelafwerking kan plaatselijk worden doorbroken door bijvoorbeeld ramen, deuren, roosters e.d. Bij voorkeur worden deze verdiept geplaatst zodat vocht uit de gevelspouw en afstromend over de geventileerde metalen gevelafwerking de aansluitingen op deze doorbrekingen zo min mogelijk belast. Deze belasting dient verder te worden geminimaliseerd door het toepassen van lekdorpels van voldoende afmetingen direct boven en aansluitend op deze doorbrekingen.



Bij plaatsing van de doorbreking in het vlak van de geventileerde metalen gevelafwerking zijn de detaillering en uitvoering kritisch en vragen daarom om zeer veel aandacht. Een intensieve afstemming tussen partijen is dan te allen tijde noodzakelijk.

De inspanningen moeten er o.a. op zijn gericht dat vocht afstromend over de geventileerde metalen gevelafwerking, en in de spouw hierachter, de onderliggende en aangrenzende aansluitingen op de doorbrekingen niet of minimaal belast en omgekeerd dat water afstromend over de doorbreking en eventueel lekwater afkomstig vanuit dit deel de onderliggende en aangrenzende geventileerde metalen gevelafwerking en zijn spouw niet of minimaal belast. Het is bijvoorbeeld niet toegestaan dat raam- en vliesgevelprofielen ontwateren in de onderliggende spouw.

Aan deze uitgangspunten kan worden voldaan door rondom doorbrekingen zetwerk toe te passen van het juiste ontwerp, afmetingen en wijze van toepassing, zoals aan te geven en uit te werken door de applicateur van de geventileerde metalen gevelafwerking. Het rondom aflakken van doorbrekingen heeft in dit kader alleen een aanvullende functie. Het achterwege laten van lekdorpels e.d. wordt ten sterkste afgeraden. Deze spelen een essentiële rol bij het beperken van de waterbelasting op aansluitingen. De waterdichtheid van deze aansluitingen valt onder de verantwoordelijkheid van de opdrachtgever.

Indien bovenstaande uitgangspunten niet in acht worden genomen, vormen lekkageklachten en/of vroegtijdige veroudering/aantasting van materialen een reëel risico.

De enige uitzondering hierop vormen gevels waarbij het binnenblad op zich een doorgaande waterdichting vormt.

Opmerkingen:

- Onder een kleine hoeveelheid lekwater wordt verstaan 'druppels water' en dus geen 'stralen water';
- Er wordt een onderscheid gemaakt tussen een open en gesloten voegstelsel. In de tweede situatie kan er geen of nauwelijks uitwisseling van lucht plaatsvinden tussen de buitenlucht en de ruimte achter de gevelafwerking en in de eerstgenoemde situatie wel. Bij gesloten voegsystemen is er dikwijls tussen de elementen een band, rubberen profiel of kitafdichting aangebracht;
- In Nederland worden openvoegsystemen dikwijls geprefereerd. Hierbij is, als reeds opgemerkt, een adequate opvang en afvoer van eventueel lekwater in de spouw een absolute noodzaak. Het is van belang om de hoeveelheid lekwater in de spouw beperkt te houden. Daarom is het belangrijk om de open voegen zo uit te voeren dat regenwater niet met volle kracht in de spouw kan dringen. Voorzieningen in en aansluitend op de voegconstructie in de vorm van een labyrint, ontspanningshol, waterhol, opstaande kant e.d. worden daarom ten sterkste aanbevolen;
- Bij hoge gevels (hoger dan 20 m) wordt geadviseerd om deze in verticale richting om de maximaal 20 m te compartimenteren, zodat eventueel in de spouw afvloeiend vocht om de 20 m naar buiten toe wordt geleid;
- M.b.t. de waterdichtheid gelden algemene bouwkundige uitgangspunten zoals genoemd in Hoofdstuk 2.3. Met klem wordt afgeraden hiervan, bijvoorbeeld op basis van architectonische overwegingen, af te wijken.

## **Waterkerende, dampopen folies**

- Bij metalen geventileerde metalen gevelafwerkingen kunnen of moeten, afhankelijk van de toepassing en randvoorwaarden, waterkerende/dampdoorlatende folies worden toegepast. Hierbij worden deze waterkerende/dampopen folies steeds aan de koude zijde (buitenzijde) van de warmte-isolatie toegepast.
- Een waterkerende folie kan de functie hebben te voorkomen dat isolatie en eventuele andere materialen in de spouw door condens vochtig worden. Daarnaast kan in deze toepassing ook het opvangen en reduceren van de waterbelasting een rol spelen om te voorkomen dat er teveel regenwater (te diep) in de spouw kan dringen en zo de materialen in de spouw met teveel vocht kan belasten c.q. materialen/materiaaldoorsneden, die droog dienen te blijven, kan belasten.
- Bij gevelafwerkingen met gesloten voegen en/of voldoende brede overlappen is een dergelijke aanvullende functie zelden aan de orde. Echter bij een gevelafwerking met een openvoegstelsel kan een waterkerende laag hierbij wel een essentiële rol spelen.

- Indien er een waterkerende folie wordt toegepast omdat detailleringen (mogelijk) niet volledig waterdicht zijn waardoor via deze aansluitingen een beduidende hoeveelheid vocht in de gevelspouw kan dringen, dan dient de detaillering zodanig te worden aangepast dat het hierbij hooguit om beperkte hoeveelheden lekwater in de spouw kan gaan.
- Indien er sprake van een aanzienlijke vochtbelasting in de spouw dan volstaat een waterkerende folie niet maar dient men te kiezen voor een waterdichte laag (zoals dakbedekking). Omdat deze i.t.t. een waterkerende folie dampdicht is, impliceert het toepassen van dakbedekking aan de koude zijde van de isolatie dat aan de warme zijde van deze isolatie dan een zeer dampdichte laag noodzakelijk is.
- De kwaliteit van de waterkerende en dampopen folie wordt bepaald door de kwaliteiten van het product, in relatie tot zijn toepassing en de daaraan gestelde eisen, en door de wijze van verwerking. Voor gevels is de kwaliteit van waterkerende folies genormeerd in de NEN-EN 13859-2 - Regendichte of waterkerende membranen voor gevels'.
- In de genoemde normen wordt onderscheid gemaakt tussen dampopen ( $S_d < 0,2$  m) en dampdoorlatend ( $\geq 0,2$  m  $S_d < 3,0$  m). Voor metalen gevels komen alleen dampopen folies in aanmerking.
- Voor geveltoepassing worden er wat betreft mate van waterkering drie klassen onderscheiden: w1, w2 en w3, in aflopende mate van waterkering.
- Klasse w1 dient te worden toegepast in een gevelafwerking met een openvoegsysteem; Klasse w2 in alle overige geveltoepassingen.
- De ruimte aan de binnenzijde van de waterkerende laag mag niet worden geventileerd.
- De waterkerende folies kunnen zowel in verticale als horizontale richting worden aangebracht. Bij een verticale toepassing dienen de verticale naden te worden afgeplakt. Bij een horizontale verwerking dient er van onder naar boven te worden gewerkt en dienen de horizontale overlappen minimaal 100 mm breed te zijn.

## 8.4 Winddichtheid/luchtdoorlatendheid

### Minimale ontwerppuntgangspunten

De winddichtheid/(beperking van de) luchtdoorlatendheid van geventileerde metalen gevelafwerkingen wordt in principe verzorgd door de achterliggende constructie. Het is derhalve essentieel dat deze constructie een doorlopende winddichting c.q. luchtdichting biedt. Met name bij de toepassing van binnenbladen samengesteld uit geprefabriceerde elementen is het daarom van groot belang dat in het werk en onder de verantwoordelijkheid van de opdrachtgever alle onderlinge naden en alle aansluitingen op andere bouwdeelen aanvullend worden afgedicht.

Indien er een nieuwe gevelafwerking wordt aangebracht vóór een bestaande constructie en deze bestaande gevel geeft tochtproblemen, dan dient dit door de opdrachtgever expliciet te worden vermeld.

## 8.5 Thermische isolatie

### Minimale ontwerppuntgangspunten

De thermische isolatie van geventileerde metalen gevelafwerkingen wordt in principe verzorgd door de achterliggende constructie. Een bijdrage kan hieraan worden geleverd door in de spouw tussen de achterliggende constructie en de gevelafwerking isolatie op te nemen. De grootte van deze bijdrage dient in de opdracht te zijn aangegeven. Bovendien dient er voldoende ruimte in de constructie-opbouw aanwezig te zijn om deze prestatie te kunnen bereiken waarbij rekening wordt gehouden met het reducerende effect hierop van koudebruggen in de vorm van o.a. de bevestigingen t.b.v. de gevelafwerking.

Het in dit kader volledig opvullen van de ruimte tussen gevelafwerking en achterliggende constructie met isolatie wordt ten sterkste afgeraden omdat hiermee de afvoer van eventueel lekwater en/of condens zodanig wordt bemoeilijkt dat de aantasting van gevelmaterialen niet kan worden uitgesloten. In de praktijk is een ruimte over de volledige hoogte van de gevel met een breedte van minimaal 20 mm voldoende.

De plaats en de dikte van isolatie kan van invloed zijn op de vochtuithouding van de gevelconstructie. Dit valt niet onder de verantwoordelijkheid van de applicateur van de gevelafwerking.

Bevestigen en bevestigingsconstructies kunnen de prestatie van een eventueel in de spouw toegepaste isolatie in aanzienlijke mate negatief beïnvloeden. De mate waarin dit het geval is, is afhankelijk van het aantal bevestigingspunten, hun vormgeving en doorsnede, het materiaal waaruit zij zijn vervaardigd en het wel of niet toevoegen van een thermische onderbreking tussen de bevestiging en de achterliggende constructie. In zijn algemeenheid neemt deze invloed bij een gegeven wijze van bevestiging in onderstaande volgorde af:

- Aluminium
- Staal
- RVS
- Aluminium inclusief thermische onderbreking
- Staal inclusief thermische onderbreking
- RVS inclusief thermische onderbreking
- Hout
- Kunststof.

Het reduceren van de koudebrugwerking van de bevestigingsconstructie mag er niet toe leiden dat deze bevestiging constructief (mogelijk) niet meer voldoet en/of dat er hinderlijk zichtbare vervormingen kunnen gaan optreden.

Bij het toepassen van een geventileerde metalen gevelafwerking bij bestaande bouw is indien gewenst de prestatie wat betreft thermische isolatie te verbeteren.

## 8.6 Vochthuishouding

### Minimale ontwerppunten

Om een goede vochthuishouding te kunnen realiseren gelden de volgende minimale uitgangspunten:

- De achterliggende constructie dient damp- en luchtstromingsdicht te worden uitgevoerd om de hoeveelheid condensatie in de gevelconstructie en tegen de achterzijde van de gevelafwerking te minimaliseren. Indien een dampremmende laag wordt toegepast, is het essentieel dat onder de verantwoordelijkheid van de opdrachtgever beschadigingen en/of perforaties in deze laag direct worden gerepareerd en dat overlappen in deze laag en aansluitingen hiervan op andere bouwkundige delen worden afgetapet (denk hierbij bijvoorbeeld aan geprefabriceerde houtskelet-elementen);
- Indien er enig lekwater en/of condens in de spouw aanwezig kan zijn en de achterliggende constructie uitgevoerd wordt in materialen die aangetast kunnen worden door vocht (zoals hout), dient de opdrachtgever zorg te dragen voor een waterkerende/waterdichte dampdoorlatende folie aan de buitenzijde van de achterliggende constructie. Deze mag geen scheuren of andere onvolkomenheden bevatten en dient afwaterend te zijn;
- indien de mogelijkheid bestaat dat er zich in de spouw condens vormt, dit vocht zo snel mogelijk uit de spouw naar buiten leiden. De aangeleverde bouwkundige detaillering dient hierin te voorzien. Indien de aan de spouw grenzende materialen geen of nauwelijks gedurende enige tijd vocht kunnen vasthouden, zal het overgrote deel van het eventuele condens (en lekwater) door de zwaartekracht moeten kunnen afvloeien naar buiten toe. Constructiedelen die dit kunnen verhinderen of hinderen, dienen derhalve te worden vermeden. Zijn er wel materialen die tijdelijk 'vocht kunnen bufferen' (denk aan steen, ongeschaafd en onbehandeld hout e.d.) dan kan ventilatie hierbij een wezenlijke rol spelen. In dat geval zal de applicateur in de gevelafwerking hiervoor voorzieningen moeten kunnen opnemen van voldoende omvang.

Opmerkingen:

- Om de hoeveelheid condens in de spouw te minimaliseren is het essentieel dat de achterliggende constructie een doorlopende winddichting c.q. luchtdichting biedt. Met name bij de toepassing van binnenbladen samengesteld uit geprefabriceerde elementen is het daarom van groot belang dat in het werk en onder de verantwoordelijkheid van de opdrachtgever alle onderlinge naden en alle aansluitingen op andere bouwdelen aanvullend worden afgedicht;
- Dampopen binnenbladen zijn ongeschikt bij de toepassing van een metalen gevelafwerking. De reden is de grote hoeveelheid condens die dan, gezien de dichtheid en uitstraling van het metaal, in de spouw gevormd zal worden. Bij een metalen gevelafwerking ontbreekt de mogelijkheid, door de afwezigheid van vochtabsorberende materialen, om condenspieken op te vangen en deze over langere tijd aan de lucht af te staan, waardoor de genoemde sterke condensatie extra risico's oplevert wat betreft lekkages, vochtinsluitingen en aantasting van materialen.

Bij een bestaande gevelconstructie kan de mate van damp- en luchtstromingsdichting door deze bestaande constructie en ook zijn isolatiewaarde bepalend zijn voor het risico van het optreden van condens tegen de achterzijde van de nieuw aan te brengen geveldelen.

## 8.7 Geluidsisolatie en -absorptie

### **Geluidsisolatieprestatie**

De geluidsisolatieprestatie wordt in principe verzorgd door de achterliggende constructie. Indien hieraan ook door de gevelafwerking een bijdrage dient te worden geleverd, dient dit bij opdracht expliciet en gespecificeerd te zijn vermeld.

Bij bestaande bouw is indien gewenst de geluidsisolatieprestatie te verbeteren, bijvoorbeeld door (geluids)isolatie aan de opbouw toe te voegen.

### **Prestaties m.b.t. flankerende transmissie**

De prestatie m.b.t. flankerende transmissie wordt beïnvloed door de gevelafwerking tenzij deze op de betreffende plaatsen wordt onderbroken. De noodzaak hiertoe dan wel de eventuele noodzaak om bij een doorlopende gevelafwerking in dit kader aanvullende voorzieningen te treffen, dient bij opdracht kenbaar te worden gemaakt.

### **Geluidabsorptieprestaties**

N.v.t.

## 8.8 Brandveiligheid

De brandveiligheid wordt in principe verzorgd door de achterliggende constructie (dus niet door de gevelafwerking met zijn bevestigingsconstructie). Indien hieraan ook door de gevelafwerking een bijdrage dient te worden geleverd, dient dit bij opdracht expliciet en gespecificeerd te zijn vermeld.

De prestaties m.b.t. brandveiligheid kunnen worden beïnvloed door de gevelafwerking bijvoorbeeld bij brandscheidingen. Eventuele eisen hieruit voortvloeiend dan wel beperkingen zullen bij opdracht kenbaar moeten worden gemaakt.

Indien er een eis geldt m.b.t. het voorkomen van branduitbreiding via de spouw dan kan dat leiden tot de noodzaak van hiertegen belemmerende voorzieningen (op regelmatige afstand) in de spouw. Dat laatste zal met name het geval kunnen zijn bij de toepassing van brandbare materialen in de spouw.

Bij bestaande bouw is indien gewenst de brandveiligheidsprestatie m.b.v. de nieuw aan te brengen gevelafwerking te verbeteren.

## 8.9 Levensduur

Metalen gevelafwerkingen worden dikwijls uitgevoerd met hoogwaardige materialen, zoals gepoedercoat aluminium of staal. In dit kader wordt verwezen naar de laatste versie van de 'VMRG Kwaliteitseisen en Adviezen'. Om de kans op filiforme corrosie te verminderen dienen de aanbevelingen uit lit. 74 als uitgangspunt te worden gehanteerd. Indien gebruik wordt gemaakt van gecoilcoat materiaal is Hoofdstuk 2. van deze richtlijn van toepassing. Indien gebruik wordt gemaakt van gepoedercoat materiaal wordt tevens verwezen naar de vigerende Qualicoat-voorschriften. Speciaal voor toepassing in een maritiem klimaat kennen deze voorschriften de kwalificatie 'seaside'. Deze is uitsluitend van toepassing indien de opdrachtgever dit voorafgaande aan de opdracht schriftelijk heeft aangegeven. Indien de elementen worden geanodiseerd zijn de Qualanod voorschriften van toepassing.

Voor metalen bevestigingsconstructies zie eveneens Hoofdstuk 2. van deze richtlijn.

Indien als gevelafwerking en/of achterconstructie verzinkt staal wordt toegepast, waarbij er geen sprake is van *sendzimirverzinkt* staal, is de NEN-EN-ISO 1461 van toepassing. T.b.v. de productie dient men de gewenste oppervlaktekwaliteit aan te geven. Voor achterconstructies kan men hierbij uitgaan van 'laag esthetisch' en voor de gevelafwerking dient men uit te gaan van 'hoog esthetisch'.

### Geperforeerde platen

Randen van platen zijn te allen tijde wat betreft levensduur een aandachtspunt. Bij voorgecoat materiaal omdat op deze randen geen beschermlaag aanwezig is; bij achteraf beschermd materiaal omdat als gevolg van scherpe hoeken ter plaatsen de beschermlaag plaatselijk dunner zal zijn. Afronden van deze randen geeft een verbetering maar nooit een bescherming die volledig gelijkwaardig is aan die in het vlak.

Bij het perforeren van platen vergroot men als het ware de randlengte met een zeer grote factor. Dit vraagt bij de toepassing van geperforeerde plaat, zowel in staal als in aluminium, in een buitentoepassing of in binnenruimten met een verzwaard milieu om extra aandacht.

Voorgecoat materiaal is dan af te raden. En bij nagecoat materiaal of bij geanodiseerd aluminium is het van groot belang dat de randen van de perforaties vlak zijn en hun hoeken ontbraamd en gebroken. Bij nacoaten is een 2-laags systeem noodzakelijk. Bij gecoat aluminium dient men een legering uit de 5000-serie toe te passen. Toepassing van geperforeerde gevelafwerking tot 25 km uit de kust of brak water wordt afgeraden evenals minder dan 100 m van (open) water. Kiest men hier wel voor dan impliceert dat een verhoogd risico op corrosie.

De levensduur van een gevelconstructie wordt niet alleen bepaald door de kwaliteit van de toegepaste materialen en beschermingsmethoden maar ook door de kwaliteit van het ontwerp en van de bouwkundige detailleringen. Materialen dienen op elkaar te worden afgestemd. Zie ook Hoofdstuk 2.9 van deze richtlijn. Staand water en/of ingesloten vocht moeten worden voorkomen.

Voor de bevestiging van cassettes en van het achterliggende stijl- en regelwerk, indien gelegen in de vochtige zone van de spouw (zie Hoofdstuk 2.9), dient RVS 304(A2) of 316(A4) te worden toegepast. Metalen regelwerk dient te voldoen aan de eisen zoals vermeld in Hoofdstuk 2.9 op basis van een referentie-periode van 50 jaar.

Het toepassen van hout voor stijl- en regelwerk wordt niet aangeraden. Indien hier toch voor wordt gekozen dient men hout van Levensduursklassen 1 of 2 conform NEN-EN 350-2 toe te passen. Verduurzaamd hout Klasse 3 is ook toegestaan als dit door-en-door verduurzaamd is middels de vacuüm-drukmethode. Tussen metaal en verduurzaamd hout dient te allen tijde een PE-folie te worden toegepast. Ook sommige niet-verduurzaamde houtsoorten kunnen bepaalde metalen aantasten. Indien een dergelijke combinatie aan de orde is, dient ook dan een scheidingslaag tussen beide te worden toegepast.

Deze voorwaarden gelden ook bij montage op houtskeletbouw. Bij montage op HSB, maar ook meer in het algemeen, is het bij geventileerde metalen gevelafwerkinggevels van essentieel belang dat het binnenblad damp- en luchtstromingsdicht wordt uitgevoerd. Verder dient eventueel condens in de spouw adequaat te worden afgevoerd. Een waterkerende folie tussen het hsb en de metalen geventileerde metalen gevelafwerking, als onderdeel van de achterliggende constructie, kan een aanvullende functie vervullen bij het realiseren van een duurzame gevelconstructie onder de voorwaarde dat deze van de juiste kwaliteit is en niet is beschadigd. Bij een opvoegsysteem dient deze folie bovendien UV-bestendig te zijn. Deze folie dient door de opdrachtgever te worden aangebracht voordat wordt gestart met de applicatie van de geventileerde metalen gevelafwerkingconstructie tenzij contractueel anders is overeengekomen.

Onderzijde van overstekende delen en luifels en delen in de 'schaduw' hiervan worden minder goed gereinigd door de regen (natuurlijke reiniging). Het beste kunnen dit soort situaties daarom worden vermeden. Is dit niet mogelijk of gewenst dan wordt aanbevolen hier extra duurzame materialen toe te passen voor de gevelafwerking dan wel om deze delen periodiek (in ieder geval meerdere malen per jaar) extra te reinigen.

### **Minimale ontwerpuitgangspunten**

- Bij de toepassing van gevelcassettes, die worden toegepast in de buitenlucht, dienen de randen te zijn 'gebroken' om een voldoende dekking van de coating op deze randen te kunnen verkrijgen (n.v.t. felskanten);
- Bij belastende omstandigheden wordt geadviseerd om de hoeken van cassettes dicht te lassen dan wel af te kitten met een duurzame, corrosiewerende kit in kleur. De opdrachtgever dient te allen tijde voorafgaande aan de opdracht schriftelijk kenbaar te maken dat een dergelijke voorziening getroffen dient te worden. Is deze voorziening niet noodzakelijk, gewenst en/of voorgeschreven dan dienen spleten bij voorkeur minimaal 3 mm breed te zijn;
- Voorkomen dient te worden dat in de omgezette onderrand van cassettes lekwater/condens kan blijven staan. Hiertoe kunnen deze afwaterend worden uitgevoerd dan wel van voldoende ontwateringsvoorzieningen worden voorzien. Deze dienen een minimaal oppervlak te hebben van 300 mm<sup>2</sup> bij een minimale breedte van 10 mm en maximale h.o.h. afstand te hebben van 500 mm;
- Bij materiaal dat na het coaten wordt gezet, dient bij het bepalen van de minimale zetradius rekening te worden gehouden met de vervormbaarheid van de toegepaste coating. Deze mag als gevolg van deze werkzaamheid niet barsten (zie ook Hoofdstuk 2.9). Indien de coating na het zetten wordt aangebracht dan geldt als minimale binnenradius een waarde van 0,5 mm;
- Bevestigingsgaten, hijsogen e.d. dienen zoveel als mogelijk vóór het coaten te zijn aangebracht.

## 8.10 Uiterlijk en toleranties

Metalen gevelafwerkingen worden dikwijls toegepast in hoogwaardige gebouwen. Bij bestaande gebouwen worden dit soort gevelafwerkingen dikwijls toegepast om de gevel te 'upgraden'. Dit betekent dat er over het algemeen een hoog verwachtingspatroon van toepassing zal zijn. In dit kader kunnen materiaal-, constructie- en ontwerpkeuzes wel beperkingen opleveren. Hieronder volgt een niet uitputtend overzicht:

- Gevelelementen en zetwerk van 2 of 3 mm dik aluminium geven te allen tijde een strakker resultaat dan verzinktstalen of aluminium elementen met een dikte tot 1,5 mm ook als deze laatste zijn verstijfd met een aan de binnenzijde gelijmd materiaal (m.u.v. fabrieksmatig geproduceerde 'standaard'-producten met bijv. een kern van hard kunststof of in de vorm van een aluminium honingraad);
- Geprefabriceerde vormdelen zijn te allen tijde strakker dan in het werk op maat en in vorm gemaakte delen;
- Elementen met grote maten kunnen minder strak en vlak zijn en ook o.a. door temperatuursinvloeden meer vervormen. Het extra groot maken van de voorvlakken door de breedte van omzettingen te reduceren wordt afgeraden;
- Metalen gevelelementen kunnen in vele vormen en maten worden geproduceerd. Er zijn echter ook beperkingen. Bijvoorbeeld zettingen of vervormingen in twee richtingen kunnen beperkingen opleveren en/of enige zichtbare spanningen geven. Aangeraden wordt de mogelijkheden en onmogelijkheden in dit kader vooraf in overleg te bespreken om teleurstellingen achteraf te voorkomen. Het maken van een mock-up op ware grootte van één of een aantal kritische punten kan hierbij extra inzicht geven;
- Bouwen gebeurt onder wisselende condities en in weer en wind. Bovendien worden de gevelelementen met toleranties geproduceerd en gemonteerd. Ook de achterliggende constructie zal altijd enige toleranties kunnen vertonen. Hoewel het de plicht is van de bouwende partijen om binnen de beschikbare mogelijkheden en budgetten deze invloeden te beperken, dienen lichte variaties in aanzien en maatvoering als inherent te worden beschouwd (zie ook deel I van deze richtlijn 'Leidraad');
- I.v.m. de constructieve veiligheid dienen elementen op regelmatige afstand met voldoende sterke middelen te worden vastgezet. Dit zal over het algemeen zichtbaar kunnen zijn. Het beperken van het aantal bevestigingen en/of hun dimensies, bijv. op basis van esthetische overwegingen, op een zodanige wijze dat dit de constructieve veiligheid reduceert, is te allen tijde onacceptabel.

De kwaliteit van de achterconstructie heeft ook een belangrijke invloed op de esthetische kwaliteit van de gevel. Geventileerde metalen gevelafwerkinggevels hebben dikwijls een hoogwaardige uitstraling hetgeen extra zware tolerantie-eisen met zich mee kan brengen. Dit dient dan vooraf door de opdrachtgever aan alle betrokken partijen kenbaar te zijn gemaakt. Bij de montage op een achterconstructie (zoals metselwerk, beton, hout e.d.) zijn de toleranties over het algemeen te groot om hier direct gevelplaten op te kunnen monteren. Derhalve dient er vrijwel altijd eerst een instelbare overgangsconstructie tussen beide te worden aangebracht.

Voor de verantwoordelijkheid m.b.t. de afstemming tussen achterconstructie en de (visuele kwaliteit van de) gevelconstructie zie Hoofdstuk 2.10. Verder moeten voor metalen geventileerde metalen gevelafwerking-elementen de volgende materiaal-toleranties worden aangehouden (in onbelaste toestand):

- De afwijking van de haaksheid mag niet meer bedragen dan 1 mm/m1;
- Een paneel mag na montage niet meer dan 5 mm scheluw zijn;
- De maximale afwijking van vlakheid in onbelaste toestand (inbegrepen temperatuurbelasting) en gemeten in de stand van zijn toepassing (in het vlak van het paneel) mag over de diagonalen gemeten onder een rei nergens meer bedragen dan  $\pm 5$  mm/m1 met een absoluut maximum van  $\pm 10$  mm. De maximale afwijking van vlakheid over een beperkt oppervlak mag over een afstand van 100 mm in absolute zin nergens meer bedragen dan  $\pm 1$  mm. Over een afstand van 500 mm bedraagt de maximale afwijking  $\pm 2$  mm.



- De maximale lengte- en breedtetoleranties bedragen  $\pm 1,5$  mm tot afmetingen tot 1500 mm,  $\pm 2$  mm bij afmetingen tussen de 1500 en 5000 mm en  $\pm 3$  mm bij grotere afmetingen;
- Voor coilcoated materiaal gelden voor de diktetoleranties de waarden zoals vermeld in de normen voor CE-markering (zie paragraaf 2.1). Voor gepoedercoat aluminium en staal gelden de volgende waarden:

Nominale plaatdikte	Toegestane maximale afwijking t.o.v. de nominale dikte		
	Breedte $\leq 1000$ mm	Breedte $\leq 1250$ mm	Breedte $\leq 1650$ mm
< 0,4 mm	zie DIN 1784	zie DIN 1784	zie DIN 1784
0,4 mm	$\pm 0,02$ mm	$\pm 0,04$ mm	$\pm 0,05$ mm
0,5 mm	$\pm 0,03$ mm	$\pm 0,05$ mm	$\pm 0,07$ mm
0,8 mm	$\pm 0,04$ mm	$\pm 0,06$ mm	$\pm 0,08$ mm
1,2 mm	$\pm 0,05$ mm	$\pm 0,07$ mm	$\pm 0,10$ mm
1,8 mm	$\pm 0,06$ mm	$\pm 0,09$ mm	$\pm 0,12$ mm
2,0 mm	$\pm 0,07$ mm	$\pm 0,10$ mm	$\pm 0,13$ mm
> 2,0 mm	zie DIN 1783	zie DIN 1783	zie DIN 1783

Voor tussenliggende dikten mag lineair worden geïnterpoleerd.

- Cassettes mogen, gemeten over hun diagonaal, bij de meest ongunstige combinatie van belastingen niet meer doorbuigen dan  $1/50$  x de lengte van deze diagonaal. De blijvende vervorming mag niet meer dan 1 mm bedragen.

Voor de montagetoleranties van geventileerde metalen gevelafwerkinggevels zie Deel 1 van de Kwaliteitsrichtlijn voor Metalen Gevels en Daken: Leidraad voor Opdrachtgever, Architect en Verwerker.

### 9.1 Handling

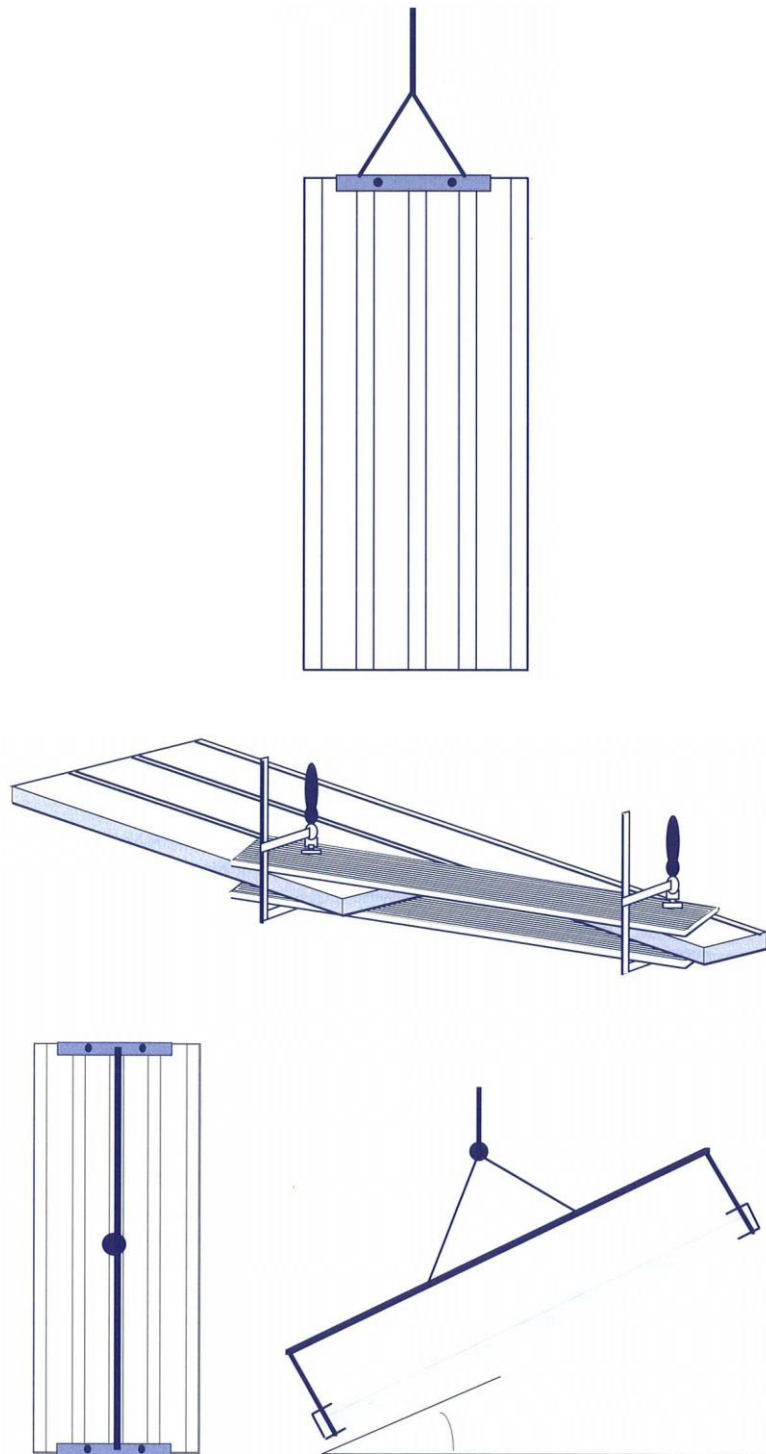
Bij de handling van materialen dienen de instructies te worden gevolgd, die bij deze materialen zijn gevoegd.

Bij het met de kraan lossen en/of transporteren op de bouwplaats van beplatingsmaterialen of sandwichpanelen moet er gebruik worden gemaakt van hijsbanden (en dus nimmer van kettingen). De pakketten dienen dusdanig te worden aangeslagen dat het materiaal niet wordt vervormd of oneigenlijk belast (eventueel kan er gebruik worden gemaakt van houten plankjes o.i.d. om met name de randen en hoeken te beschermen). Indien op het pakket aangegeven staat hoe/waar aangeslagen dient te worden, dient men zich aan dit voorschrift te houden. Bij langere pakketten (> 6 m) dient er om de belasting te spreiden gebruik te worden gemaakt van een evenaar.

Lossen/transporteren op de bouwplaats van pakketten met platen of panelen moet altijd met een kraan geschieden. Lossen/transporteren hiervan m.b.v. een vorkheftruck is dus niet toegestaan, tenzij er gebruik wordt gemaakt van aangepaste hefmiddele en er sprake is van een vlakke, verharde ondergrond.

Bij het individuele lossen van platen of panelen of bij transport m.b.v. een kraan is er een aantal mogelijkheden, afhankelijk van de wijze van montage:

- te gebruiken hijs hulpmiddelen bevestigen op plaatsen die later aan het zicht worden onttrokken. Bij verticale montage kunnen bijv. (afhankelijk van de situatie) aan de bovenzijde één of meerdere gaten worden gemaakt dóór de plaat/paneel heen, waar een soort klem (U-profiel) overheen kan worden geschoven en bevestigd. Deze gaten worden zodanig aangebracht, dat deze later onder de dakkap kunnen wegvallen. Er mag echter nooit aan het voeggedeelte van een paneel worden bevestigd tenzij het paneel hier specifiek op is gedimensioneerd of beschikt over een speciale voorziening;
- bij horizontale montage van panelen wordt bij voorkeur gebruik gemaakt van vacuümapparatuur. Ook hierbij moeten beschadigingen aan de panelen worden voorkomen;
- panelen die verzwakt zijn doordat er een sparing in is gemaakt, dienen tijdelijk bij transport en montage verstevigd te worden om knikken van het paneel te voorkomen;
- panelen worden met zorg uit het pakket getild en begeleid om beschadigingen te voorkomen;
- ook voor het hijsen van panelen op het dak kunnen naast vacuümapparatuur ook andere hulpmiddelen worden gebruikt, die speciaal voor het hijsen van een bepaald type paneel worden gemaakt;
- het is aan te bevelen bij hijs werkzaamheden extra veiligheid in te bouwen tegen het vallen van de last.



## 9.2 Opslag

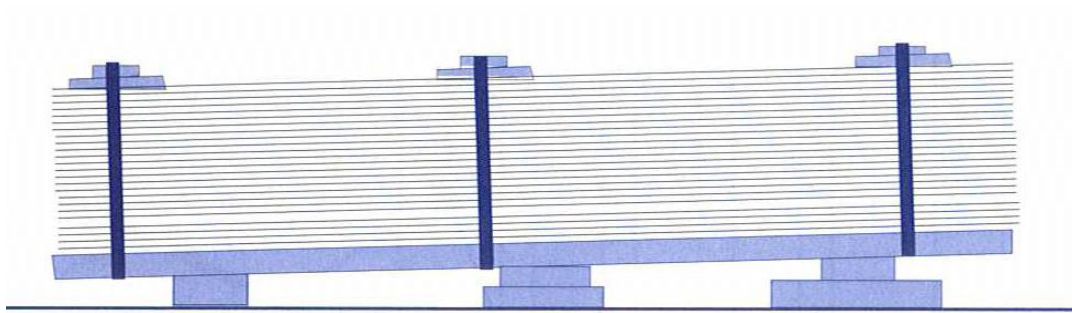
Bij de opslag van materialen dienen de instructies te worden gevolgd, die bij deze materialen zijn gevoegd.

Voordat beplating, sandwichpanelen, isolatiematerialen e.d. kunnen worden gemonteerd, worden ze veelal eerst opgeslagen. Opslag op de bouwplaats en opslag in de buitenlucht dient gedurende zo kort mogelijke periode plaats te vinden. Gedurende deze periode bestaat immers het risico op beschadiging (bijv. aanrijtschade) of inwerking van weersinvloeden.

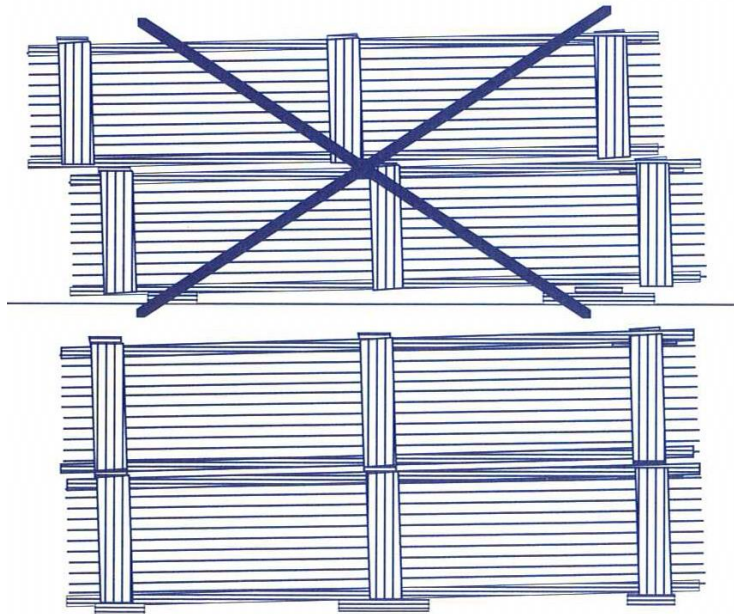
Voor isolatie geldt dat dit droog moet worden opgeslagen. Bevestigingsmiddelen dienen binnen (bijv. in een container) te worden opgeslagen.

Bij het opslaan van platen of panelen dient men zich aan de volgende richtlijnen te houden:

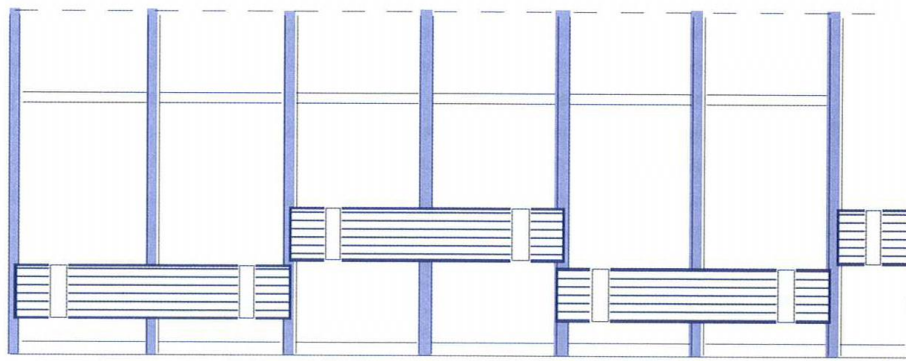
- materialen in gepaste hoeveelheden bestellen en afroepen en geleverde materialen direct verwerken (om de opslag tot een minimum te beperken);
- aluminium of verzinkte materialen zonder aanvullende coating op beide zijden en/of geperforeerd materiaal mogen niet zonder waterdichte afscherming in de buitenlucht worden opgeslagen. Voor tweezijdig gecoat materiaal is dit eveneens af te raden;
- pakketten licht afwaterend op bijvoorbeeld houten balken plaatsen;



- pakketten zodanig afdekken met een dekzeil dat de pakketten worden afgeschermd en tevens geventileerd. Langdurige opslag op de bouwplaats dient vermeden te worden. Beter is het dan om de pakketten met beplating of panelen beschermd op te slaan en aanvullende maatregelen tegen beschadiging en/of aantasting te nemen;
- geen pakketten stapelen, tenzij de verpakking hiertoe sterk genoeg is. Is dit het geval, de pakketten dan, indien noodzakelijk, zo op elkaar stapelen dat de kransen in één lijn boven elkaar komen te liggen (dus op elkaar afsteunen). Twee volledige pakketten met panelen bovenop elkaar is te allen tijde het maximum;
- pakketten opslaan op een daarvoor geschikte plaats, goed bereikbaar i.v.m. transport maar afgeschermd met het oog op aanrijgevaar;
- de ondergrond dient ter plaatse horizontaal, vlak en draagkrachtig te zijn;



- te allen tijde direct contact tussen materialen en water, grond of zand vermijden. Vochtinwerking voorkomen;
- bij de opslag op de draagconstructie de pakketten boven de kolommen en spanten plaatsen (i.o.m. verantwoordelijke partijen);
- op hellende daken de pakketten tegen schuiven borgen;
- bij opslag van pakketten dakplaten/panelen en/of isolatie op een reeds uitgelegde dakbeplating, dient deze beplating volledig te zijn afgemonteerd. Tevens dienen de pakketten zodanig over het dak te worden getransporteerd en zodanig te worden opgeslagen dat de gemonteerde beplating noch in zijn totaliteit noch voor een gedeelte (bijv. één of meerdere toppen) wordt overbelast, beschadigd of blijvend vervormd;
- opgeslagen platen en andere materialen vastzetten of ballasten tegen wegwaaien.
- 



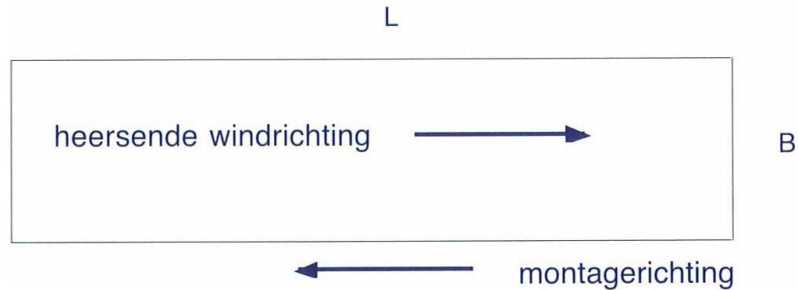
(bovenaanzicht dak)

## 9.3 Montage

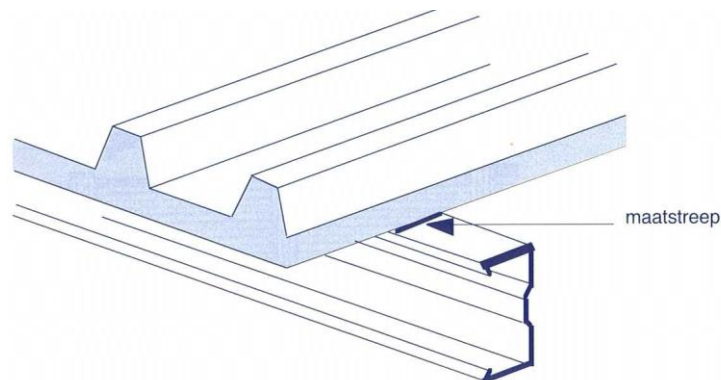
Inzake het monteren gelden de volgende minimale richtlijnen:

- monteren conform het eventuele montagevoorschrift van de leverancier;
- vóór het starten de te verwerken materialen, gereedschappen en de achterconstructie controleren op maatvoering en geschiktheid;

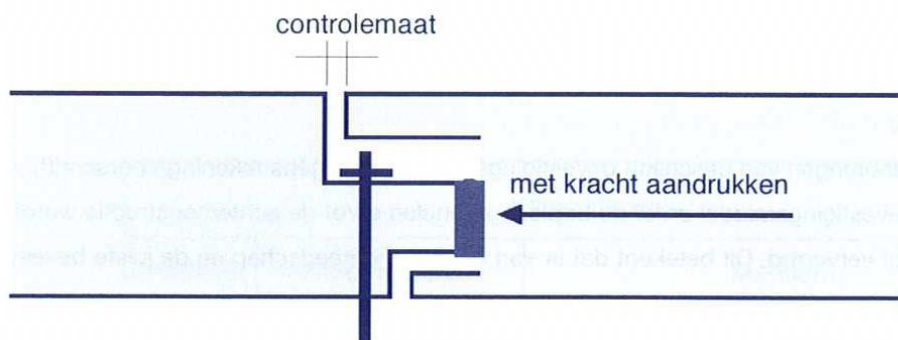
- bij het verwijderen van een plaat/paneel uit een pakket mag deze nooit over de onderliggende plaat/paneel worden gesleept, noch over reeds gemonteerde platen/panelen;
- vervolgens bij de toepassing van 'kouddak'platen of sandwichpanelen op een dak tegen de heersende windrichting indekken (zie ook Hoofdstukken 4.3 en 5.3). Tegen de afstroomrichting van regenwater in monteren;



- bij de montage van maatgevoelige gevel- of dakconstructies de maatvoering op de achterconstructie uitzetten om tot een strak eindresultaat te kunnen komen en om eventuele maattoleranties in constructie en/of materialen gelijkmatig te kunnen verdelen (in- of uitwerken van platen dient zoveel mogelijk beperkt te worden). Alvorens deze maatvoering definitief uit te zetten een proefmontage uitvoeren om de werkelijke werkende breedte van de geleverde beplating/panelen te bepalen. Om met name bij de montage van sandwichpanelen tot een goed eindresultaat te kunnen komen de eerste panelen met grote precisie plaatsen en om de vijf panelen de werkende breedte controleren (ook binnenzijde controleren);



- sandwichpanelen over de volledige voeglengte goed aandrukken om een sluitende voegconstructie te verkrijgen;



- elementen waterpas, te lood (n.v.t. dakpanelen) en zo mogelijk zonder vertanding monteren. Vertanding is alleen toegestaan indien deze binnen de hiervoor geldende tolerantie-eisen valt zoals deze gelden voor de panelen en voor de montage. Voegen/overlappen dienen te sluiten en niet te verlopen in hun breedte;
- tijdens de montage om de vijf panelen controleren. Indien er sprake is van een metallic coating dient tevens tijdens de montage de betreffende gevel minimaal dagelijks te worden beoordeeld op esthetische aspecten waaronder kleur en vleug vanaf een afstand van 50 à 100 meter (indien niet mogelijk vanaf de maximaal mogelijke afstand), zowel haaks op de gevel als onder een hoek van 45°;
- omdat een goede controle alleen mogelijk is na verwijdering van een eventuele beschermfolie dient deze direct vóór, tijdens of direct na montage van het betreffende element te worden verwijderd. Uitsluitend als gedurende enige tijd beschadiging van dit element mogelijk blijft (zoals bij een t.b.v. de montage intensief te belopen dak, waarbij panelen dan wel profielplaten zijn toegepast met op de exterieurzijde een coating met een laagdikte 35 µm) dient de folie gedurende deze tijd gehandhaafd te blijven, waarbij tevens rekening wordt gehouden met de periode waarbinnen deze nog zonder problemen te verwijderen is. Overigens dient bij het lopen op (dak) en uitvoeren van werkzaamheden op (dak) dan wel bij (gevel) reeds gemonteerde platen c.q. panelen te allen tijde de noodzakelijke zorgvuldigheid te worden betracht opdat de kans op beschadiging hiervan tot een minimum wordt beperkt;
- inkorten van platen of panelen op het werk zoveel mogelijk voorkomen. Indien toch noodzakelijk, dient dit, zo mogelijk, aan een niet in het zicht komende zijde te geschieden. Beplating en zetwerk inkorten door te knabbelen en vervolgens na te knippen (zetwerk alleen knippen). Panelen kunnen vanaf de buitenzijde worden gezaagd met een geschikt en scherp zaagblad. Inkorten langs een geleiding uitvoeren. Zaagsel en braampjes direct verwijderen. Het gebruiken van een slijpmachine is verboden!;
- beplating en panelen tegen uitzakken borgen (gevelpanelen altijd op een ondersteuning plaatsen!);
- detailleringen altijd zodanig uitvoeren dat vocht niet ingesloten kan raken en ongehinderd kan afvloeien;
- bij het aanbrengen van geschikte bevestigingsmiddelen (volgens tekening/voorschrift) voorkomen dat dit bevestigingsmiddel en/of de beplating/panelen en/of de achterconstructie wordt beschadigd en/of vervormd. Dit betekent dat er van het juiste gereedschap en de juiste bevestigingsmiddelen (afgestemd op materiaaltipe en -dimensies, op functie en op achterconstructie) gebruik dient te worden gemaakt. Dit ook vanuit het oogpunt van een strak eindresultaat rondom de bevestiging;
- gemonteerde panelen t.p.v. alle vlakbegrenzings (verticaal gemonteerde panelen bij gebouwhoeken, deuren e.d. en horizontaal gemonteerde panelen t.p.v. begane grondvloer, dakrand, doorbrekingen e.d.) h.o.h. maximaal 1,5 m bevestigen;
- bevestigingsmiddelen en eventuele afdichtingsmaterialen zorgvuldig en volgens (leveranciers)voorschrift aanbrengen;
- boorsel direct verwijderen;
- dakbeplating direct zodanig vastzetten dat verschuiven, tussen de platen 'trappen' en/of 'deuken trappen' in deze beplating wordt voorkomen;
- dampremmende foliën aftapen en isolatie sluitend, dus zonder open naden, verwerken;
- doorbrekingen zodanig aanbrengen en, indien noodzakelijk, zodanig aanvullend ondersteunen dat noch tijdens de montage noch in de gebruiksfase het risico bestaat op schade/vervormingen aan de beplating/panelen en/of op persoonlijk letsel.

## Reiniging en onderhoud

### 10.1 Reiniging

Gevels dienen te worden gereinigd conform de garantievoorzwaarden en voorschriften van de leverancier. Reinigen is gewenst c.q. noodzakelijk met het oog op:

- behoud van esthetische kwaliteit;
- vertragen van verouderingsproces.

Corrosie- klasse	locatie (indicatief)	goede bere- gening	slechte berege- ning en/of agres- sieve invloeden*	reinigingsperiode
C2	>20 km landinwaarts	1x per jaar	2x per jaar	maart
C3	10-20 km landinwaarts	2x per jaar	2-3x per jaar	maart en oktober
C4	3-10 km landinwaarts	3x per jaar	3x per jaar	maart, juni en oktober
C5-I/-M	< 3 km landinwaarts	3x per jaar	4x per jaar	maart, juni en oktober, januari

Voor Corrosieklassen zie Hoofdstuk 2.9.

Onderzijden van luifels, overstekken en zetwerk en geveldelen onder een luifel, overstek of zetwerk over een hoogte gelijk aan 3 maal de afstand, waarover het betreffende deel uit de gevel steekt, vanaf het uitstekende deel naar beneden, worden geacht slecht te worden beregend. Dit geldt ook voor anderszins van de regen afgeschermd geveldelen bijvoorbeeld door bomen, hekwerk, direct aangrenzende bebouwing e.d. (zie ook Hoofdstuk 2.9 van deze richtlijn).

Voor geperforeerde platen geldt altijd de reinigingsfrequentie als voor slechte beregening. Dergelijke elementen vervuilen ook aan hun spouwzijde, terwijl zij daar redelijkerwijs niet te reinigen zijn. Dit impliceert een versnelde vervuiling en, op den duur, aantasting. Dit is inherent aan de keuze van geperforeerd metaal als gevelafwerking.

Te gebruiken reinigingsmiddelen dienen pH-neutraal te zijn en mogen geen schurende middelen bevatten en dienen te worden opgelost in koud of lauw water (niet onder hoge druk reinigen!).

Om het effect van de reiniging te verlengen kan men gelijktijdig een conserveringslaag aanbrengen waarop vuil minder gemakkelijk hecht. Voor moeilijk te verwijderen vuil zijn er speciale reinigingsmiddelen op de markt. Hierover dient de leverancier van het materiaal/product te worden geraadpleegd.

### 10.2 Onderhoud

De verwachte technische levensduur van gecoilcoate aluminium en verzinkstalen gevel- en dakplaten, mits correct verwerkt conform deze Kwaliteitsrichtlijn en mits de montage- en onderhoudsvoorschriften van de leverancier correct worden opgevolgd, bedraagt minimaal 15 tot 50 jaren. Na deze tijd kan onderhoud aan de orde zijn in de vorm van vervangen/afdekken van de bestaande beplating dan wel in de vorm van overschilderen.

Voor de wijze waarop onderhoud dient te worden uitgevoerd wordt verwezen naar SBR-rapport F60 en bijhorende Bouwen



met Staal brochure 'Onderhoud van gecoilcoate staalplaat'.

Ook de betreffende leverancier kan dienaangaande advies verstrekken.

Voor onderhoud aan aluminium wordt verwezen naar de VMRG-kwaliteitseisen en -adviezen voor metalen gevels en ramen (laatste versie).

Opmerking:

Overschilderen van metalen gevels is een specialistisch werk en dient door specialisten te worden uitgevoerd. De leverancier van het materiaal/product beschikt over een lijst van dergelijke specialisten. Alvorens de werkzaamheden uit te voeren is het aan te bevelen eerst een proefvlak op te zetten.

### 11.1 Inleiding en algemeen

De volgens dit hoofdstuk door de leverancier te verstrekken materiaal-, product- en eventuele toepassingsinformatie dient, waar mogelijk, te worden bepaald op basis van de Nederlandse /Europese regelgeving en relevante normen (CE-markering). Voor materialen c.q. producten en/of omstandigheden, waarin deze regelgeving en normen niet (afdoende) kan voorzien, en daar waar dit in genoemde documenten voorgeschreven is, moet gebruik worden gemaakt van relevante buitenlandse normen c.q. richtlijnen.

De door de leverancier te verstrekken materiaal- en/of productgebonden gegevens (zoals warmtegeleidingscoëfficiënt van isolatiemateriaal of de kwaliteit van het gebruikte staal/aluminium) kunnen te allen tijde, mits voldaan is aan eventueel hierbij vermelde uitgangspunten en (rand-) voorwaarden, direct worden gebruikt t.b.v. projectgebonden toepassingen.

De door de leverancier te verstrekken gegevens, die de toepassing van een materiaal of product betreffen (zoals de overspanningscapaciteit van een sandwichpaneel), kunnen en mogen uitsluitend projectgebonden worden toegepast als:

- de door de leverancier gehanteerde uitgangspunten exact overeenstemmen met de projectgebonden situatie en;
- deze gegevens zijn bepaald volgens de in deze richtlijn voorgeschreven normen en methoden en op de voorgeschreven wijze worden gepresenteerd.

In alle andere gevallen dienen deze gegevens te worden beschouwd als indicatief en dient derhalve diegene, die verantwoordelijk is voor de uitwerking en toepassing van de metalen gevels en daken, zelf de projectgebonden kwaliteiten, mogelijkheden en beperkingen van de toepassing van deze materialen en producten te bepalen.

Van metalen platen en van sandwichpanelen dienen minimaal de volgende materiaal/productgebonden karakteristieken (declaration of performance) door de leverancier te worden vermeld (waar van toepassing conform CE):

- materiaal- c.q. productdimensies (dikte van geheel en van samenstellende delen, breedte, werkende breedte, hoogte en overige relevante informatie);
- gewicht per m<sup>2</sup>;
- perforatiegraad en patroon (indien van toepassing);
- oppervlakteprofilering, zoals vlak, gelinieerd, geëmbosseerd etc. (indien relevant);
- milieurelevante informatie;
- type en soortelijke massa van isolatiemateriaal (bij sandwichpanelen);
- staal/aluminiumkwaliteit middels genormeerde code;
- typen anorganische en organische coating.

Van metalen bevestigingsmaterialen dienen minimaal de volgende materiaal/productgebonden karakteristieken te worden vermeld:

- materiaal- c.q. productdimensies van bevestigingsmiddel en van eventuele onderlegging (lengte, diameter, type schroefdraad, type boorpunt);
- metaalkwaliteit middels genormeerde code en chemische omschrijving van eventueel toegepaste niet-metalen onderlegging;
- milieurelevante informatie;

- type anorganische en organische coating (indien van toepassing).

Voor bevestigingsmiddelen wordt aanbevolen per collo de volgende informatie te verstrekken:

- type, afmetingen en materiaal bevestigingsmiddel;
- doel (functie) bevestigingsmiddel;
- beperkingen bevestigingsmiddel m.b.t. te bevestigen typen en dikten materialen;
- te gebruiken gereedschappen en hulpmiddelen (o.a. als functie van materiaaldikte), indien van toepassing, en instelling hiervan;
- juiste applicatiemethode en veiligheidsinformatie.

Van isolatiematerialen dienen minimaal de volgende materiaal/product-karakteristieken te worden vermeld:

- materiaaltipe inclusief gegevens over toegepaste drijfmiddelen;
- materiaal- c.q. productdimensies;
- bouwfysische prestaties;
- milieurelevante informatie;
- toepassing van eventuele afwerklagen.

Op aanvraag dienen voor de geleverde materialen en producten toepassingsvoorwaarden te worden vermeld. Aspecten die in dit kader onder andere relevant kunnen zijn, zijn:

- minimale en/of maximale temperatuur;
- minimale en/of maximale luchtvochtigheid;
- andere omgevingscondities als bijvoorbeeld agressiviteit van de lucht;
- type, afmetingen en toleranties van achterconstructie;
- toepassingsmogelijkheden (zoals bijvoorbeeld verticale en/of horizontale montage, minimale dakhelling of gebouwtypen).

Als door de leverancier een bepaalde minimale prestatie wordt 'geclaimd', dient hierbij te worden aangegeven onder welke voorwaarden deze geldt en op basis van welk onderzoeksresultaat (incl. volledige codering van dit onderzoeksrapport). Bovendien dient de leverancier deze 'claim' op aanvraag voor de betreffende instanties te kunnen onderbouwen.

Indien er onder een bepaald kwaliteitssysteem wordt geproduceerd, dient dit te worden vermeld.

## 11.2 Statica

Presentatie van overspanningsgegevens van beplating, binnendozen en panelen dient minimaal als functie van veiligheidsklasse, windgebied, bebouwing, gebouwhoogte en coatingkleur (alleen bij sandwichpanelen) te worden weergegeven of op aanvraag (telefonisch, middels internet e.d.) te worden verstrekt, incl. het aantal overspanningen waarmee gerekend/getest is. Hierbij dient tevens te worden vermeld met welke oplegbreedte is gerekend/ getest.

De volgende gegevens moeten minimaal bij bevestigingsmiddelen kunnen worden verstrekt:

- uittrekwaarde (als functie van materiaaldikten);
- overtrekwaarden (als functie van materiaaldikten en ringdiameter);

- afschuifsterkte;
- treksterkte.

De leverancier dient hierbij de rekenwaarde op te geven conform EAD 330047-00-0602 en 330046-01-0602.

De leverancier van schietnagels dient een certificaat te kunnen overleggen voor deze nagels, toegekend door een daartoe geaccrediteerd, onafhankelijk instituut. Verder dienen de randvoorwaarden voor de toepassing te zijn vermeld (min/max. materiaaldikte, te gebruiken gereedschappen, te gebruiken instellingen van gereedschappen, eventuele voorbereidingen, wijze van applicatie, te bereiken eindresultaat etc.) en in overeenstemming te zijn met de betreffende EAD of certificaat. Afwijken van deze randvoorwaarden is alleen toegestaan na schriftelijke goedkeuring door de leverancier.

Opmerking:

De nominale dikte van plaatmateriaal is de dikte van het basismateriaal inclusief zijn zinklagen.

## 11.3 Waterdichtheid

Bij sandwichpaneelsystemen voor gevels dient de waterdichtheid van de geprefabriceerde voegsystemen te worden gegeven als functie van het drukverschil binnen/buiten over deze voeg.

## 11.4 Winddichtheid/luchtdoorlatendheid

Bij sandwichpaneelsystemen voor gevels dient de winddichtheid/luchtdoorlatendheid van de geprefabriceerde voegsystemen te worden gegeven als functie van het drukverschil binnen/buiten over deze voeg.

## 11.5 Warmte-isolatie

T.b.v. opbouwconstructies dient de isolatiewaarde van de toe te passen isolatiematerialen te worden opgegeven ( $R_c$ -waarde) en/of de isolatiewaarde van de gevel- resp. dakconstructies, waarin deze worden toegepast ( $R_c$ -waarde). Van sandwichpaneel-constructies dient de  $R_c$ -waarde te worden opgegeven. Bij de vermelding van de  $R_c$ -waarde van een constructie dient te zijn vermeld welke materialen hierin zijn opgenomen, hun dikte, hun wijze van toepassing en de wijze van bevestiging.

Berekeningen van de  $R_c$ -waarde dienen te zijn uitgevoerd middels een numerieke methode die voldoet aan de NEN 1068 (dit betekent dat de invloed van lijn- en puntvormige koudebruggen en eventuele spouwen moet worden meegenomen). Bij de rekenresultaten dient te staan vermeld op basis van welke uitgangspunten de berekeningen zijn uitgevoerd.

De  $R_c$ -waarde dient te allen tijde aan de projectgebonden situatie en toepassing te worden getoetst door diegene, die de materialen/producten toepast.

## 11.6 Vochthuishouding

De vochthuishouding van een metalen gevel- of dakconstructie dient per project en per situatie te worden bepaald.

## 11.7 Geluidisolatie en -absorptie

Bij materialen toe te passen in opbouwconstructies *kan* (indien relevant met vermelding van toegepaste materialen, hun dikte, hun wijze van toepassing en de wijze van bevestiging) en bij paneelconstructies *moet* door de leverancier de geluidsisolatieprestatie worden opgegeven. Men dient de gewogen gemiddelde waarde op te geven uitgedrukt in dB.

Deze waarde kan ook worden opgegeven voor één of meerdere specifieke 'standaard' geluidsbronnen (bijv. verkeer-, spoorweg- en/of vliegtuiggeluid) en dan worden uitgedrukt in dB(A).

Van opbouwsystemen kan (met vermelding van toegepaste materialen, hun dikte, hun wijze van toepassing en de wijze van bevestiging) en van geperforeerde paneelsystemen moet de geluidsabsorptieprestatie ( $\alpha$ ) worden opgegeven per octaafband. De geluidsisolatie en geluidsabsorptiekenmerken dienen te allen tijde aan de projectgebonden situatie en toepassing te worden getoetst door diegene, die de materialen/producten toepast.

## 11.8 Brandveiligheid

Bij materialen toe te passen in opbouwconstructies kan (indien relevant met vermelding van toegepaste materialen, hun dikte, hun wijze van toepassing en de wijze van afdichting en bevestiging) en bij paneelconstructies moet door de leverancier de brandwerendheidsprestatie volgens NEN 6069 worden opgegeven in minuten. Hierbij dient in het kader van de WBDBO-eis conform NEN 6068 te worden vermeld in welke richting deze prestatie wordt gehaald, welke eventuele (extra) voorzieningen noodzakelijk zijn om aan dit prestatieniveau te komen en tot welke (maximale) overspanning van de betreffende constructie de opgegeven prestatie is aangetoond. Als alternatief kan voor de toe te passen constructie een kwalificatie worden gegeven volgens de NEN-EN 13501-2. Deze informatie dient te zijn vastgelegd in een brandwerendheidsattest.

De overige brandveiligheidsaspecten van materialen of producten, zoals bijvoorbeeld 'brandklasse' of 'brandgevaarlijkheid van daken' dienen eveneens te worden vermeld.

De brandwerendheidskenmerken dienen te allen tijde aan de projectgebonden situatie en toepassing te worden getoetst door diegene, die de materialen/producten toepast.

## 11.9 Levensduur

De leverancier van gecoat materiaal dient de testresultaten voor wat betreft de levensduur en mechanische eigenschappen van de toegepaste coating te vermelden op basis van beproevingen uitgevoerd op representatieve monsters.

Bij het noemen en/of verstrekken van een 'Zulassung' bij een bepaald type bevestigingsmiddel dient de betreffende leverancier expliciet aan te geven of deze 'Zulassung' de binnen- of buitentoepassing of beide van het betreffende bevestigingsmiddel betreft.

## **11.10 Uiterlijk**

De coatingkleur dient volgens RAL, NCS of BS te worden omschreven dan wel middels een kleurkaart of monster (let op!: opgegeven codes worden slechts bij benadering geleverd!).

Tevens dient de leverancier op te geven binnen welke kleurtolerantie zij levert.

Op te leveren profielplaten en vlakke plaat dient bij metalliccoatings de productierichting te zijn aangegeven, indien misverstanden in dit kader mogelijk zijn.

## 12.1 Algemeen

1. Besluit van 29 augustus 2011 houdende vaststelling van voorschriften met betrekking tot het bouwen, gebruiken en slopen van bouwwerken (Bouwbesluit 2012), Stb. 2011, 416, gewijzigd bij Stb. 2011, 676 (Veegbesluit) inclusief updates
2. Handboek voor duurzame gevels en daken, coördinatie en samenstelling ir. J.H.Th.O. Kettlitz, Dumebo, Ten Hagen en Stam, Den Haag, 1994
3. Geprofileerde staalplaat voor daken en gevels, Bouwen met Staal, Zoetermeer, 2010
4. DIN 18807 Trapezprofile in Hochbau. Stahl/Aluminium Trapezprofile Teil 1 t/m 9 (vervallen)
5. NEN-EN 14509 Self-supporting double skin metal faced insulating panels - Factory made products - Specifications, NNI, Delft
6. EN 14782 Self-supporting metal sheet for roofing, external cladding and internal lining product specification and requirements, NNI, Delft
7. NEN-EN 1090-4. Het vervaardigen van staal- en aluminiumconstructies – Deel 4: Technische eisen voor dunwandige, koudvervormde stalen elementen en constructies voor dak-, plafond-, vloer- en muurtoepassingen, NNI, Delft
8. NEN-EN 1090-5. Het vervaardigen van staal- en aluminiumconstructies – Deel 5: Technische eisen voor dragende, dunwandige, koudgeformde bouwelementen en bouwdelen voor dak-, plafond-, vloer- en muurtoepassingen uit aluminium, NNI, Delft

## 12.2 Statica

9. NEN-EN 1990+A1+A1/C2 inclusief (Nationale) Bijlagen, Eurocode 0: Grondslagen van het constructief ontwerp, NNI, Delft
10. NEN-EN 1991 inclusief (Nationale) Bijlagen, Eurocode 1: Belastingen op constructies, NNI, Delft (Deel 1-1: Algemene belastingen - Volumieke gewichten, eigen gewicht en opgelegde belastingen voor gebouwen, Deel 1-2: Algemene belastingen - Belasting bij brand, Deel 1-3: Algemene belastingen – Sneeuwbelasting, Deel 1-4: Algemene belastingen – Windbelasting, Deel 1-5: Algemene belastingen - Thermische belasting)
11. NEN-EN 1995-1-1+C1+A1 inclusief (Nationale) Bijlage: Eurocode 5: Ontwerp en berekening van houtconstructies, NNI, Delft (Deel 1-1: Algemeen – Gemeenschappelijke regels en regels voor gebouwen)
12. NEN-EN 1993 inclusief (Nationale) Bijlagen, Eurocode 3: Ontwerp en berekening van staalconstructies, NNI, Delft (Deel 1-1: Algemene regels en regels voor gebouwen, Deel 1-3: Algemene regels - Aanvullende regels voor koudgeformde dunwandige profielen en platen, Deel 1-8: Ontwerp en berekening van verbindingen)

13. ISO 898-1, Mechanical properties of fasteners made of carbon steel and alloy steel, Part 1: Bolts, screws and studs with specified property classes – Coarse thread and fine pitch thread, NNI, Delft
14. NEN-EN-ISO 4759-1 Tolerances for fasteners — Part 1: Bolts, screws, studs and nuts — Product grades A, B and C, NNI, Delft
15. NEN-EN 10346, Continuously hot-dip coated steel flat products – Technical delivery conditions. NNI, Delft
16. Richtlijnen voor de toepassing van metalen beplating als schijfconstructie (RMBS 2000), Bouwen met Staal, Zoetermeer, 2004 (vervallen)
17. Het beoordelen van vlakke daken op wateraccumulatie, Staalbouwkundig Genootschap, Rotterdam, 1980/2003
18. C.H. van Eldik en M.C. Pauw (red.), *Wateraccumulatie* (Technisch dossier 1), Bouwen met Staal, Zoetermeer, 2006
19. Wateraccumulatie. Een incident of een structureel probleem (syllabus studiemiddag 18 juni 2003), Bouwen met Staal, Zoetermeer, 2003
20. Richtlijn sandwichpanelen (RS 1990). Reken- en beproevingsmethoden ter bepaling van sterkte en stijfheid van sandwichpanelen, Centrum Staal/Staalbouwkundig Genootschap, Rotterdam 1991
21. EAD 330046-01-0602, Fastening screws for metalen members and sheeting, European Assessment document, EOTA
22. EAD 330047-01-0602, Fastening screws for sandwichpanels, European Assessment document, EOTA
23. Preliminary European Recommendations for the Design of Sandwich Panels with Openings - A state of the art report, ECCS

24.

## **12.3 Warmte- en vochthuishuiding**

25. NEN 1068 Thermische isolatie van gebouwen - Rekenmethoden, NNI, Delft
26. NEN 2686 Luchtdoorlatendheid van gebouwen - Meetmethode, NNI, Delft
27. NEN 2687: Luchtdoorlatendheid van gebouwen - Eisen, NNI, Delft
28. NEN 2778: Vochtwerking in gebouwen - Bepalingsmethoden, NNI, Delft
29. NEN-EN 13829 Thermische eigenschappen van gebouwen - Bepaling van de luchtdoorlatendheid van gebouwen – Overdrukmethode, NNI, Delft



30. NEN-EN-ISO 9972 Thermische eigenschappen van gebouwen - Bepaling van de luchtdoorlatendheid van gebouwen – Overdrukmethode, NNI, Delft
31. NEN-EN-ISO 10211-1 Koudebruggen in gebouwen - Warmtestromen en oppervlaktetemperaturen - Deel 1: Algemene berekeningsmethoden, NNI, Delft
32. NEN-EN-ISO 10211 Koudebruggen in gebouwen - Warmtestromen en oppervlakte-temperaturen - Gedetailleerde berekeningen, NNI, Delft
33. NEN-EN 13162 Thermal insulation products for buildings - Factory made mineral wool (MW) products – Specification, NNI, Delft
34. NEN-EN 13163 Thermal insulation products for buildings - Factory made products of expanded polystyrene (EPS) – Specification, NNI, Delft
35. NEN-EN 13165 Thermal insulation products for buildings - Factory made rigid polyurethane foam (PUR) products) – Specification, NNI, Delft
36. NEN-EN-ISO 10456 Building materials and products -- Hygrothermal properties -- Tabulated design values and procedures for determining declared and design thermal values, NNI

## **12.4 Water- en winddichtheid**

37. NEN 2686 Luchtdoorlatendheid van gebouwen - Meetmethoden, NNI, Delft
38. NEN 2778 Vochtwerking in gebouwen - Bepalingsmethoden, NNI, Delft
39. NEN 3660 Gevelvullingen - Luchtdoorlatendheid, stijfheid en sterkte - Beproevingmethoden, NNI, Delft
40. NEN 3661 Gevelvullingen - Luchtdoorlatendheid, waterdichtheid, stijfheid en sterkte - Eisen, NNI, Delft
41. NEN-EN 86 Beproevingen van ramen - Waterdichtheid onder druk, NNI, Delft
42. NEN-EN 1027 Ontw. Ramen en deuren - Waterdichtheid – Beproevingsmethode, NNI, Delft
43. NPR 2652 Vochtwerking in gebouwen - Wering van vocht van buiten en wering van vocht van binnen - Voorbeelden van bouwkundige details, NNI, Delft
44. NPR 2877 Beproevingmethoden voor de waterdichtheid van scheidingsconstructies, NNI, Delft
45. NEN-EN 12865 Thermisch gedrag en vochtwerking van gebouwen en bouwelementen – Bepaling van de weerstand van

buitengevelsystemen tegen slagregen onder pulserende luchtdruk, NNI, Delft

46. NEN-EN 12114 Thermische eigenschappen van gebouwen – Luchtdoorlatendheid van bouwcomponenten en bouwelementen – Laboratoriumbeproevingmethode, NNI, Delft

## 12.5 Brand

47. NEN 6063 Bepaling van het brandgevaarlijk zijn van daken, NEN, Delft

48. NEN 6065 Bepaling van de bijdrage tot de brandvoortplanting van een bouw materiaal(combinatie), NEN, Delft

49. NEN 6066 Bepaling van de rookproductie van bouw materiaal(combinaties) van onderdelen van een gebouw, NEN, Delft

50. NEN 6068 Bepaling van de weerstand tegen branddoorslag en brandoverslag tussen ruimten, NEN, Delft

51. NEN 6069 Experimentele bepaling van de brandwerendheid van bouwdelen, NEN, Delft

52. NEN-EN 13501-1 Brandclassificatie van bouwproducten en bouwdelen - Deel 1: Classificatie op grond van resultaten van beproeving van het brandgedrag, NEN, Delft

53. NEN-EN 13501-2 Brandclassificatie van bouwproducten en bouwdelen - Deel 2: Classificatie op grond van resultaten van brandwerendheidsproeven, behalve voor ventilatiesystemen, NEN, Delft

54. Brandbeveiligingsconcept Beheersbaarheid van brand, Oranjewoud SAVE, Deventer

55. Brandoverslag bij industriehallen, E.W. Janse, P.H.E. van de Leur en G. van den Berg, TNO Bouw rapport 1999-CVB-R1 91 9, TNO, Rijswijk, 2000

56. Brandbeveiligingsconcept Beheersbaarheid van brand, Oranjewoud SAVE, Deventer, 2007

57. De essentiële Bouwkundige controlepunten, Brandveilig Bouwen Nederland (BNN), Nieuwegein, 2013/2014

58. Uitvoering brandveiligheid dakconstructies van stalen damwandprofielen. Nederlands Instituut voor Brandweer en Rampenbestrijding, Arnhem, 2006

59. Handreiking grote brandcompartimenten/Doelstellingen brandveiligheid grote brandcompartimenten/Achtergronden van de handreiking grote brandcompartimenten, VROM, Den Haag

## 12.6 Geluid

60. NEN 5077 Geluidwering in woongebouwen. Bepalingmethoden voor de grootheden voor luchtgeluidsisolatie, contactgeluidsisolatie, geluidwering van uitwendige scheidingsconstructies en geluidsniveau's veroorzaakt door installaties,

NNI, Delft

61. NEN-EN 12354-6 Geluidwering in gebouwen - Berekening van de akoestische eigenschappen van gebouwen met de eigenschappen van bouwelementen - Deel 6: Geluidabsorptie in gesloten ruimten, NNI, Delft
62. NEN-EN-ISO 717-1 Acoustics - Rating of sound insulation in buildings and of building elements -- Part 1: Airborne sound insulation, NNI, Delft
63. NEN-EN-ISO 354 Acoustics -- Measurement of sound absorption in a reverberation room, NNI, Delft

## 12.7 Uitvoering

64. Dictaat Cursus Metalen Gevels en Daken - Praktijk, Nieman-Kettlitz Gevel en Dakadvies, Utrecht, 2019

## 12.8 Levensduur en onderhoud

65. ECCA Test Methods, European Coil Coating Association, Brussel.
66. Onderhoud van gecoilcoate stalen dak- en gevelbeplating, SBR rapport F60, Stichting Bouwresearch, Rotterdam, 1993. Onderhoud van gecoilcoate staalplaat, brochure Bouwen met Staal, 2004
67. Euronorm 147-79 Continu-dompelverzinkte plaat en breedband van ongelegeerd staal met gespecificeerde minimum vloeigrens bestemd voor constructiedoeleinden
68. (PR) EN 132/73 Wrought aluminium and aluminium alloys - Coil Coated sheet and strip for general applications
69. NEN-EN 10169+A1 Continuously organic coated (coil coated) steel flat products – Technical delivery conditions, NNI, Delft
70. EN 1396 Aluminium and aluminium alloys - Coil coated sheet and strip for general applications - Specifications
71. EN 13523 serie Coil coated metals - Test methods
72. EN-ISO 12944-2 Corrosion protection of steel structures by protective paint systems Part 2: Classification of environments, NNI, Delft
73. VMRG-Kwaliteitseisen en Adviezen, VMRG, Nieuwegein; (laatste versie)
74. TNO-rapport 034-DTM-2010-02582 'Beoordeling duurzame veiligheid van stalen gevels; Fase III: Inspecties en levensduurvoorspelling', 2010
75. Filiforme corrosie van aluminium, Praktijkaanbevelingen ter vermindering van de kans op filiforme corrosie, Aluminium Centrum, 1 juni 2011

76. NEN-EN 350-2 Levensduur van hout en houtachtige producten – Beproeving en classificatie van de weerstand tegen biologische agentia, de doorlaatbaarheid van water en de prestaties van hout en houtachtige producten, NNI, Delft
77. NEN-EN 10088-2 Stainless steels Part 2 : Technical delivery conditions for sheet/plate and strip of corrosion resisting steels for general purpose, NNI, Delft
78. NEN-EN-ISO 1461 Door thermisch verzinken aangebrachte deklagen op ijzeren en stalen voorwerpen – Specificaties en beproevingsmethoden, NNI, Delft

## 12.9 Maatvoering en -toleranties, esthetica

79. NEN-EN 1090-2 Execution of steel structures and aluminium structures Part 2: Technical requirements for the execution of steel structures, NNI, Delft
80. NEN-EN 1090-3 Execution of steel structures and aluminium structures. Part 3: Technical requirements for the execution of aluminium structures, NNI, Delft
81. Richtlinie für die Durchführung der Überwachungsprüfungen nach Bauregelliste A Teil 1 und RAL-GZ 617 für Bauelemente aus Stahlblech, Gütegemeinschaft Bauelemente aus Stahl-Blech e.V., 2002
82. Euronorm 148-79 Continu-dompelverzinkte plaat en breedband van ongelegeerd staal met gespecificeerde minimum vloeigrens bestemd voor constructiedoeleinden. Maat- en vormtoleranties
83. NEN-EN 508-1/2/3 Dakbedekkingsmaterialen van metaalplaat. Zelfdragende materialen van staalplaat, aluminiumplaat of roestvast staalplaat Deel 1: Staal; Deel 2: Aluminium; Deel 3: RVS, NNI, Delft
84. Quality Regulations for Panels and Profiles, European Quality Assurance Association for Panels and Profiles (EPAQ)
85. Testing Rules of the European Quality Assurance Association for Panels and Profiles, European Quality Assurance Association for Panels and Profiles (EPAQ)
86. Testing Rules for Profiles, , European Quality Assurance Association for Panels and Profiles (EPAQ)
87. NEN-EN 10143. Continuously hot-dip coated steel sheet and strips – Tolerances on dimensions and shape, NNI, Delft
88. NEN-EN 10346, Continuously hot-dip coated staal flat products – Technical delivery conditions. NNI, Delft
89. EN 485 Aluminium and aluminium alloys; sheet, strip and plate; parts 1 to 4, NNI, Delft
90. NEN-EN 1090-4. Het vervaardigen van staal- en aluminiumconstructies – Deel 4: Technische eisen voor dunwandige, koudvervormde stalen elementen en constructies voor dak-, plafond-, vloer- en muurtoepassingen, NNI, Delft

91. NEN-EN 1090-5. Het vervaardigen van staal- en aluminiumconstructies – Deel 5: Technische eisen voor dragende, dunwandige, koudgevormde bouwelementen en bouw delen voor dak-, plafond-, vloer- en muurtoepassingen uit aluminium, NNI, Delft

## **A. Bijlage achtergrondinformatie**

### **A.1 Inleiding**

## A.2 Statica (indeling in kleurklassen van een beperkt aantal, veel toegepaste kleuren)

Kleurnummer	Omschrijving*	Kleurklasse	Max. opp. temperatuur (°C)
RAL 1013 RAL 1015 RAL 1016 RAL 1018 RAL 7035 RAL 9001 RAL 9002 RAL 9010	Parelwit Ivoor Zwavelgeel Lichtgeel Lichtgrijs Crèmewit Gebrokenwit Helderwit	I	50
RAL 1001 RAL 1007 RAL 1020 RAL 1024 RAL 2000 RAL 2001 RAL 2003 RAL 2004 RAL 5012 RAL 6011 RAL 6018 RAL 7001 RAL 7002 RAL 7032 RAL 8003 RAL 9006	Beige Chroomgeel Olijfgeel Okergeel Oranjegeel Oranjerood Pasteloranje Helderoranje Lichtblauw Lichtgroen Geelgroen Zilvergrijs Olijfgrijs Steengrijs Oranjebruin Silvermetallic	II	60
RAL 2002 RAL 3000 RAL 5002 RAL 5007 RAL 5009 RAL 5010 RAL 5013 RAL 6002 RAL 6005 RAL 6008 RAL 6020 RAL 7013 RAL 7015 RAL 7016 RAL 8004 RAL 8007 RAL 8012 RAL 8014 RAL 8016 RAL 9007	Bloedoranje Vuurrood Ultramarijn Helderblauw Azuurblauw Gentiaanblauw Kobaltblauw Bladgroen Mosgroen bruingroen Chroomoxidegroen Bruingrijs Leisteengroen Antraciet Koperbruin Reebruin Roodbruin Sepiabuין Mahonibruin Grijsaluminium	III	75

\* Voor niet genoemde kleuren dient men de dichtstbij gelegen kleur aan te houden maar wel aan de veilige kant, dwz. met een lagere reflectie.

## A.3 Waterdichtheid

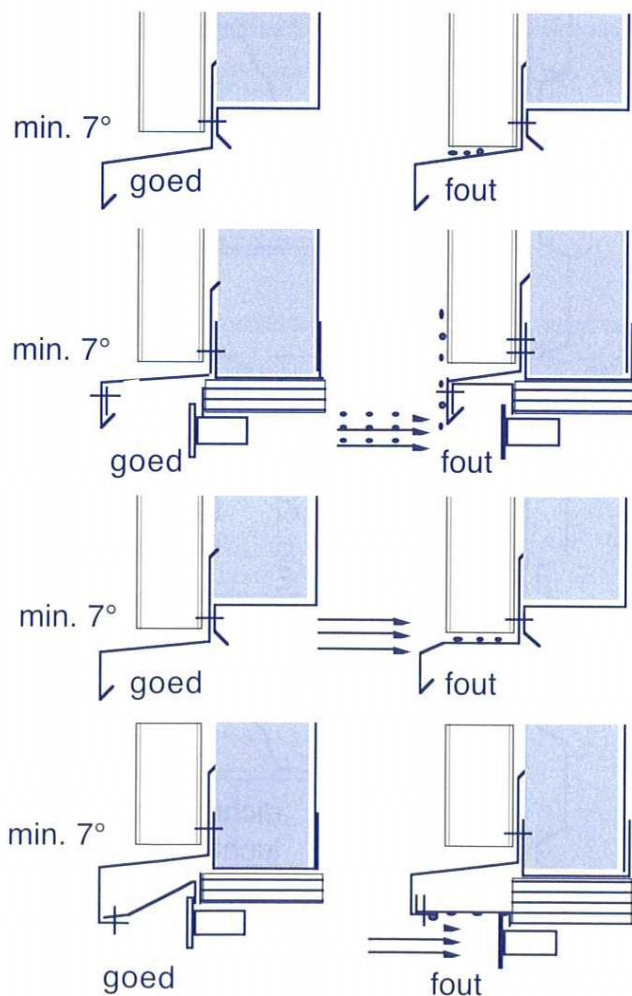
De waterbelasting op gevel en dak bestaat uit twee componenten:

- Van hoger gelegen delen afstromend water;
- Directe regenwaterbelasting, al of niet voortgestuwd door de wind.

De belasting door de eerstgenoemde component is afhankelijk van:

- Ligging, hoogte en oriëntatie van het gebouw;
- Wijze van detaillering

Hieronder is een aantal ontwerpkeuzes inzake het beperken van de waterbelasting en van de mogelijke krachten achter waterinfiltratie schematisch geïllustreerd aan de hand van een aansluiting van een gevel op de bovenzijde van een kozijn:

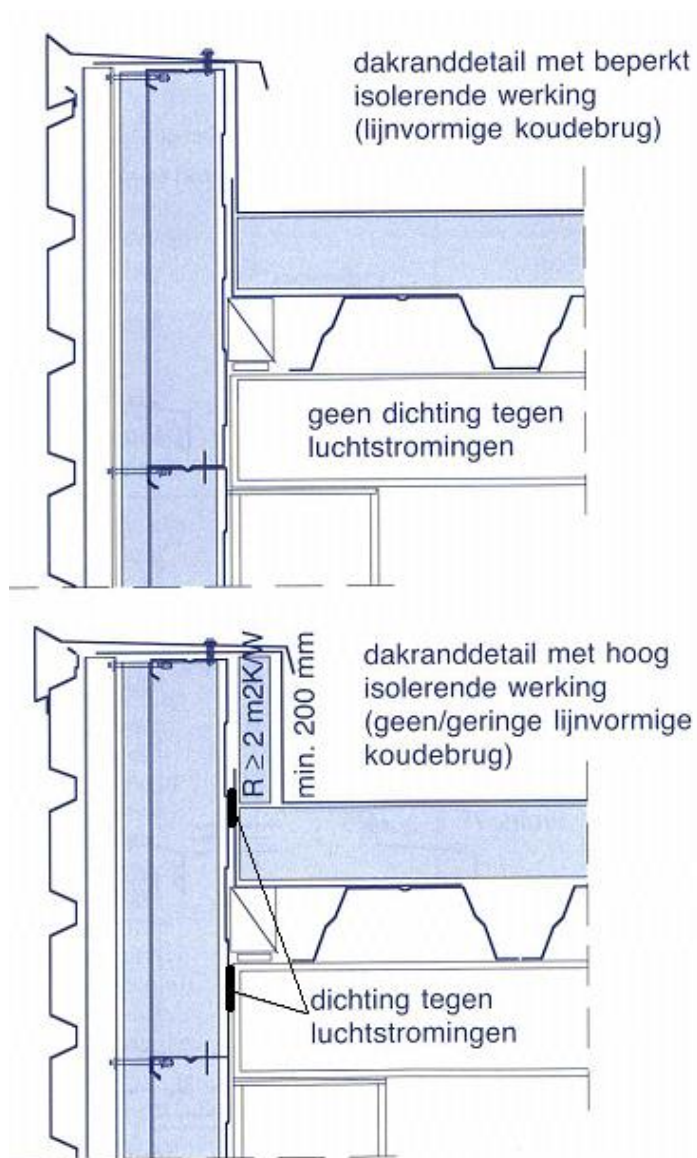


#### A.4 Winddichtheid/luchtdoorlatendheid



## A.5 Warmte-isolatie

In onderstaande afbeelding zijn een aantal ontwerpkeuzes inzake het beperken van warmteverlies geïllustreerd aan de hand van een aansluiting van een gevel op een plat dak.



## A.6 Vochthuishouding

Dak- en gevelconstructies met een metalen binnenoppervlak zullen, op basis van geleidingsverliezen, een temperatuursfactor kunnen hebben van  $f > 0,5$ . Bij de afwezigheid van lijnvormige, metalen koudebruggen zal deze zelfs groter zijn dan 0,65 (op basis van geleidingsverliezen).

Bij metalen gevels en daken wordt inwendige condensatie met name veroorzaakt door het niet luchtstromingsdicht zijn van de voegen en aansluitingen aan de binnenzijde (bij koelhuizen e.d. aan de buitenzijde) waardoor warme en vochtige binnenlucht in contact kan komen met koude vlakken.

Het luchtstromingsdicht maken van deze wegen is onder normale condities daarom voldoende (deze activiteit vraagt in de uitvoering veel zorg en aandacht) om problemen te voorkomen, aangezien de metalen elementen zelf luchtstromings- en dampdicht zijn. Alleen onder extreme condities is daarom een dampdiffusie berekening gewenst/noodzakelijk. De gewenste luchtstromingsdichtheid kan, afhankelijk van type constructie, opbouw constructie en omstandigheden gerealiseerd worden middels voegafdichtingen of een dampremmende laag. Hierbij is het essentieel dat deze voorzieningen zich aan de warme zijde van de isolatie bevinden. Onderkoelingscondensatie wordt voorkomen, of in ieder geval tot een minimum beperkt, door eventuele luchtpouwen niet (!) te ventileren met buitenlucht.

Bij 'koud'dakconstructies dient men vanaf klimaatklasse II een folie toe te passen op de isolatie. Dit kan een waterdicht (waterwerendheidsklasse W1), damp-open membraan zijn (WDO-membraan met een diffusieweerstand  $S_d < 0,2$  m) of een waterkerend (waterwerendheidsklasse of waterkerendheidsklasse W2 of W3), dampdoorlatend membraan (WKD-membraan met een diffusieweerstand  $S_d < 3$  m).

Opmerkingen:

- Bij klimaatklasse IV dient de toepasbaarheid van een dergelijke folie middels een hygrische berekening onderbouwd worden;
- Een waterdicht, damp-open membraan is niet waterdicht in de betekenis van NEN 2778.

## A.7 Geluidisolatie en –absorptie

Geluidsisolatie bepaalt hoe en in welke mate geluid wordt ervaren, geproduceerd aan de andere zijde van de gevel; geluidsabsorptie bepaalt hoe en in welke mate geluid wordt ervaren, geproduceerd in dezelfde ruimte als waarin de waarnemer zich bevindt.

*Enige indicatieve geluidsisolatieprestaties van metalen gevel- en dakconstructies:*

constructie opbouw	geluids- isolatie dB(A)
buitenbeplating direct op binnendozen bevestigd, gevuld met mineralewol-isolatie	30 a 35
buitenbeplating direct op geperforeerde binnendozen bevestigd, gevuld met mineralewol-isolatie	25 a 30
buitenbeplating via omegaprofielen op binnendozen bevestigd, gevuld met mineralewol-isolatie	30 a 35
buitenbeplating via omegaprofielen op geperforeerde binnendozen bevestigd, gevuld met mineralewol-isolatie	25 a 30
buitenbeplating op binnendozen bevestigd, gevuld met mineralewol-isolatie en met ongecomprimeerde mineralewol-isolatie tussen buitenbeplating en binnendozen	35 a 40
buitenbeplating via omegaprofielen op binnendozen bevestigd, gevuld met mineralewol-isolatie en met ongecomprimeerde mineralewol-isolatie tussen buitenbeplating en profielen of tussen profielen en binnendozen	35 a 40
buitenbeplating op binnendozen bevestigd, gevuld met twee lagen mineralewol-isolatie en extra brede spouw (bijv. dubbele laag omegaprofielen)	35 a 45
binnendoosconstructie met daarin opgenomen een zwaar materiaal (bijv. perliet, fesco e.d.)	40 a 45
sandwichpaneel met PS/PUR-isolatiekern	25 a 30
sandwichpaneel met steenwol-isolatiekern	30 a 35
buitenbeplating via omegaprofielen op binnenbeplating bevestigd, spouw gedeeltelijk gevuld met mineralewol-isolatie	35 a 40
dakbedekking op mineralewol isolatie, dampscherm en geprofileerde stalen ondergrond	35 a 40
grindballast op dakbedekking, mineralewol-isolatie, dampscherm en geprofileerde stalen ondergrond	40 a 45
enkele gevelbeplating	ca. 20
enkele gevelbeplating met isolatie	25 a 30

## Geluidsabsorptie

In het algemeen is het zo dat het geluidsabsorberend oppervlak het meest effectief is als het zich dicht bij de geluidsbron bevindt. Bij grotere hallen is dit meestal het dak en niet de gevel. In die situaties is het logisch om (in eerste instantie) het dak geluidsabsorberend uit te voeren.

Geluidsabsorptieprestaties worden middels metingen per octaafband bepaald (en dus niet gemiddeld). Zij worden ook per octaafband herleid naar een nagalmtijd.

Voor binnendoosconstructies gelden indicatief de volgende prestaties:

- niet-geperforeerde binnendozen: absorptieprestatie voor alle octaafbanden bedraagt nagenoeg nul;
- binnendozen met een perforatie-oppervlak van 23%: absorptieprestatie voor lage frequenties ca. 0.7, voor middenfrequenties ca. 1.0 en voor hoge frequenties ca. 0.9.

Voor dakconstructies gelden indicatief de volgende prestaties:

- niet-geperforeerde dakbeplating: absorptieprestatie voor alle octaafbanden bedraagt nagenoeg nul;
- dakbeplating met een perforatie-oppervlak van 23% in de lijven en uitsluitend geluidsabsorptie in de cannelures: absorptieprestatie voor lage frequenties ca. 0.1, voor middenfrequenties ca. 0.7 en voor hoge frequenties ca. 0.5;
- dakbeplating met een perforatie-oppervlak van 23% in de lijven en geluidsabsorptie op de dakplaat: absorptieprestatie voor lage frequenties ca. 0.6, voor middenfrequenties ca. 0.8 en voor hoge frequenties ca. 0.4;
- dakbeplating met een perforatie-oppervlak van 23% in de lijven en geluidsabsorptie in de cannelures en op de dakplaat: absorptieprestatie voor lage frequenties ca. 0.7, voor middenfrequenties ca. 0.9 en voor hoge frequenties ca. 0.5;
- dakbeplating met een perforatie-oppervlak van 11.7% in de lijven en flenzen en geluidsabsorptie in de cannelures en op de dakplaat: absorptieprestatie voor lage frequenties ca. 0.6, voor middenfrequenties ca. 1.0 en voor hoge frequenties ca. 1.0.

## **A.8 Brandveiligheid**

## **A.9 Levensduur**

## **A.10 Uiterlijk**

Het uiterlijk van het gebouw is de kunde en verantwoordelijkheid van de architect. De mate waarin dit uiterlijk meeweegt bij het ontwerp en uitvoering van de gevel en/of dak is afhankelijk van het type gebouw en van het gewicht dat de opdrachtgever hieraan toekent.

In het kader van het uiterlijk van de gevel/dak is er naast de materiaalgebonden kenmerken een aantal ontwerptechnische en uitvoeringstechnische zaken te noemen die dit in positieve zin kunnen beïnvloeden. Verder is er in dit kader een aantal zaken te noemen die hierbij beperkingen kunnen opleggen.

Het gaat hierbij concreet om o.a. de volgende zaken:

- afwijkingen aan achterconstructie (de mate waarin dit een rol speelt is o.a. afhankelijk van het type aan te brengen gevel/daksysteem).
- afmetingen van materialen en zetwerk;
- temperatuursvervormingen;
- extreme en/of ongelijkmatige vervuiling;
- kwaliteit van de uitvoering;
- wijze waarop met het gebouw wordt omgegaan;
- wijze van detaillering.
- Wat dit laatste aspect betreft, gelden o.a. de volgende aanbevelingen:
- bevestigingsmiddelen zoveel mogelijk (echter zonder afbreuk te doen aan het constructieve gedrag) in een vast patroon

en in doorgaande lijnen aanbrengen (n.v.t. verborgen bevestiging);

- zetwerk zoveel mogelijk aan stijve delen van de constructie bevestigen;
- zetwerk van een felskant voorzien of van een eindzetting;
- de koppen van zetwerk dichtzetten;
- vlakke delen van zetwerk niet breder maken dan 250x de materiaaldikte bij een minimale nominale dikte van 0,7 mm;
- aansluitingen zodanig detailleren, dat er zo weinig mogelijk (vuil)water vanaf ramen over lager gelegen geveldelen stroomt. Geconcentreerde (vuil)waterstromen over de gevel zijn niet toegestaan, tenzij hiervoor bewust is gekozen;
- platen en zetwerk zoveel mogelijk in gelijke lengten toepassen. Indien dit niet mogelijk is, bedraagt de plaatlengte een veelvoud van de zetwerk lengte. Zet-werk lengten kleiner dan 1,0 m, zo mogelijk, niet toepassen;
- horizontaal zetwerk stuikend met een klang uitvoeren, verticaal zetwerk overlappend uitvoeren;
- in lange gevels met horizontale buitenbeplating schijnkolommen aanbrengen om de visuele strakheid minder kritisch te maken;
- schijnkolommen hoger maken dan de profileringshoogte van de aansluitende beplating (om 'inkijk' te voorkomen);
- hoekaansluitingen in dorpels en dakkappen worden middels verstekken uit één deel vervaardigd;
- detailleringen en aansluitingen zodanig vormgegeven dat 'inkijk' in de opbouw wordt geminimaliseerd (hierbij dient wel rekening te worden gehouden met de noodzakelijke 'speling' die montage, achterconstructie, materiaal- en montage-toeranties en temperatuursvervormingen vragen);
- detailleringen van één gebouw op een gelijkende wijze uitwerken.



A A N T E K E N N I N G E N

---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



---

