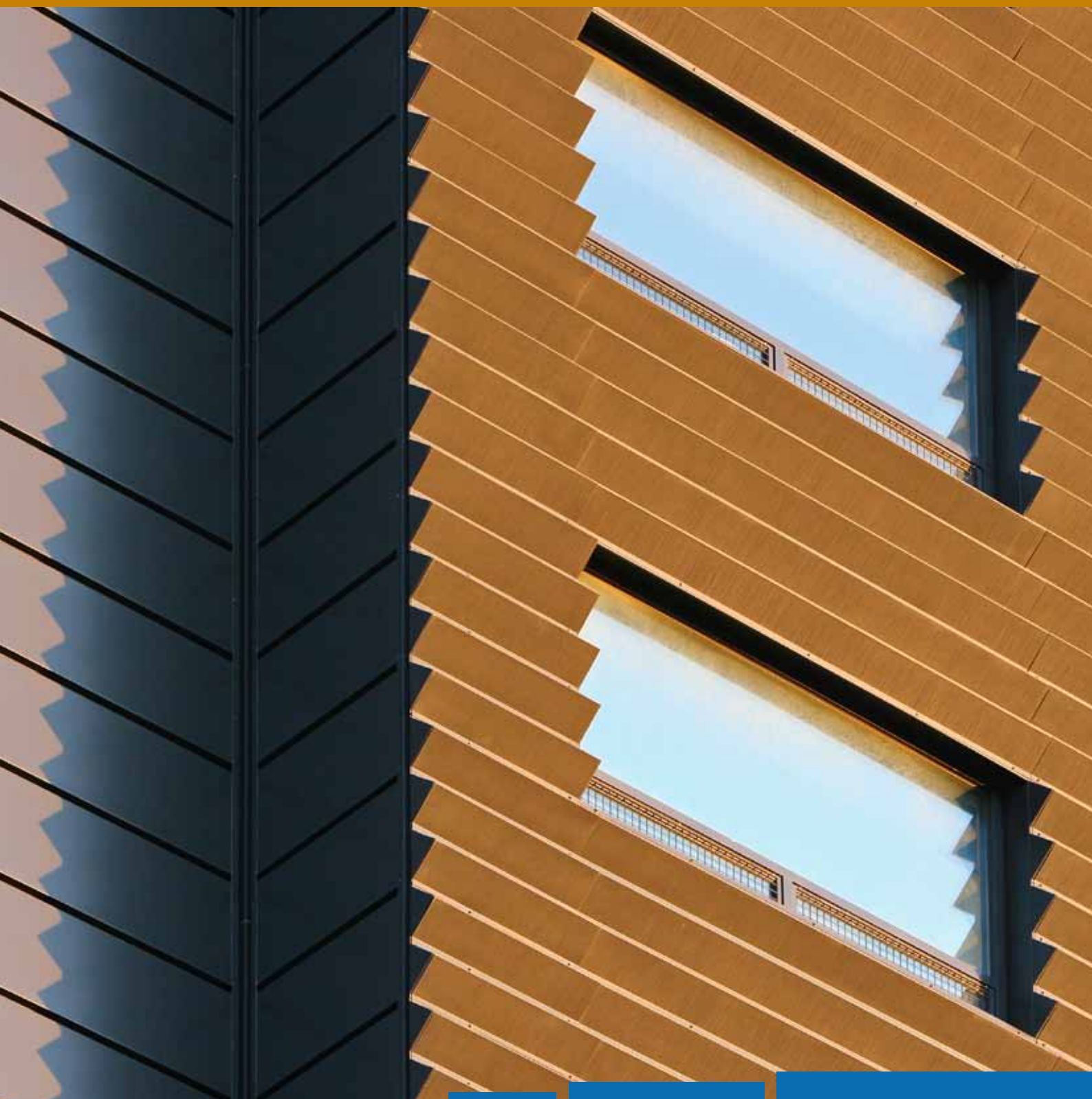


Geprofileerde staalplaat voor daken en gevels





Distributiecentrum Beelogic, Rotterdam (foto: Corus Colors).

Geprofileerde staalplaat voor daken en gevels



VOORWOORD

Distributiecentrum, Duiven (foto: Martin Thomas).



Geprofileerde staalplaat is veelzijdig: het is constructief, divers en toepasbaar in exterieur en interieur. Deze brochure laat geprofileerde staalplaat zien als dak- en gevelbekleding. Opgeklommen van de golfplaat op de nissenhut komt de geprofileerde plaat nu ook voor als hoogwaardige gevelbekleding in alle bouwsegmenten. Het grootste afzetgebied is nog steeds de industriële bouw: opslag-, overslag- en productiefabrieken, stallen & schuren en distributie- & winkelcentra. Maar met verbeterde detailleringen en duurzame oppervlaktebehandelingen verwerft geprofileerde staalplaat zich ook een positie in de veeleisende kantoren- en woningbouwmarkt. Geprofileerde staalplaat heeft immers, ongeacht de toepassing, een aantal onderscheidende eigenschappen ten opzichte van andere gevel- en dakbekledingen: het is duurzaam, licht, gunstig geprijsd, sterk en onderhoudsarm.

Woongebouw Strijkijzer, Den Haag (foto: Rob Hoekstra).



Geprofileerde staalplaat voor daken en gevels is samengesteld voor het geven van:

- algemene informatie over geprofileerde staalplaat;
- ontwerpmogelijkheden;
- inzicht in materiaal, bewerking en (oppervlakte)-behandeling;
- richtlijnen voor dimensionering, detaillering en uitvoering.

Schiphuizen, Heeg (foto: Rob de Jong).



In deze reeks brochures verschenen eerder *Metalen sandwichpanelen in de bouw*, *Stalen gevels en daken voor woningen en Onderhoud van gecoilcoate staalplaat*. *Onderhoud van gecoilcoate staalplaat* (2005) is integraal opgenomen in deze volledig herziene brochure die mede is gebaseerd op de derde druk van *Geprofileerde staalplaat in de bouw* uit 2005. Hoofdstuk 11 geeft een overzicht van de terminologie. Hoofdstuk 12 bevat een index voor snelzoeken op onderwerp of aspect. Een aantal bedrijven en organisaties heeft in werkgroepverband inhoudelijk bijgedragen aan deze herziening. De totstandkoming van deze brochure is mede begeleid door het marktteam Hallenbouw van Bouwen met Staal.

Kantoorgebouwen Shaken Offices, Groningen (foto: Jim Ernst).



Werkgroep 'Geprofileerde staalplaat'

M.A. Barendsz	Bouwen met Staal
ir. N. Blauwikel	M3C
dr.ir. A.F. Hamerlinck	Bouwen met Staal/ Adviesbureau Hamerlinck
ir. J.-P. den Hollander	Bouwen met Staal
ing. R. Huisman	Dumebo-DWS
ing. G.J. Knüwer	Knüwer Bouwadvies
ing. L. Oosterveen	MDG
ing. M.C. Pauw	Bouwen met Staal
ir. B. Regtop	d'AVL
R. de Ridder	ECG Emmeloord
ir. G.H.R. Timmerman	SAB-profiel
dr.ir. P. Vreede	Corus Colors

Marktteam Hallenbouw

ing. J.J. Berkhout	Pieters Bouwtechniek
drs.ir. B. Bonnema-Hoekstra	Corus Building Systems
M. Cohen	cepezed
G. Kragt	Bentstaal
N.G.M. Lemmens	ArcelorMittal Staalhandel
ing. M.C. Pauw	Bouwen met Staal
ing. U.J. Koppes	SAB-profiel
H.D. Rink	Pieters Bouwtechniek
ing. B.D. Verhoef	Flevo Staalbouw
ing. R. Visser	Pieters Projectbureau

INHOUD

VOORWOORD	6
1. TOEPASSINGEN	10
2. METALLISCHE COATINGS	16
3. ORGANISCHE COATINGS	20
4. BEWERKINGEN	24
5. ONTWERP	28
5.1 CONSTRUCTIE	29
5.2 BOUWFYSICA	31
5.3 BRAND	35
6. DETAILLERING	40
7. UITVOERING	48
8. ONDERHOUD	52
9. MILIEU	60
10. LITERATUUR	66
11. TERMINOLOGIE	68
12. INDEX	72

© Bouwen met staal 2010

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden vervoelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand en/of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch door fotokopieën, opnamen of op enige andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever. Aan de totstandkoming van deze publicatie is uiterste zorg besteed. Desondanks zijn eventuele (druk)fouten en onvolkomenheden niet uit te sluiten. De uitgever sluit, mede voor al degenen die aan deze publicatie hebben meegewerkt, elke aansprakelijkheid uit voor directe en indirecte schade, ontstaan door of verband houdende met de toepassing van deze publicatie.

Geprofileerde staalplaat voor daken en gevels

Bouwen met Staal
tel. (079) 353 12 77
fax (079) 353 12 78
www.bouwenmetstaal.nl

1. TOEPASSINGEN



1.1 De 'Nissenhut' is een van de eerste toepassingen van zelfdragende geprofileerde (staal)plaat. Oorspronkelijk bedacht als munitie- en wapenopslag deden ze na de oorlog vaak dienst als tijdelijke huisvesting, zoals aan het begin van 1954 in het Duddingstonkamp bij Edinburgh (GB) (foto: Haywood Magee/Picture Post/Getty Images).

Geprofileerde staalplaat is afgeleid van de ijzeren golfplaten uit de negentiende eeuw. Deze golfplaten vormden een belangrijke dakbekleding (dakblik) voor ijzerconstructies van eenvoudige loodsen, perronoverkappingen en soortgelijke bouwwerken. In het buitenland werden de ijzeren golfplaten al ver voor 1850 gebruikt. De Engelsen verscheepten bijvoorbeeld dakblik naar hun koloniën voor de bekleding van kerken. De platen werden aanvankelijk uitsluitend geleverd; de eerste verzinkte golfplaten verschenen rond 1850 in Engeland. De eerste toepassingen in Nederland dateren uit 1860.

De ijzeren, en later stalen golfplaten werden ook gebruikt om zelfstandig een ruimte te overkappen zonder (spant)constructie. De Canadees Peter Norman Nissen ontwikkelde in 1916 een systeem voor de seriematige productie van demontabele, verplaatsbare loodsen die werden gebruikt als munitieopslag tijdens de Eerste én Tweede Wereldoorlog. Het systeem wordt nog steeds verhandeld onder de naam nissenhut (afb. 1.1). Een bijzonder historische toepassing van ijzeren dakbekleding is de ijzeren dakpan, een handzame, rechthoekige plaat met speciale aansluit- en versteviging-profilerings. Dit systeem van de Duitser Jacob Hilgers kwam met verzinkte plaatijzeren goten, nokstukken, afvoerbuizen, dakramen, ventilatoren



1.2 Het 'Huisjeshuis' in Breda – geënt op de oude nissenhut – heeft een comfortabel binnenklimaat. Warmwaterleidingen in de cannelures van de geprofileerde staalplaat verzorgen een gelijkmatig warmte-afgifte.

enzovoort. De eerste bekende Nederlandse toepassing van ijzer in de gevel zijn de smeedijzeren platen van een (inmiddels gesloopte) loods van de pontonniers in Dordrecht (1885). Aanvankelijk waren de profileermachines handgedreven. Met de komst van machinaal aangedreven apparatuur (vermoedelijk eind negentiende eeuw) steeg de productie van golfplaat. Na de Tweede Wereldoorlog, in de wederopbouwperiode, nam de productie en ontwikkeling sterk toe. Het eenvoudige dakblik evolueerde tot hoogwaardige bekleding van gevels en daken voor voornamelijk industriële gebouwen (hallen, loodsen, stallen), maar bijvoorbeeld ook voor de (massa-)product van prefabwoningen, waaronder de experimentele

Amerikaanse Lustronwoning. Inmiddels hebben ontwerpers vrij spel in de vormgeving en een grote keuze in kleuren en vormen. Met profileringen, speciale oppervlaktebehandelingen, perforaties en rondingen krijgt iedere toepassing een eigen karakter en kan aan iedere eis in het Bouwbesluit worden voldaan. Geprofileerde staalplaat heeft een constructieve of esthetische functie en soms beide functies in één toepassing. Bovendien biedt het 'automatisch' goede mogelijkheden voor energiezuinige en duurzame bouwconcepten: in de holle ruimten van de profilering kan bijvoorbeeld veel isolatie worden verwerkt voor hoge isolatiewaarden en het leidingwerk voor installaties kan er relatief eenvoudig in worden opgenomen.



1.3 In het bedrijfsgebouw van Wilo in Zaandam zijn paraffine-bolletjes verwerkt in de betonlaag op de geprofileerde dakplaat. Deze paraffine-toeslag (phase changing material) buffert temperatuurswisselingen over een etmaal (foto: Corus).

Denk ook aan lagetemperatuurverwarming via slangen op de staalplaat dat de warmte gelijkmatig uitstraalt naar het interieur (zie *afb. 1.2*). Een ander voorbeeld is het integreren van warmteopwekkende voorzieningen of het toevoegen van paraffinebolletjes aan een laag beton in een dakplaat voor het bufferen van warmte (zie *afb. 1.3*).

Geprofileerde plaat wordt ook geproduceerd in aluminium. De voordelen van staal ten opzichte van aluminium zijn de lagere uitzettingscoëfficiënt en de statische eigenschappen van het materiaal. Het is sterker en kan excentrische krachten beter opnemen. Bovendien kan de staalplaat bijdragen aan de stabiliteit van een constructie door schijfwerking (zie ook *hoofdstuk 5.1*).

Geprofileerde staalplaat wordt onder meer verwerkt in de volgende onderdelen;

- daken;
- gevels;
- balkons en luifels;
- binnenwanden;
- plafonds;
- staalplaat-betonvloeren;
- staalframebouw elementen.

Deze brochure behandelt uitsluitend de toepassingen in daken en gevels. De grootste afzetmarkt voor geprofileerde staalplaat is nog steeds de hallenbouw (*afb. 1.4*), maar toepassingen bij andere gebouwtypen nemen hand over hand toe. Juist doordat de geprofileerde staalplaat in zoveel gedaanten verkrijgbaar is, sterk is en bovendien in relatief grote elementen is te prefabriceren. Voor renovatieprojecten is geprofileerde staalplaat ook een goede optie (zie *afb. 1.5*). Een zelfdragende voorzetwand van geprofileerde staalplaat waardeert een verouderde gevel economisch, snel en effectief op. Bovendien zijn de platen licht, wat het ook goed geschikt maakt voor grootschalige herstructurering van gebouwen, bijvoorbeeld als bekleding van optoppen (nieuwe woon)laag op bestaande panden (*afb. 1.6*). Daarbij worden geprofileerde platen niet uitsluitend meer gebruikt om 'meters te maken': ze worden inmiddels ook ingezet om kleinschalige projecten van een moderne huid te voorzien.



1.4 Ongeveer 90% van alle Nederlandse hallen heeft een voorgelakte stalen huid (foto: Martin Thomas).

1.1 Daken

De oudste toepassing van geprofileerde staalplaat is dakbekleding. Waren het eerst de licht tot sterk hellende – vaak ongeïsoleerde – daken van hallen, fabrieken en schuren, nu is geprofileerde staalplaat het materiaal voor de huidige architectuur met organische vormen en rondingen. Met staalplaat is namelijk relatief eenvoudig een getoogde of getordeerde vorm te maken, met behoud van zijn constructieve eigenschappen. Niet uitsluitend hallen, maar ook woningen, zwembaden en winkelcentra krijgen steeds vaker een golvend dak of getoogde luifel. De toepassing van geprofileerde staalplaat in daken kan worden onderverdeeld naar platte en hellende (en getoogde) daken. Daarbij wordt geprofileerde staalplaat ook toegepast in specifieke dakvormen of met speciale profileringen, zoals de dakpanplaat.

Platte daken

Geprofileerde staalplaat wordt gebruikt als constructieve ondergrond voor het isolatiepakket en de dakafwerking. Deze opbouw heet een warmdakconstructie. Bij warmdakconstructies ligt de dampremmende laag onder het isolatiepakket om vochttransport en condensatie in de isolatielaag te voorkomen. Bij industriële gebouwen functioneert de geprofileerde staalplaat als dampremmende laag. Ondanks dat de naden niet geheel sluiten, waardoor een (beperkte) hoeveelheid vocht kan doordringen, voldoet het systeem, mede omdat de vochtproductie laag is in deze (ruime) gebouwen. Bij gebouwen

met een hoge vochtproductie in kleine ruimten, zoals bij woongebouwen, is het beter om op de geprofileerde staalplaat een dichtingsband en/of een extra dampremmende laag (folie) toe te passen, ook bij hellende en getoogde daken.

Hellende en getoogde daken

Bij hellende daken overspant de onderste (constructieve) plaat van nok naar goot (op gordingen) of het ligt tussen twee wanden of liggers in. De (eventuele) profilering van de stalen dakbedekking ligt met de helling mee. Bij getoogde daken kan geprofileerde staalplaat goed worden gemonteerd in een ronding loodrecht op zijn overspanning (afb. 1.7).

De geprofileerde staalplaat kan ook fabrieksmatig in de lengterichting worden getoogd of geknikt (afb. 1.8). Voor hellende daken bestaan speciale profielplaten met een extra (verholen) watergoot in de langsnaad, de zogeheten kouddakprofielplaten. De kouddakprofielplaten zijn speciaal ontwikkeld voor ongeïsoleerde, industriële en agrarische gebouwen (schuren en loodsen), maar ze zijn ook bruikbaar als bekleding op geïsoleerde dakconstructies.

Dakpanplaten

De dakpanplaat is geprofileerd met een dakpanmotief (afb. 1.9) en kan worden verwerkt op elke willekeurige ondergrond. Door het lage gewicht is een minder zware onderconstructie nodig dan bij keramische of betonnen pannen. Vanwege het lage gewicht en het traditionele uiterlijk worden de



1.5 Het gebouw van Studio Nieuw Noord in Amsterdam is tot op het casco gestript en kreeg een nieuw tweelaagse gevel van geïsoleerde binnendozen en sandwichpanelen (foto: Luuk Kramer).



1.6 Optoppen is een inmiddels gebruikelijke oplossing voor herstructurering van gebouwen en wijken. Lichte materialen voor de constructie en bekleding worden veel toegepast, zoals bij het Lage Land in Rotterdam (foto: Pieter de Swart).

dakpanplaten veel gebruikt bij renovatieprojecten. Wat het dakpaneel interessant maakt, is dat het laat zien dat de bewerkingsmogelijkheden en verschijningsvormen van geprofileerde staalplaat divers zijn. Recent is een dakpanplaat ontwikkeld waarop standaard fotosynthetische cellen zijn opgenomen.

1.2 Gevels

Vooraf bij industriële gebouwen heeft geprofileerde staalplaat in de gevel een lange, bewezen staat van dienst. In de wederopbouwperiode in de jaren zestig werden grote hoeveelheden gevels (en daken) snel en relatief goedkoop 'dichtgezet'. Nu wordt geprofileerde staalplaat toegepast in elk segment van de Nederlandse bouw. Kantoorgebouwen, bedrijfsgebouwen, publieksgebouwen en woningen worden bekleed met geprofileerde staalplaat. Een geprofileerde, metalen plaat geeft een gebouw een zeker cachet (glans en kleur) en vaak een hightech karakter. Geprofileerde staalplaat heeft een grote verscheidenheid aan profielvormen: rond, hoekig, puntig en zelfs vierkante vormen. Vrijwel elk gebouwtype, elke gebouwvorm kan met geprofileerde staalplaat worden bekleed.

Geïsoleerd of ongeïsoleerd

Bij gevels kan onderscheid worden gemaakt tussen ongeïsoleerde en geïsoleerde gevels. Bij ongeïsoleerde gevels combineert de geprofileerde plaat de esthetische functie, wind- en waterdichtheid met de constructie. Voor de detaillering en montage zijn standards ontwikkeld (zie



1.7 Geprofileerde platen zijn goed te buigen loodrecht op de profilering. Basisschool Kamperschow in Kamperland heeft entrees op die manier laten bekleden (foto: Scagliola/Brakkee).

hoofdstuk 6. Detaillering). Bij geïsoleerde gevels kan het zijn dat de zichtbare staalplaat slechts een esthetische en wind- en waterkerende functie heeft en dat de achterconstructie aspecten als thermische isolatie, brandveiligheid en constructieve eigenschappen van de gevel op zich neemt. Voor de detaillering en montage van geïsoleerde gevels zijn verschillende oplossingen mogelijk, afhankelijk van de gekozen achterconstructie. In hoofdstuk 6, Detaillering wordt hier verder op in gegaan.

Gevelelementen

Afrasteringen, hekwerken, valbeveiligingen: geprofileerde staalplaat is geschikt voor vrijwel elke toepassing in de bouw, grootschalig of kleinschalig. Vooral bij renovatie- en herstructureringsprojecten is het een 'koud kunstje' om verouderde balkons en gevelelementen een nieuw en strak uiterlijk te geven met geprofileerde staalplaat. Twee belangrijke eigenschappen van het materiaal – licht en toch sterk – kunnen hierbij optimaal worden benut. Dat geldt bijvoorbeeld ook voor nieuwe entreeuilfels, die door het relatief lage eigen gewicht van geprofileerde staalplaat direct aan de gevel van het (bestaande) gebouw kunnen worden bevestigd, zonder ingrijpende constructieve maatregelen.



1.9 Dakpanplaat.



1.10 Detail Novalis College.



1.8 Met buigknikken kan vrijwel elke (eind)rondding worden gemaakt. Hier een voorbeeld aan het Novalis College in Eindhoven (foto:Rob Hoekstra).

2. METALLISCHE COATINGS



Hangjongerenplek De Skybox, Deventer.

De eerste toepassingen van golfplaat, zo halverwege de negentiende eeuw, lieten een nadeel van onbehandeld ijzer en staal snel zien: corrosie. Regelmatig onderhoud met een alles omhullende, vochtwerende verf werd de oplossing. Anderhalve eeuw ervaring en productontwikkeling verder zijn de behandelingsmethoden voor het staal zodanig geoptimaliseerd, dat garanties worden afgegeven voor onderhoudsvrije termijnen tot zelfs dertig, veertig jaar. Op het staal is een dunne laag zink, zinkaluminium of aluminiumzink aangebracht als actieve corrosiewering. Een nieuwe ontwikkeling is het toevoegen van zeer kleine hoeveelheden magnesium en aluminium aan het zinkbad, wat een positief effect op de duurzaamheid heeft. Daarbij kan de staalplaat vanaf de staalfabriek worden voorzien van meerdere verflagen.

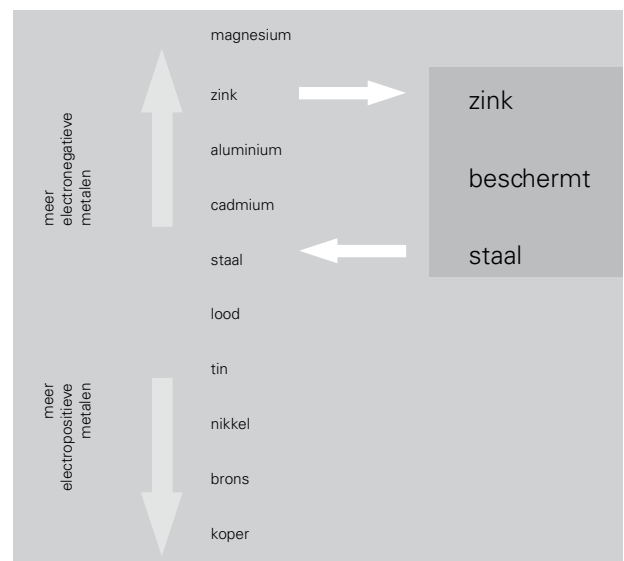
2.1 Zink

Koudvervormde dunwandige profielen en platen moeten in overeenstemming met het gebruiksdoel worden voorzien van een corrosiewerend systeem (zink). Een veelvuldig toegepast procedé is het continu thermisch dompelverzinken (*sendzimir verzinken, zie afb. 2.1*). Over het algemeen wordt 275 gr zink per m² plaat 'aangebracht'. Dit komt overeen met een laagdikte van ongeveer 20 µm (micrometer) per zijde, met toleranties volgens NEN-EN 10346. Voor bijzondere toepassingen, bijvoorbeeld in agressieve chemische milieus, zijn andere laagdikten mogelijk. Er moet dan rekening worden gehouden met speciale afnamehoeveelheden en prijsconsequenties. Bij het dompelverzinken vormt zich direct op het staal een zink-ijzerlegering met daarop een zuivere zinklaag. De bescherming van de dunne staalplaat door het zink berust in eerste instantie



2.1 Dompelverzinklijn (foto: Corus).

op de eigenschap van het zink om met zuurstof, water en CO_2 een laagje basis zinkcarbonaat te kunnen vormen: het zinkpatina. Dit zinkpatina – $3\text{ZnCO}_3 \cdot 3\text{Zn(OH)}_2$ – wordt in ongeveer twee tot twaalf maanden gevormd en beschermt het onderliggende materiaal. In tweede instantie is er sprake van een galvanische bescherming van het staal door het zink. Galvanische bescherming houdt verband met de spanningsreeks van metalen (afb. 2.2). Deze vorm van bescherming wordt ook wel kathodische bescherming genoemd, omdat de zinklaag functioneert als opofferingskathode. De kathodische bescherming is vooral van belang bij de snijkanten van een plaat, boor- en schroefgaten en bij eventuele beschadigingen van de zinklaag, zoals krassen, waarbij blank staal in contact met de (buiten)-omgeving kan komen. De kathodische werking van het zink voorkomt dan corrosie van het blanke staal. Het zink zal zich



2.2 Spanningsreeks tussen metalen.



2.3 Een geprofileerde staalplaat met uitsluitend een aluminiumzinklaag is gebruikt voor de bekleding van douanegebouw X-Ray-Scan in Rotterdam (foto's: GroupA).

'opofferen' ten gunste van het staal. Krassen in de zinklaag of onbeschermd (knip)randen mogen niet breder respectievelijk dikker zijn dan 1 mm. Uit *afbeelding 2.2* blijkt ook, dat direct contact van een thermisch verzinkte staalplaat met koper of koperlegeringen (messing, brons) uit den boze is, het staal en het zink zullen immers eerst corroderen. Verzinkte producten zijn niet zonder meer geschikt voor buitentoepassingen. Met dikkere laagdikte, stuksverzinken en speciale legeringen zijn buitentoepassingen wel mogelijk (*afb. 2.3*).

2.2 Witte roest

Bij afwezigheid van lucht en aanwezigheid van water (zonder dat het afspoelt) ondergaat zink een bijzondere soort corrosie, dat leidt tot een wit, onstabiel en volumineus zinkoxidehydraat: witte roest. Witte roest is niet per se schadelijk, maar esthetisch niet mooi.

De omstandigheden voor het ontstaan van witte roest (water en het ontbreken van lucht) komen voor wanneer vocht condenseert of neerslaat op bijvoorbeeld een dicht op elkaar gestapeld pakket platen. Bij een ongunstige situatie kan het witte

roestproces zich in enkele dagen voltrekken.

Om verzinkte staalproducten tijdens opslag en transport tegen witte roest te beschermen, wordt direct na het verzinken in de staalfabriek vaak een dunne passiveringslaag op het zinkoppervlak aangebracht. De aanwezigheid van deze passiveringslaag is echter geen garantie dat witte roest niet optreedt; het blijft noodzakelijk het verzinkte materiaal, zowel rollen als geprofileerde platen, droog en condensvrij op te slaan, zie *hoofdstuk 7, Uitvoering*. Ook moet stilstaand water in spouwconstructies worden vermeden. Tot slot: witte roest kan ook optreden bij gecoat materiaal, waar ingesloten vocht door de coating dringt en daar het zink aantast. Houd ook hier rekening met droge opslag.

2.3 Zinklegeringen

In plaats van een corrosiebescherming met uitsluitend zink is ook een zinkaluminium legering (95% Zn, 5% Al) of een aluminiumzink legering (55% Al, 45% Zn) toepasbaar. Deze legeringen hebben grotendeels dezelfde eigenschappen als zink. Op het gebied van duurzaamheid – zonder een



beschermende coating – scoren ze beter, maar daartegenover staat een (iets) hogere kostprijs. Een andere, nieuwe ontwikkeling is het toevoegen van kleine hoeveelheden magnesium en aluminium (1-2% van elk) aan de zinklaag. Ook hiermee wordt de bescherming tegen corrosie verbeterd. Naast een betere corrosiebescherming hebben de verschillende legeringen invloed op andere aspecten, zoals randcorrosie, bestandheid tegen hoge temperaturen, vervormbaarheid en lasbaarheid.

Op de metalen deklagen kan een organische coating (verflaag) worden aangebracht. Een coating heeft twee functies:

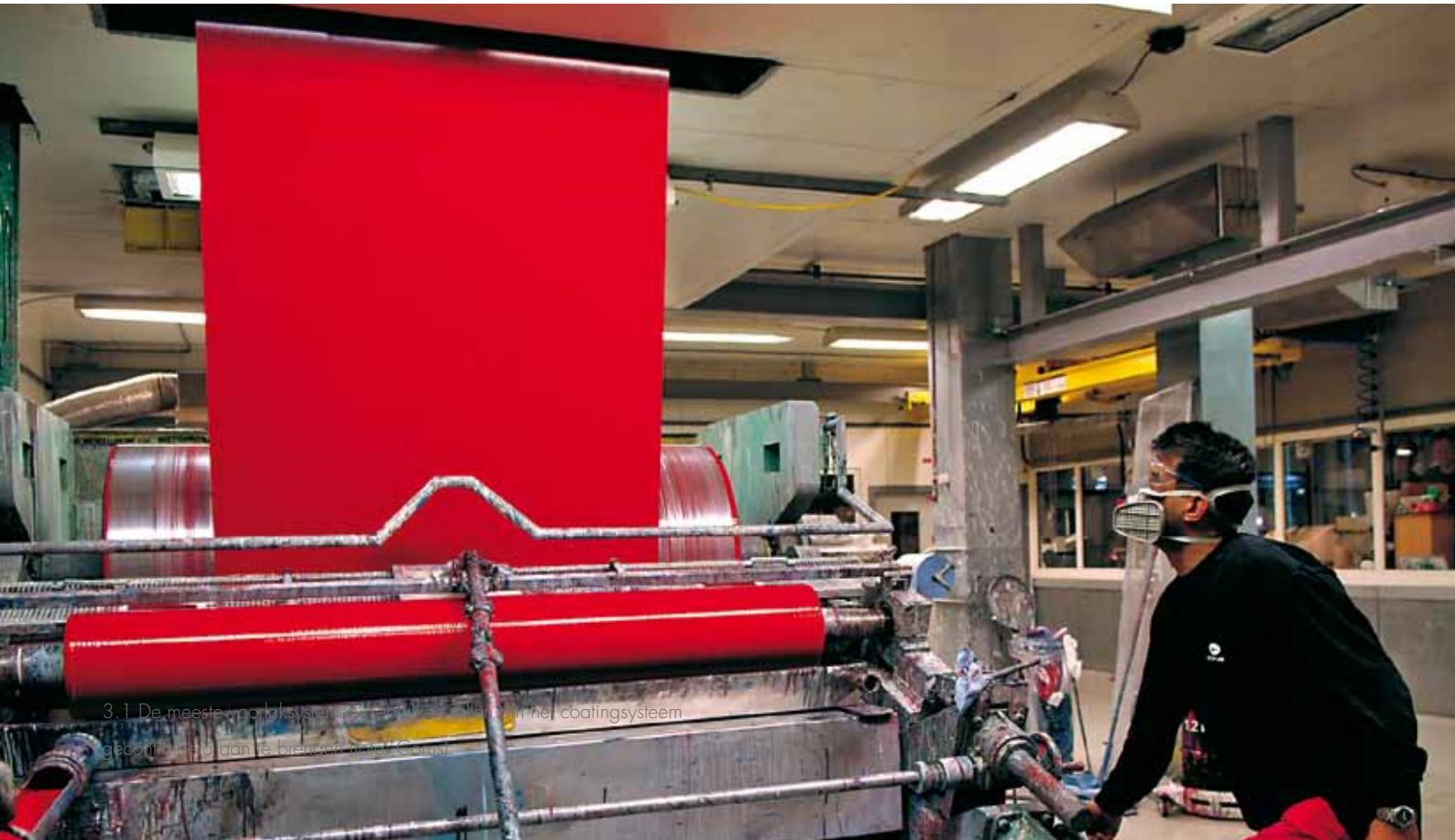
- verhoogde corrosiebescherming (levensduur);
- esthetica (kleur, glans, structuur).

RAF Museum, Cosford (UK) (foto: Hutton + Crow/View).



3. ORGANISCHE COATINGS

3.1 De meeste voorlaksystemen gebruiken rollen om de coating gecontroleerd aan te brengen (foto: Corus Colors).



3.1 De meeste voorlaksystemen gebruiken rollen om de coating gecontroleerd aan te brengen (foto: Corus Colors).

Coilcoating (bandverven of voorlakken) heet het proces waarbij de coating (verflaag) fabrieksmatig wordt aangebracht op de dunne plaat van de staalrol (coil), dus vóór het bewerken van het materiaal (knippen, profileren, zetten, enzovoort). Poedercoaten of spuiten is het aanbrengen van de coating ná het bewerken van het plaatmateriaal, meestal door een gespecialiseerd bedrijf. Spuiten komt zelden nog voor, hoogstens bij reparatie-werkzaamheden aan het gebouw.

3.1 Coilcoating (bandverven of voorlakken)

Hierbij wordt de rol na het verzinken in een continu proces gereinigd aan beide zijden chemisch voorbehandeld en voorzien van een primer plus topcoat. Bij de chemische voorbehandeling wordt het materiaal ontvet en eventuele corrosie verwijderd. Daarbij vindt ook een speciale



voorbehandeling plaats voor een goede hechting en corrosiewering. Het coatingsysteem wordt meestal aangebracht met rollen (zie afb. 3.1), waarna het uithardt in een moffeloven. Coilcoating heeft een constante kwaliteit door de gecontroleerde wijze van voorbehandelen van het staal en aanbrengen van de coating. De prijs/kwaliteitverhouding ten opzichte van achteraf gecoat materiaal is over het algemeen gunstiger. Verder worden de niet onaanzienlijke milieueffecten, die verbonden zijn aan het achteraf coaten van producten, grotendeels geëlimineerd bij bandverven. Met de huidige applicatietechnieken zijn verf- en chemicaliënverliezen bij coilcoaten vrijwel volledig uitgesloten. Bovendien voorkomt

Tabel 3.1 Globale waardering^{a)} van eigenschappen van de belangrijkste coilcoatsystemen.

	laagdikte (µm)	kleurbehoud	robuustheid	chemische resistentie ^{b)}	corrosie- weerstand	
polyester (interieur) ^{c)}	15	1	2	1	1	a) 1 = beperkt
polyester (dunne laag)	25	2	2	2	2	2 = voldoende
polyester/pa (medium)	35	3	3	2	3	3 = goed
polyester/pa ^{d)} (high-build)	50	3	4	3	4	4 = beter
pvdF (dunne laag)	25	4	2	3	2	5 = uitstekend
pvdF (medium-build)	35	4	3	4	3	b) Kan sterk afwijken voor specifieke chemicaliën.
pur/pa (high-build)	50	4	4	4	4	c) Uitsluitend
plastisol	200	2	5	4	4	binnentoepassingen.
non-aging plastisol	200	4	5	4	5	d) polyamide.

de inbouw van geïntegreerde naverbranders de emissie van oplosmiddelen en kan de vrijkomende verbrandingswarmte worden gebruikt voor de verwarming van de ovens en de voorbehandelingsbaden. De leveranciers van gecoilcoate platen, ook bekend als voorgelakte staalplaat, bieden een scala aan verftypten met veel kleuropties. Verschillende fabrikanten hanteren hun eigen standaardreeks. Ook zijn afwijkende kleuren, de zogeheten specials, mogelijk. De geknipte randen van gecoilcoat materiaal zijn niet volledig voorzien van zink of een coating. Bij plaatdikten tot 1 mm worden deze randen tegen corrosie beschermd door de kathodische werking van het zink op de rest van de plaat. Onder zware klimaatinvloeden en bij grotere plaatdikten verdienen deze randen extra aandacht voor mogelijke corrosie.

3.2 Achteraf coaten

Wanneer het (verzinkte) staal ná bewerking (knippen, profileren, enzovoort) een coating krijgt, wordt de coating aangebracht door een gespecialiseerd bedrijf (afb. 3.2). Na reiniging

en ontvetten wordt het materiaal chemisch of mechanisch voorbehandeld. Een eventueel aanwezige bescherming tegen witte roest (de passiveringslaag) moet bij deze voorbehandeling worden verwijderd. Daarna krijgt het materiaal opnieuw een voorbehandeling. Bij een mechanische voorbehandeling wordt het zinkoppervlak gereinigd door nylonborstels met veel water of door het zeer licht aanstralen met een onschadelijk straalmiddel. Vervolgens wordt het gewenste coatingsysteem aangebracht. De kwaliteitsborging bij voorbehandelen en coaten is kritisch bij achteraf coaten. De kosten zijn ook hoger dan voor coilcoaten. De hoge kosten kunnen gedeeltelijk worden gecompenseerd, indien het plaatmateriaal al is voorzien van een primer. Een voordeel van achteraf coaten is dat bij kleine volumes meer kleurkeuze is.

3.3 Keuze type coating

De keuze van het type coating hangt af van de gestelde uiterlijke eisen, zoals kleur, glansgraad en robuustheid, maar ook van de functionele eisen aan duurzaamheid,

gebruiksomstandigheden en mechanische sterkte.

De toepassingsmogelijkheden van de verschillende coatings kunnen ook worden beoordeeld op de uitvoering, profilering en de toepasbare afrondingsstralen. De duurzaamheid van de coating en de staalplaat hangt sterk af van het klimaat waarin het materiaal wordt toegepast. Onderscheid kan – min of meer – worden gemaakt in landelijke, stedelijke, industriële, maritieme en industrieel/maritieme gebieden. De duurzaamheid wordt verder nog beïnvloed door de plaats van de geprofileerde staalplaat op het gebouw: dakplaten worden op een andere wijze blootgesteld aan de atmosfeer dan bijvoorbeeld gevelplaten. Ook het type gebouw (hal, kantoor, woning enzovoort) en het daarmee samengaande milieu, zowel binnen als buiten, bepalen de eisen aan duurzaamheid en daarmee het type coating. Verder vraagt het onderhoud aandacht in het ontwerp. Of andersom: in het ontwerp stadium moet rekening worden gehouden met het schoonmaken. Het onderhoud is van essentieel belang, vooral als het gebouw is gesitueerd in industrieel of maritiem klimaat én als het bijvoorbeeld een niet-beregende gevel of luifelconstructie betreft (zie ook hoofdstuk 8, *Onderhoud*). In tabel 3.1 zijn de genoemde eisen vertaald in eigenschappen en uitgezet tegen de belangrijkste coilcoatingsystemen. De uiteindelijke keuze voor een coatingsysteem kan worden gemaakt met de door de fabrikant of profieur verstrekte informatie.

3.4 Coilcoatsystemen (verfsystemen)

Voor de bouw bestaan verschillende coilcoatsystemen. Het systeem (voor de buitenzijde van de plaat) kan bestaan uit één toplaag met speciale eigenschappen of – in een enkel geval – uit meerdere lagen verf met specifieke eigenschappen over elkaar. De toplaag wordt altijd aangebracht op een corrosiewerende primer. Het coatingsysteem aan de achterzijde (of onderzijde) van de staalplaat bepaalt mede de levensduur van het totale eindproduct bij platen die aan weerszijden worden blootgesteld aan atmosferische invloeden.

De eigenschappen van een coating worden sterk bepaald door het toegepaste bindmiddel, maar ook door de toegepaste pigmenten, stabilisatoren enzovoort en hun onderlinge afstemming. De volgende onderverdeling is gebaseerd op het bindmiddel van de verf, waarbij uitsluitend is gekeken naar toepassingen voor het exterieur. De waarderingen zijn indicatief: binnen een klasse zijn kwaliteitsverschillen mogelijk.

Polyester

De coatings op basis van polyester(harsen) worden veel toegepast. De 25 µm coating geeft een redelijke bescherming tegen lage kosten, maar op langere termijn is het niet altijd een economische oplossing. Polyestercoatings met een dikte vanaf 35 µm worden meestal voorzien van een polyamide-toevoeging (pa) die de robuustheid verbetert. Volgens de Kwaliteitsrichtlijnen



van Dumebo-DWS/MDG (KRL) geldt een minimale dikte van 35 µm (de zogeheten medium build) voor daktoepassingen.

Pvdf (polyvinylideenfluoride)

Pvdf is goed bestand tegen oplosmiddelen en chemicaliën en heeft dankzij een goede uv-bestendigheid een langdurig kleur- en glansbehoud. Door zijn relatief dunne en gladde oppervlak is een pvdf-coating gevoelig voor krassen en andere beschadigingen. Hierdoor is de duurzaamheid beperkt. De dunnere lagen zijn corrosiegevoelig.

Pur (polyurethaan)

Polyurethaancoatings combineren een hoge uv-bestendigheid met een goede corrosieweerstand. Hierdoor zijn deze coatings geschikt voor met name esthetische toepassingen of voor toepassingen in gebieden met veel invloed van licht. Ook polyurethaancoatings met een dikte vanaf 35 µm krijgen vaak een polyamide-toevoeging die de robuustheid verbetert. Polyurethaan is, met name als high build coating (50 µm), een duurzame en economische oplossing.

Plastisol

Plastisol is een coating op basis van een polyvinylchloridehars (pvc-coatings) en -esters. Plastisol wordt gemaakt in vele verschillende samenstellingen voor uiteenlopende toepassingen



3.2 Poedercoaten wordt vooral gedaan bij geperforeerd materiaal.

en vaak aangebracht in een standaard laagdikte van 200 µm met een ingewalste structuur, wat de robuustheid verbetert. Plastisolcoatings zijn elastisch en mechanisch sterk ondanks de geringe hardheid. Het materiaal heeft een zeer goede corrosieweerstand door de ondoordringbare organische laag. In de standaard laagdikte kan dit organische gecoate materiaal goed worden toegepast in industriële en maritieme milieus. Toepassing van verouderingsbestendige esters en uv-stabilisatie geeft een aanzienlijk betere bestendigheid tegen uv-inwerking met beter kleurbehoud en langere levensduur, waardoor ook de corrosieweerstand langer behouden blijft. Dit materiaal heet non-aging plastisol, en is (volgens verschillende producenten) al toepasbaar voor daken met een helling vanaf één graad.



4. BEWERKINGSMETHODEN



Geprofileerde staalplaat wordt op twee manieren geproduceerd:

- door rolvormen (profielwalsen);
- door zetten (vouwen).

Bij beide methoden wordt het staal koudvervormd, bij kamertemperatuur. De eigenschappen en chemische samenstelling van het uitgangsmateriaal moeten in overeenstemming zijn met NEN-EN 10143, NEN-EN 10346 en NEN-EN 10169. Rolvormen is de meest gangbare manier van produceren. Een vlakke staalplaat wordt machinaal door een aantal rollen, in de gewenste vorm 'gerold' (afb. 4.1). Afbeelding 4.2 geeft een voorbeeld van het aantal stappen, dat nodig is om een plaat te profileren. Elke lijn representeert een boven- en een onderrol. Doorsnede 1 is de vlakke plaat, doorsnede 20 is de uiteindelijke vorm van het profiel. De staalplaat kan vóór het rolvormen op lengte worden gebracht of de geprofileerde staalplaat kan ná het rolvormproces op lengte worden geknipt. Het staal komt in beide gevallen van een rol of coil (afb. 4.3). De coilbreedtes variëren van 750 tot 1500 mm, coilgewichten van 4 tot 15 ton. Kleinere breedtes worden verkregen door het in

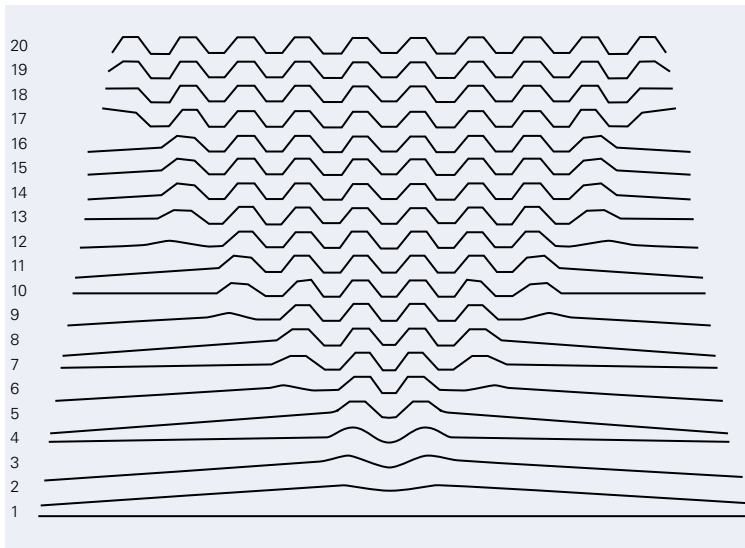


4.1 Rolvormer.

lengterichting doorsnijden van de coil, het slitten. Bij zetten wordt de staalplaat eerst op maat gebracht. Daarna wordt het materiaal door een zetbank in het gewenste profiel 'gezet' (afb. 4.4). Een voordeel ten opzichte van rolvormen is een grotere vrijheid in de profilering.

4.1 Strak en vlak oppervlak

Met geprofileerde staalplaat zijn strakke en vlakke oppervlakken te krijgen. Naarmate de platen dunner worden, neemt de plooi- en vervormingsgevoeligheid toe. Bij platen met relatief brede flenzen kan het zogeheten oilcan-effect optreden;



4.2 Walsstappen bij rolvormproces.

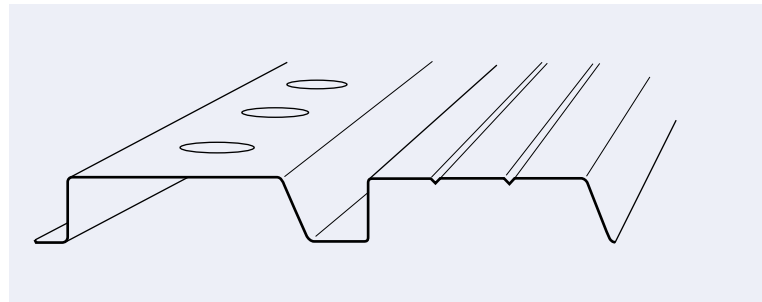


4.3 Coils in opslag.

een plooi die lijkt op een olievlek op het water (afb. 4.5). Eventuele restspanningen in het materiaal, ontstaan door het walsen of perforeren, hebben een versterkende invloed op het oilcan-effect, evenals (het ontbreken van) vlakheid van de achterconstructie en de (on)vakkundigheid van monteren. Het oilcan-effect kan worden voorkomen door in het vlak aangebrachte dimpels of rillen, een grotere staaldikte ($t \geq 0,7$ mm) en embosseren. Embosseren is het machinaal aanbrengen van lichte indrukkingen over het gehele plaatoppervlak met een hoogte gelijk aan de dikte van de plaat. Embosseren wordt ook stucco genoemd, omdat het lijkt op stukadoorswerk. Het oilcan-



4.4 Zetbank (foto: Werner Ero).



4.5 Dimpels kunnen plooivorming (oilcan-effect) voorkomen.

effect wordt visueel versterkt bij coatings met een hoge glans en door temperatuurinwerking van de zon. Het is overigens altijd een aspect van visuele aard.

4.2 Togen en knikken

Geprofileerde staalplaat heeft de eigenschap dat het zich in het werk goed laat buigen – als een 'harmonica' – loodrecht op de profilering. De geprofileerde staalplaat kan echter ook worden getoogd met de profilering mee: de plaat krijgt met een speciale wals een kromming in de lengterichting (afb. 4.6). De geprofileerde plaat kan eveneens worden gebogen door



4.6 Het bedrijfsgebouw van Maxit in Eindhoven heeft een gevel van getoogde staalplaat. Met speciale walsen krijgen (standaard)platen een ronding (foto: Vincent Basler).

meerdere kleine knikken (afb. 4.7). De knikken kunnen over de hele lengte worden aangebracht, maar ook over een deel. Door deze bewerkingen zijn vrijwel alle gebouwvormen (hoeken, rondingen en krommingen) mogelijk.

4.3 Perforeren

Het perforeren gebeurt meestal om esthetische of akoestische redenen. Met perforaties kan de ontwerper spelen met licht, schaduw en lichtinval (afb. 4.8). Daarbij laten de perforaties bepaalde geluidsgolven (trillingen) door, die kunnen worden gedempt in de achterliggende constructie met bijvoorbeeld minerale wol. Deze laatste functionaliteit geldt vanzelfsprekend vooral voor interieuroepassingen. Vrijwel elk denkbaar perforatiepatroon (afb. 4.9) en perforatiediameter is mogelijk met computergestuurde machines, maar er bestaat een aantal standards. De perforatie wordt aangebracht door grote stansmachines op het principe van een pengatverbinding. Een speciale variant op perforeren is reliëfdruk of art punch, waarbij kleine bobbeltjes worden gedrukt in de plaat (afb. 4.10). Zo kunnen eigen patronen op de plaat worden aangebracht zonder perforaties. Reliëfdruk wordt doorgaans toegepast op vlakke, dunne (gecoilcoate) plaat. Bij buitentoepassingen dienen de platen na het perforeren opnieuw tegen corrosie te worden beschermd, bijvoorbeeld via poedercoaten.

4.4 Lasersnijden en digitale prints

Gevels kunnen een geheel eigen uiterlijk krijgen met lasersnijden



4.7 Buigen met meerdere knikken.

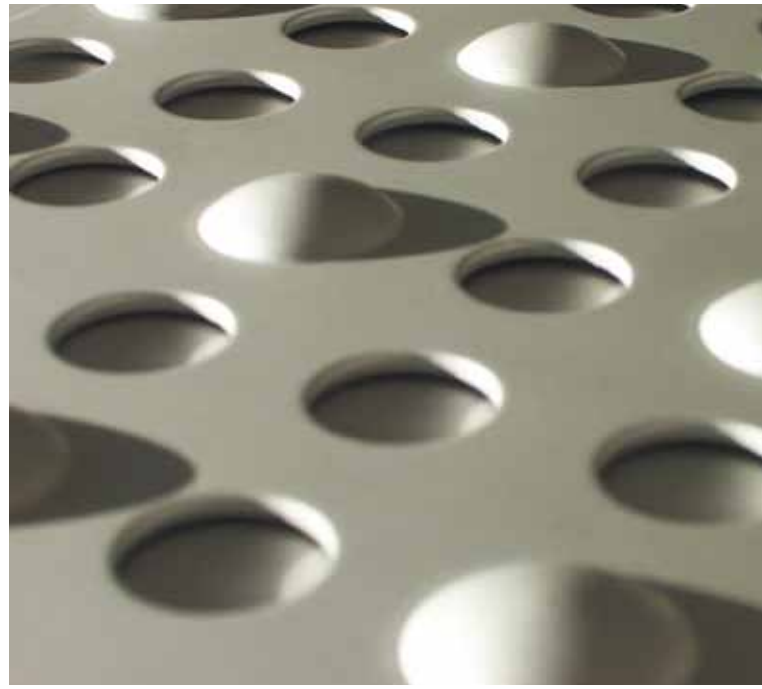


4.8 Perforaties geven 'diepgang' aan gevels zoals bij deze villa in Oranjestad (foto: Pieter Kers).

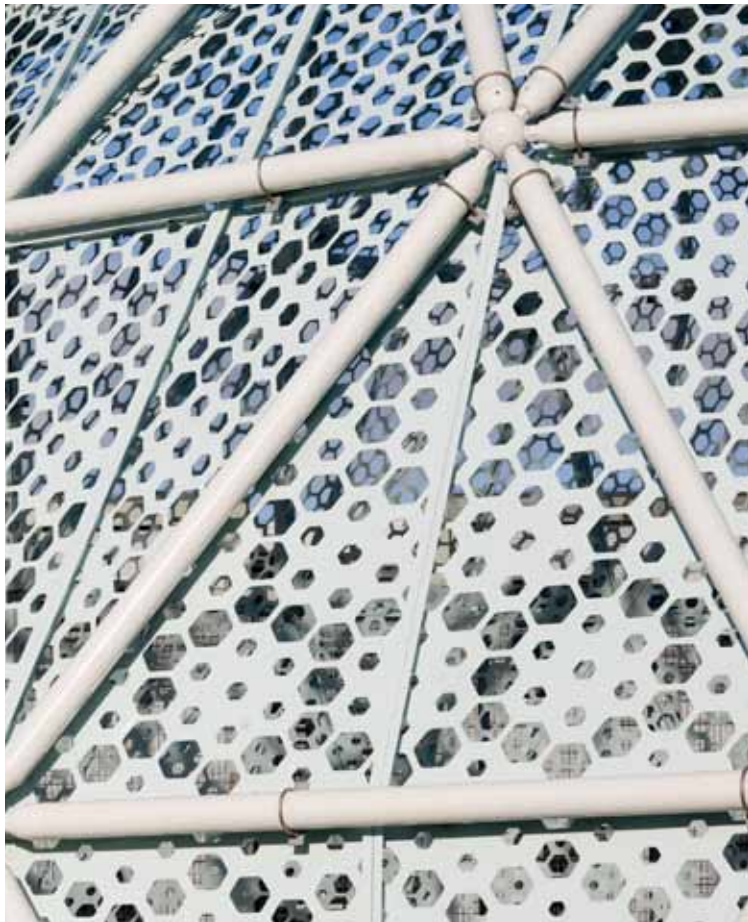
en digitale prints. Digitale prints komen het best tot hun recht op vlakke plaat – met grotere staaldikte tegen plooi – die aan weerszijden zijn gezet tot cassettes. Met computergestuurde lasermachines is elk willekeurig beeld te maken, een goed voorbeeld zijn de platen aan de luchtplaats van het detentiecentrum in Zaandam. Dit project heeft slechts veertien unieke elementen waarvan de compilatie een 'bladerlandschap' vormt over de twee geodetische koepels (afb. 4.11). Staaldikten tot 25 mm kunnen worden gesneden met laser in elementen van maximaal ongeveer 2x4 m.



4.9 Perforeermachine.



4.10 Art punch of reliëfdruk in combinatie met perforaties.



4.11 Lasergestuurde machines geven de luchtplaats van het detentiecentrum in Zaandam een 'bladprint', onder nauwe gaten voor minimale doorkijk, boven grote sparingen voor optimaal zonlichttoetreding (foto: Luuk Kramer).



4.12 Overzicht detentiecentrum in Zaandam (foto: Luuk Kramer).

5. ONTWERP

Gemaal Lansingerland, Bleiswijk (Zuid-Holland).



5.1 Constructie

Bij de toepassing van stalen profielplaten moet niet uitsluitend de sterkte en stijfheid van de platen worden bepaald, maar ook die van de verbindingen en verbindingsmiddelen. Voor de verschillende toepassingen bestaat een aantal gangbare typen geprofileerde platen. In *tabel 5.1* is daar een overzicht van gegeven. De constructeur maakt de uiteindelijke keuze voor de plaatdikte en profielhoogte en houdt daarbij rekening met de specifieke randvoorwaarden van het project. Hieronder staat een aantal richtlijnen, die in de eerste fase van een ontwerp kunnen worden gehanteerd.

5.1.1 Platen loodrecht op hun vlak belast

Voor loodrecht op hun vlak belaste platen wordt de sterkte en stijfheid bepaald met NEN-EN 1993-1-2. De belastingen zijn ontleend aan NEN-EN 1991-1-2. Voor de belastingoverdracht van de dakplaten op de ondersteuning kan, vooruitlopend op een nauwkeurige berekening, het volgende worden aangehouden:

- een dakplaat op drie steunpunten, belast door een gelijkmatig verdeelde belasting q , geeft een oplegreactie op het tussensteunpunt van $1,25q\ell$. Voor de eindsteunpunten dient $0,5q\ell$ te worden aangehouden;
- indien in verband wordt gemonteerd (dat wil zeggen: voor

de eerste plaat is de ondersteuning een tussensteunpunt, voor de tweede plaat een eindsteunpunt, voor de derde plaat weer een tussensteunpunt, enzovoort), mag voor de gordingbelasting worden gerekend met $q\ell$ (*afb. 5.1a*);

- voor dakplaten op vier of meer steunpunten mag de belasting op de ondersteuning gelijk worden genomen aan $q\ell$ (*afb. 5.1b*).

5.1.2 Schijfwerking

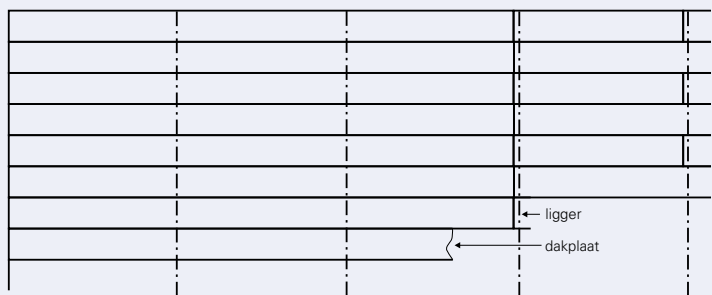
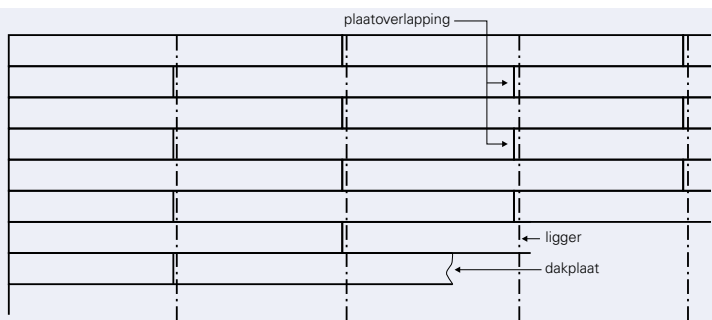
Voor in hun vlak belaste platen geldt de RMBS 2000. Het fenomeen 'platen in het plaatvlak belast' wordt schijfwerking genoemd. Een aantal constructieve omstandigheden, waarbij sprake is van schijfwerking, wordt hierna besproken.

5.1.3 Staalconstructies met stabiliteitsverbanden en beplating 'als jas er om heen'

In dit geval werkt de beplating zeker niet als schijf. Bij voldoende vervormingscapaciteit van de verbindingen en bevestigingen (zie art. 4.8.3.3 van RMBS 2000), mag ervan worden uitgegaan, dat de schijf de vervormingen kan 'meemaken' om het stabiliteitsverband op 'kracht te laten komen'.

Tabel 5.1 Overzicht van gangbare geprofileerde staalplaten.

	plaatdikte (mm)	hoogte (mm)	
binnendoos	0,7-1,25	65-145	
trapezium wandplaten	0,63-1,0	19-70	
sinusvormige wandplaten	0,63-1,0	18-42	
kouddakprofiel	0,63-1,0	18-58	
dakplaten (warm dak)	0,70-1,5	35-205	



- 5.1 a (boven) Bij tweeveldsplaten moet in verband worden gemonteerd (staffelen).
- 5.1 b (onder) Bij drie- of meerveldsplaten mag zonder verband worden gemonteerd.

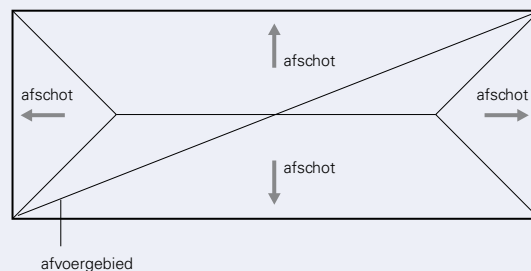
5.1.4 Staalconstructie met pendelende kolommen en beplating

In deze situatie verzorgt de beplating de stabiliteit van de constructie. Hierbij moet expliciet worden aangetoond, overeenkomstig RMBS 2000, dat de schijf met zijn verbindingen deze functie kan vervullen. Bij dit type constructies zijn tijdens montage vaak extra stabiliteitsvoorzieningen nodig. Eventuele financiële voordelen door het weglaten van stabiliteitsverbanden worden hierdoor negatief beïnvloed.

5.1.5 Staalconstructie bestaande uit portalen met stijve hoeken en beplating.

Tijdens het ontwerp doen zich hierbij twee mogelijkheden voor:

- de uitwendige belasting wordt verdeeld over de portalen en de schijf, afhankelijk van de onderlinge stijfheidverhouding. Zowel de portalen als de schijf kunnen op deze belasting worden gedimensioneerd;
- de beplating wordt 'als jas' beschouwd. De portalen moeten dan de volledige belasting opnemen. De beplating zal de vervorming van de portalen kunnen volgen, mits wordt voldaan aan de voorwaarden van voldoende vervormingcapaciteit van de verbindingen (*zie staalconstructie met stabiliteitsverbanden*).



5.2 Dakafschot minimaal 1,6% ook bij enveloppe-vormig afschot.

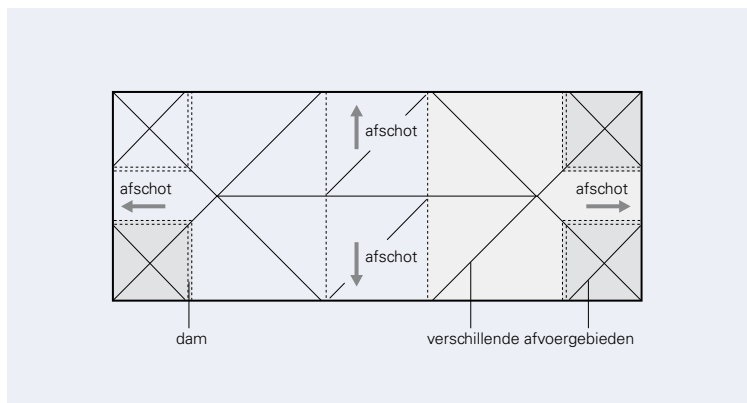
5.1.6 Schijf als stabiliteitssteun voor liggers of kolommen.

Beplating bevestigd op liggers of kolommen is in staat om door schijfwerking de instabiliteit (kip of knik) van deze elementen tegen te gaan. Dit veroorzaakt krachten in de schijf, die inwendig in evenwicht zijn. Het afvoeren van deze krachten naar de fundering is dus niet nodig. In de RMBS 2000 zijn rekenmethoden opgenomen om dit type schijfwerking te beoordelen. Warmgewalste I-profielen met een hoogte kleiner dan 200 mm en bij de door RMBS 2000 voorgeschreven bevestigingsmethoden van de beplating hoeven niet op kip te worden gecontroleerd. Bij schijfwerking moet worden gelet op de volgende aspecten:

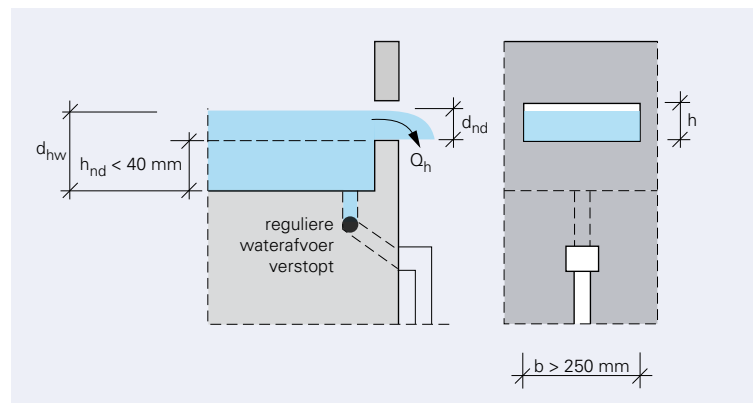
- er moet voldoende vervormingcapaciteit zijn in de verbindingen en bevestigingen van de platen;
- bij een bewust gebruik van schijfwerking moet dit vanaf het begin in het ontwerp worden meegenomen (met daarbij bijvoorbeeld de aanwezigheid van randelementen, die ook op druk kunnen worden belast);
- bij bewuste schijfwerking is de beplating een belangrijk constructief element. Een controle van de bevestigingen tijdens de bouw is van belang;
- de stabiliteit van de constructie moet wellicht tijdens montage tijdelijk worden ondervangen;
- voor de dakplaat gelden als vuistregels: een minimale plaatdikte van 0,75 mm, in elk dal een bevestiging en een koppeling van de langsnaden om de 500 mm.

5.1.7 Wateraccumulatie

Lichte, platte dakconstructies zijn gevoelig voor wateraccumulatie. Wateraccumulatie is het (lokaal) toestromen van regenwater door de (cumulatieve) doorbuiging van de dakplaten. Een dakplaat buigt iets door onder last van een bepaalde hoeveelheid water tijdens een regenbui; als het water weg kan stromen, zal meer water zich daar kunnen verzamelen.



5.3 Het plaatsen van dammen voorkomt waterophoping in de hoeken.



5.4 Noodafvoer in de vorm van een 'brievbus'.

Door deze extra belasting buigt de dakplaat nog iets meer door, waardoor nog meer water kan worden geborgen, enzovoort. Een dakconstructie kan zo door wateraccumulatie bezwijken, het is daarom noodzaak daken op dit aspect te beoordelen. Elke constructeur moet in zijn ontwerp rekening houden met wateraccumulatie. Maar in principe komt het er op neer dat de constructie zodanig is ontworpen, dat het regenwater van het dak of een dakdeel kan wegstromen. In het ontwerp van de dakconstructie moet rekening worden gehouden met de volgende onderdelen.

Afschot

Voor een goede afwatering van het dak moet het voldoende afschot hebben. Vaak voldoet een afschot van 1,6 tot 2,0%. Het afschot kan worden bereikt met een zeeg in de onderconstructie of door afschotisotatie. Bij een 'enveloppe-vormig afschot' (afb. 5.2) kan het afstromend water zich ophopen in de hoeken. Om accumulatie te voorkomen, kunnen dammen worden ingebouwd (afb. 5.3).

Afmetingen, aantal en plaats van hemelwaterafvoeren

Neem voldoende hemelwaterafvoeren en kies hun plaats zorgvuldig. Afhankelijk van de detaillering van de instroomopening is een doorsnede van de afvoeren gewenst, dat overeenkomt met 0,5 tot 1,0 cm²/m² dakvlak.

Noodafvoeren

In de dakconstructie moeten noodafvoeren worden opgenomen. Een bekend voorbeeld zijn de 'brievbussen' (afb. 5.4). Ontwerp de noodafvoeren zodanig dat bij een verstopping in de reguliere hemelwaterafvoeren het regenwater ook daadwerkelijk de noodafvoer kan bereiken.

Onderhoud

Zand, stof, bladeren, maar ook bijvoorbeeld dode vogels, zijn

de grootste oorzaak van verstopte hemelwaterafvoeren. Daarom moet het dak regelmatig op vuil worden geïnspecteerd en – indien nodig – worden schoongemaakt.

5.2 Bouwfysica

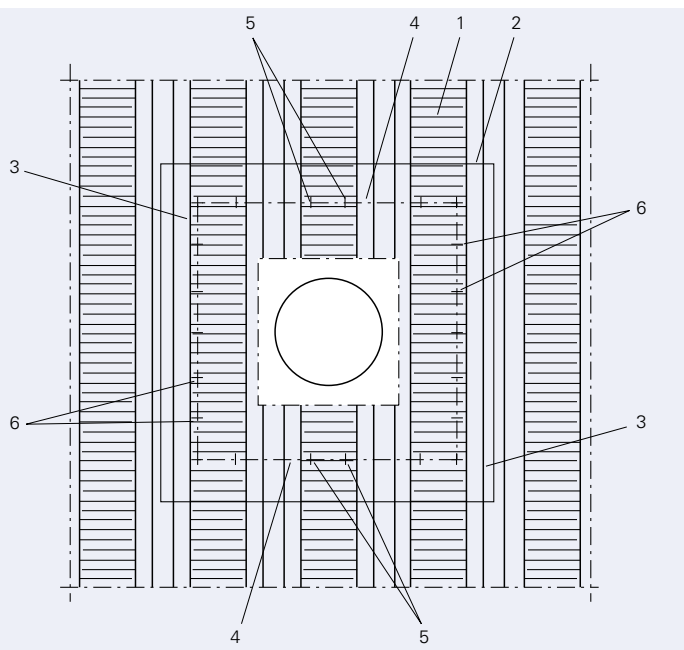
Enkele van de belangrijkste eisen aan een dak of gevel zijn: bescherming tegen zon, kou, regen, sneeuw, wind en stof; bescherming tegen geluid, brand en rook.

Op basis hiervan zijn bouwfysische eisen geformuleerd voor: thermische isolatie, condensatie en lucht- en vochthuishouding;

- akoestiek;
- brandwerendheid;
- rookvrije vluchtwegen.

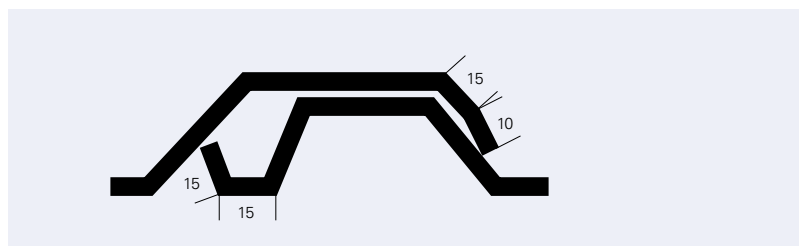
Geprofileerde staalplaat heeft een aantal eigenschappen, waarmee bij het bouwfysisch ontwerp rekening moet worden gehouden. Om te voldoen aan de specifieke bouwfysische eisen kan geprofileerde staalplaat goed worden gecombineerd met andere materialen, zoals isolatiemateriaal, afdichtingsbanden, dampremmende voorzieningen (vaak folies) en afwerkingsmaterialen. Het op of achter de beplating aangebrachte isolatiepakket moet met de bijbehorende afwerking voldoen aan de bouwfysische en brandwerende eisen. Ook mechanische aspecten van geprofileerde staalplaat moeten hierbij in beschouwing worden genomen:

- het type en de dikte van het isolatiemateriaal moeten zo zijn gekozen, dat intrappen of deuken van het isolatiemateriaal wordt voorkomen, tijdens de montage en gedurende de levensduur van de constructie;
- bij gevel- en dakbeëindigingen, ook evenwijdig aan de overspanningrichting van de beplating, moet een ondersteuningconstructie aanwezig zijn;
- bij een overstek in het verlengde van de overspanning, moet de sterkte en stijfheid expliciet worden aangetoond. Als vuistregel geldt dat de uitkraging nooit groter mag



5.5 Verstevigingsplaat bij doorvoer (> 300 mm).

- 1 bovenflens geprofileerde plaat
- 2 versterkingsplaat, (minimaal) 600x600x1 mm
- 3 langsrandversterkingsplaat
- 4 dwarsrandversterkingsplaat
- 5 verbindingmiddelen in dwarsrand, minimaal twee per flens nabij het lijf
- 6 verbindingmiddelen in langsrand, h.o.h. maximaal 120 mm



5.6 Overlap met extra watergoot bij langsnaad van kouddakprofiel.

zijn dan een derde tot een kwart van de lengte van het voorliggende veld, met een maximum van 1500 mm;

- een vierkante of ronde dakdoorbreking, waarvan de maximale afmetingen zo klein zijn dat slechts één lijf wordt doorbroken, behoeft in het algemeen geen ondersteuningsconstructie. Bij grotere afmetingen van de doorbreking, tot 300 mm, is een versterkingsplaat nodig (afb. 5.5). Bij doorbrekingen groter dan 300 mm moet worden geraveeld;
- een zeeg aanbrengen bij doorgaande platen door hoogteverschillen in de steunpunten kan alleen als met de zeeg rekening is gehouden in de constructieberekening. Eventuele hoogteverschillen in de steunpunten door toleranties bij de montage van de ondersteuningconstructies mogen maximaal $l/350$ bedragen.

5.2.1 Kouddakprofielen

De langszijde van kouddakprofielen heeft een speciale (sterkere) profilering voor een betere afdichting en kan zijn uitgevoerd met een extra (verholten) watergoot voor eventueel doorgeslagen vocht. Met kouddakprofielen volgens afbeelding 5.6 wordt het (binnen bepaalde grenzen) mogelijk om de zijoverlap volledig af te dichten. Voor hellende daken geldt een minimaal afschot van 5° , maar met het oog op onderhoud en levensduur is een hoek groter dan 10° aan te bevelen. Een goede waterdichte aansluiting is een vereiste. Als een locatie met bijzondere omstandigheden van wind en/of regen daarom vraagt, is extra aandacht nodig voor de onderlinge naden tussen de platen.

5.2.2 Thermische isolatie en condensatie

Er is een direct verband tussen thermische isolatie en het optreden van condensatie. Bij een bepaalde temperatuur kan de (vochtige) lucht in een constructie condenseren. De opbouw van een scheidingsconstructie met de juiste hoeveelheid isolatie én dampkering voorkomt dat de temperatuur binnen de constructie deze condensatietemperatuur bereikt. De dikte van de isolatie is afhankelijk van de isolatie-eigenschappen en de gevraagde R_c -waarde. De gangbare isolatiedikte in Nederland op een geprofileerde stalen dakplaat ligt op 100-120 mm voor de materialen genoemd in tabel 5.2. In de meeste, reguliere situaties is deze dikte voldoende om condensatie te voorkomen.

5.2.3 Lucht- en vochthuishouding

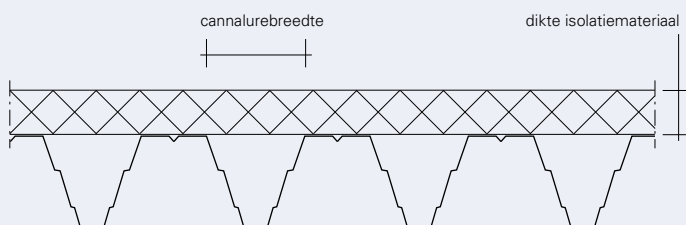
Wellicht het belangrijkste aandachtspunt bij stalen dak- en gevelbekleding. Door overmatig vocht in een spouw kan de bekleding en achterconstructie ongezien corroderen. Alle aansluitingen en (kozijn)details moeten daarom zorgvuldig worden ontworpen (zie ook hoofdstuk 6, *Detaillering*). Ook is het van belang het binnenspouwblad dampdicht te maken om vochttoetreding in de spouw van binnenuit te voorkomen. Is de spouw correct ontworpen, dan is de corrosiviteit van het spouwmilieu zeer gering.

5.2.4 Soort en dikte isolatiemateriaal

De keuze van het soort en de dikte van het isolatiemateriaal hangt af van onder meer het type geprofileerde plaat, de akoestische eisen en brandwerendheidseisen, de vereiste beloopbaarheid en het beschikbare budget. Elke geprofileerde dakplaat heeft een bepaalde

Tabel 5.2 Verhouding dikte isolatiemateriaal-cannelurebreedte.

soort isolatiemateriaal	minimale dikte ten opzichte van cannelurebreedte
geëxpandeerd polystyreen, tweezijdig gecacheerd	0,3
geëxpandeerd polystyreen, eenzijdig gecacheerd	0,5
polyurethaan	0,3
minerale wol	0,5



cannelurebreedte. Wordt bij een grote breedte een relatief dunne isolatieplaat toegepast, dan bestaat de mogelijkheid dat bij belopen van de isolatie tijdens de uitvoering of belopen van de dakafwerking in de gebruikstoestand het isolatiemateriaal wordt stuk gelopen en in de cannelure terecht komt.

In tabel 5.2 is voor verschillende soorten isolatiemateriaal de minimale dikte ten opzichte van de cannelure-opening aangegeven. In het algemeen geven de fabrikanten van de isolatiematerialen richtlijnen voor de uitvoering.

5.2.5 Koudebrug en condensatie

Een thermische brug of koudebrug is een goed geleidende verbinding tussen binnen en buiten, of tussen warm en koud. Staal is een goed geleidend materiaal en zal dus – tenzij onderbroken door een slecht geleidend materiaal – een dergelijke brug kunnen vormen. Door een thermische brug zal de isolerende werking van de gehele constructie (iets) verminderen.

Een belangrijker effect is dat plaatselijk een lagere temperatuur zal ontstaan met de mogelijkheid van condensatie aan het binnenoppervlak. Condensatie kan leiden tot aantasting van de bouwmaterialen aan de binnenzijde van een gevel of dak, bijvoorbeeld corrosie van het staal of rot bij organische bouwmaterialen. Condensatie kan worden voorkomen door koudebrugonderbrekingen (een fysieke scheiding tussen de binnen- en buitenhuid) en door (spouw)ventilatie. Over het algemeen zijn de afmetingen van (metalen) bevestigingsmiddelen zo klein dat deze geen koudebrug vormen. Uitsluitend bij een bijzonder grote hoeveelheid stalen schroeven per gevel- of dakoppervlak is er sprake van een koudebrug. Goede

koudebrugonderbrekers zijn isolatiemateriaal en/of houten of rubberen platen of stroken met een minimale dikte van 30 mm. Inwendige condensatie kan worden vermeden door een extra dampremmende laag (folie) op de dak- of gevelbeplating of door afdichtingen te plaatsen tussen de naden. Met name bij geperforeerde platen is de dampremmende werking van de staalplaat niet meer aanwezig. Voor een akoestische werking (demping) zal het absorberende isolatiemateriaal zich direct achter de perforaties moeten bevinden. Daarbij bestaat de kans dat lucht met een hoog relatieve vochtigheid in het absorberende materiaal dringt en condenseert op relatief koude plaatsen. Om dit te voorkomen kan een extra dampremmende laag aan de warme, geperforeerde zijde van de constructie uitkomst bieden.

5.2.6 Warmte-accumulatie

Lichte bouwsystemen hebben een beperkte warmtecapaciteit. Dat kan een voordeel zijn voor ruimten die niet voortdurend worden gebruikt en dus snel moeten worden verwarmd of gekoeld. Gevelopbouwen met een isolatie van minerale wol hebben een hogere warmtecapaciteit dan gevels met een kunststofisolatie. Schommelingen van de binnentemperatuur zijn te beperken door:

- lichte, reflecterende buitenkleuren toe te passen;
- een gevelopbouw te kiezen met een isolatiemateriaal met hoge warmtecapaciteit (massa);
- de directe zontoetreding door ramen te beperken (buitenzonwering, afmeting, type beglazing);
- de warmtecapaciteit van vloeren, daken en binnenwanden te benutten (bouwdeelactivering);

- phase change materials (pcm) toepassen; pcm's nemen (thermische) energie op door 'gedaanteverwisseling': vaste materialen worden door de warmte 'vloeibaar' en nemen de energie zo op en geven die weer af wanneer de energiebron afneemt; paraffinebolletjes is een veel gebruikte pcm als toeslagmateriaal in beton of gips(karton)platen (afb. 5.7);
- verwarming, mechanische ventilatie en eventueel koeling aan te brengen.

5.2.7 Akoestiek

Bij akoestiek moet onderscheid worden gemaakt tussen geluidisolatie en geluidabsorptie. Geluidisolatie is de reductie van het geluidniveau tussen twee ruimten in één gebouw of tussen binnen en buiten. Geluidabsorptie is de reductie van de nagalmtijd binnen een ruimte (afname van het geluidniveau per eenheid van afstand). Met een geprofileerde staalplaat zijn hoge geluidisolatiewaarden bereikbaar met een absorberende (akoestische) isolatie, eventueel met perforaties (afb. 5.8) én een meerlaagse opbouw. Een meerlaagse opbouw is van belang als de geprofileerde staalplaat wordt gecombineerd met andere lichte bouwmaterialen. Ontkoppeling is het toverwoord bij de akoestiek van lichte bouwsystemen, vooral bij woningscheidende wanden en vloeren. Daarmee wordt bedoeld dat constructieve elementen, waaronder de

geprofileerde plaat, niet direct met elkaar in contact mogen komen, maar dat er altijd een tussenmateriaal moet zijn.

Geluidisolatie

Geluid plant zich voort op twee manieren: door de lucht en door materie. Vandaar de termen luchtgeluidisolatie en contactgeluidisolatie. Voor een dak of gevel is over het algemeen de luchtgeluidisolatie het belangrijkste. Luchtgeluid is trillingsenergie en kan relatief eenvoudig worden geïsoleerd door het omzetten van die akoestische energie in mechanische of thermische energie met een isolerend materiaal. Een isolatie met gesloten cellen is hiervoor ongeschikt. Aangezien een constructie van geprofileerde staalplaat licht is, wordt de beste luchtgeluidisolatie bereikt met een gevelopbouw uit meerdere, gescheiden lagen met verschillende massa, waarbij de holle ruimten van de geprofileerde plaat bij voorkeur worden gevuld met (gesealde) isolatie van minerale wol (cannelurevulling).

Geluidwering gevel

Het Bouwbesluit stelt een algemene minimale eis aan de karakteristieke geluidwering van de gevel ($G_{A,k}$) van 20 dB(A). Deze eis heeft soms gevolgen voor de ventilatievoorziening, maar in het algemeen niet voor de gevelconstructie. Afhankelijk van de omgeving van het gebouw kan de eis van de



Winkel en werkplaats Rinkewinkel, Makkum.

geluidwering oplopen tot 35 dB(A) of zelfs hoger. Bepalend zijn de maximale geluidbelasting volgens de wet Geluidhinder en de toelaatbare grenswaarde in de verblijfsruimten volgens het Bouwbesluit. Het verschil tussen die twee waarden moet door de gevel worden geïsoleerd. Deze systematiek is eenduidig voor industrielaawaai, weg- en railverkeer. Voor luchtvaartlawaai geldt een afwijkende aanpak. Hier wordt de geluidbelasting met een tabel uit het Bouwbesluit omgezet naar een eis voor de karakteristieke geluidwering.

Als $G_{A,k}$ groter is dan 25 dB(A), verdient het aanbeveling om een deskundige in te schakelen. In die gevallen moet de akoestische kwaliteit van alle verschillende onderdelen in evenwicht worden gebracht, omdat de eis geldt voor de gehele gevel, inclusief beglazing en ventilatie. Bij waarden van $G_{A,k}$ boven 25 dB(A) kan dit leiden tot extra eisen voor de verschillende gevelonderdelen inclusief de gesloten delen. Bij waarden boven 30 dB(A) zijn de maatregelen voor lichte bouwsystemen ingrijpend; vaak wordt dan een extra isolatielaag of extra massa toegevoegd.

Geluidabsorptie

Vlakke plaat reflecteert nagenoeg al het geluid. Door perforaties kan, afhankelijk van de frequenties, een grote mate van absorptie worden bereikt. Bij dakbeplating worden vaak

alleen de lijven geperforeerd. De onderflens blijft intact voor een goede bevestiging aan de constructie, de bovenflens blijft intact voor een goede bevestigingsmogelijkheid van de isolatie. Op de dakplaten ligt vaak een dampremmende folie die de geluidsgolven doorlaat. In de cannelure(vulling) en eventueel op de dakplaten zorgt een isolatielaag van minerale wol voor een hoge absorptiewaarde.

Bij binnendozen wordt over het algemeen de zichtzijde (lijf) van de doos geperforeerd. Ook hier zorgt de achterliggende isolatie voor een hoge geluidabsorptie. Dubbelschalige, geïsoleerde wanden en daken hebben een hoog geluidabsorberend niveau, wanneer het binnenprofiel wordt geperforeerd in een op de geluidcurve betrokken soort en type perforatie. Daarbij moet worden opgemerkt, dat de dichting van dit type dak- of wandplaten zonder extra maatregelen gelijk is aan die van de enkele profielplaten.

Afhankelijk van de aan het interieur gestelde eisen worden dichtingsfolie, sluitband en profieluitvulstroken voor aanvullende dichting toegepast.

5.3 Brand

Gevels en daken moeten voldoen aan eisen van brandveiligheid, afhankelijk van de gebruiksfunctie. Het Bouwbesluit noemt verschillende gebruiksfuncties, waarvan er



5.7 Paraffine als bufferend toeslagmateriaal tegen te grote temperatuurswisselingen.



5.8 Met geperforeerde staalplaat zijn hoge geluidsisolatiewaarden mogelijk.



Onderhoudsplaats NedTrain, Haarlem (foto's; Martha Blog (links), Luuk Kramer (rechts)).

vaak een aantal in één gebouw is gecombineerd (bijvoorbeeld een kantoor- en een industrie functie of een winkel, bijeenkomst- en woonfunctie).

5.3.1 Materiaalkeuze

De eisen die het Bouwbesluit stelt aan gevels en daken hebben betrekking op het voorkomen van brand of een brandgevaarlijke situatie (brandgedrag) en dat een brand zich uitbreidt naar andere gebouwen of brandcompartimenten (scheidende functie). Eisen aan de constructieve veiligheid kunnen in het kader van de scheidende functie worden gesteld. Voor de brandveiligheid van gevels zijn de volgende aspecten van belang:

- branddoorslag (brandwerendheid, zie NEN 6069 en NEN-EN 13501-2);
- brandoverslag (kritische stralingsintensiteit van 15 kW/m² op 'openingen' van de stralingontvangende gevel, zie NEN 6068);
- vliegvlam (zie NEN 6063);
- branduitbreiding (materiaalgedrag van gevels (binnen- en buitenzijde), zie NEN-EN 13501-1);
- rookproductie (materiaalgedrag van gevels (binnenzijde, zie NEN-EN 13501-1).

5.3.2 Brandgedrag

Aan het brandgedrag en rookproductie van gevel- en dakmaterialen worden eisen gesteld in het Bouwbesluit. De eisen staan in *tabel 5.3*.

In 2002 is het Nederlandse systeem van beproeving van het

brand- en rookgedrag van materialen vervangen door het Europese systeem. Het Europese systeem heeft de brandklassen A1, A2 en B tot en met F en de rookklassen s1, s2, en s3. A1 en s1 zijn het veiligst. E, F en s3 zijn het onveiligst en mogen in Nederland niet worden toegepast.

Het Europese systeem schrijft een beproeving voor van het product in zijn eindtoepassing. Met name de detaillering, dikte, coating en isolatie bepalen de brandklassering volgens het Europese systeem. Ditzelfde geldt voor de rookklassering. Metalen, glas- en steenwol zijn niet brandbaar en produceren geen rook. Kunststoffen wel. Omdat de eisen in Nederland niet op materiaalniveau zijn gesteld maar op het totale product in zijn praktische toepassing, kan ook met brandbare isolatiematerialen aan de diverse eisen worden voldaan, afhankelijk van afmetingen en detaillering (naaddichting en van de langszijden en kopse kanten).

Het is van belang de productkeuze te baseren op relevante testrapporten en certificaten. Bij een dunne coating en een isolatie van minerale wol voldoet een stalen gevel aan klasse A2 en s2. Wanneer een brandbare isolatie wordt toegepast – bijvoorbeeld eps of pir – en/of een dikkere pvc-coating is de brandklasse meestal B of C en de rookklasse s2.

Het Bouwbesluit kent (gedurende een overgangperiode) een duaal systeem dat naast de eisen aan producten getest volgens de Europese norm NEN-EN 13501-1 ook nog eisen stelt aan producten die getest zijn volgens de Nederlandse normen NEN 6064, 6065 en 6066. Na de overgangperiode vervallen de Nederlandse normen.

Tabel 5.3 Eisen aan de brandbaarheid en rookproductie van materialen.

aspect	onderwerp	Nederlandse normen	Europese normen
brandgedrag	algemene eis binnen en voor gevels	4	D
	besloten brand- en rookvrije vluchtroutes	2	B
	niet-besloten brand- en rookvrije vluchtroutes	2	C
	stookplaatsen	onbrandbaar	A1
	gevel hoger dan 13 m boven maaiveld	2	B
	gevel met beoordeling brandoverslag (wdbdo) volgens NEN 6068	2	B
	gevel tot en met 2,5 m boven maaiveld (mits verdiepingvloeren > 5 m)	1	B
rookgedrag	algemene eis binnen	10 m ⁻¹	s2
	brand- en rookvrije vluchtroutes:		
	brandklasse 1	2,2 m ⁻¹	s2
	brandklasse 2	5,4 m ⁻¹	s2

Daken mogen niet brandgevaarlijk zijn volgens NEN 6063 (de 'vuurkorfproef'), wanneer het gebouw verdiepingvloeren heeft boven de 5 m of wanneer de afstand tot de perceelsgrens of het hart van de openbare weg, openbaar water of openbaar groen kleiner is dan 15 m. NEN 6063 wordt naar verwachting vervangen door NVN-ENV 1187. In het algemeen zijn stalen daken niet brandgevaarlijk.

5.3.3 Scheidende functie

Bij gevels en daken kunnen eisen aan de brandwerendheid worden gesteld vanwege de scheidende functie. Deze eisen komen voort uit de eisen aan de weerstand tegen branddoorslag en brandoverslag (wdbdo) tussen gebouwen of brandcompartimenten in een gebouw. Brandwerendheidseisen hebben betrekking op de vlamdichtheid (afdichting en ontvlambaarheid) en de thermische isolatie (oppervlaktetemperatuur of warmtestraling). Bij het beoordelen van de brandwerendheid van buitengevels moet een onderscheid worden gemaakt tussen verhitte aan de binnenzijde én verhitte aan de buitenzijde. *Tabel 5.4* geeft aan welke criteria in beide gevallen van toepassing zijn. De brandwerendheid van een gevel, wand of dak hangt sterk af van de detaillering van de onderlinge aansluitingen; de brandwerendheid moet daarom experimenteel worden bepaald door een erkend instituut. De leverancier verstrekt beschikbare gegevens over zijn specifieke product. Er zijn verschillende maatregelen om de brandwerende eigenschappen van stalen gevels en daken te verbeteren:

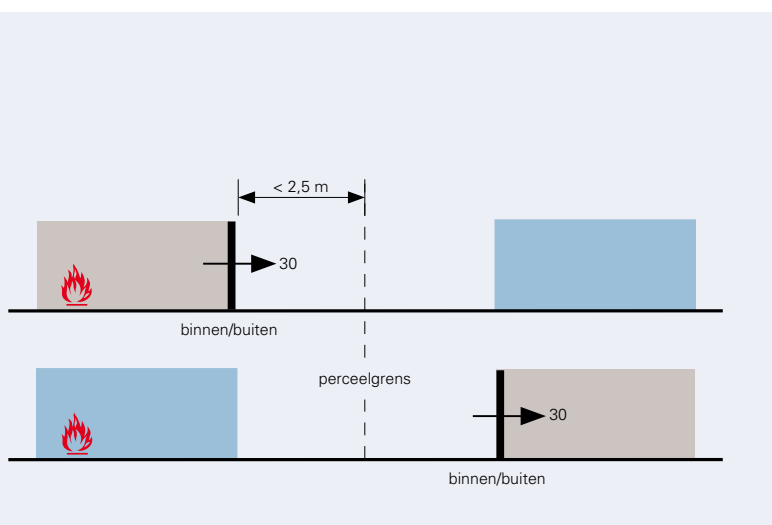
- isolatie van een onbrandbaar materiaal of van een materiaal dat bestand is tegen hoge temperaturen; ook sommige (combinaties van) kernmaterialen hebben goede eigenschappen:
- een goede detaillering van randen en naadaansluitingen;
- voldoende verbindings- en/of bevestigingsmiddelen over de volle lengte van de aansluitingen, zodanig dat de aansluiting niet te snel opentrekt.

5.3.4 Industriële gebouwen

Bij industriële gebouwen (hallen) stelt het Bouwbesluit een eis aan de maximale compartimentgrootte. Tot de wijziging van het Bouwbesluit (voorzien) in 2011 is dat 1000 m², daarna 2500 m². Er geldt tussen een hal van deze omvang en een belendend perceel een wdbdo-eis van 60 minuten vanuit het Bouwbesluit. Hierbij wordt niet de aanwezige bebouwing op het belendend perceel beschouwd, maar een fictieve, identieke bebouwing die spiegelsymmetrisch ligt ten opzichte van de perceelsgrens. Afhankelijk van de afmetingen van het beschouwde gevelvlak moet een minimale afstand tot de perceelsgrens worden aangehouden van 2,5 m tot 5,3 m (en derhalve 5 m tot 10,6 m tussen twee hallen) om aan de wdbdo-eis van 60 minuten te voldoen (*zie afb. 5.9*). Deze afstanden zijn afgeleid van de NEN 6068 (2008). De grafiek gaat tot een halhoogte van 15 m (begrenzing toepassingsgebied norm). Wanneer een gevel zich op een te korte afstand van de perceelsgrens bevindt (< 2,5 m), wordt niet meer voldaan aan het criterium van minimale veilige afstand tussen stralende gevelopeningen. In dat geval moet de brandwerendheid van de gevel zelf

voldoende groot zijn. Bij onvoldoende afstand wordt aan 60 minuten wdbbo (brandoverslag) voldaan wanneer de gehele gevel van het stralingszenderende (brandende) gebouw 30 minuten brandwerend is óf wanneer de gehele gevel van het stralingontvangende (fictieve) gebouw 30 minuten brandwerend is (zie *afb. 5.10*). Bij de eerste oplossing moet de gevel van de nieuw te bouwen hal 30 minuten brandwerend zijn van buiten naar binnen. Vanwege de spiegelsymmetrie moet de gevel van de nieuw te bouwen hal bij de tweede oplossing 30 minuten brandwerend zijn van binnen naar buiten. In deze laatste oplossing moet de staalconstructie die de gevel steunt eveneens 30 minuten brandwerend zijn. In de eerste oplossing zijn er geen eisen voor de staalconstructie die immers bij het beoordelen van de brandwerendheid van buiten naar binnen aan de koele zijde zit. De beoordeling van de brandwerendheid van buiten naar binnen én die van binnen naar buiten is overigens verschillend (zowel de beschouwde brand als de beoordelingscriteria). De brandwerendheid van gevels hangt dan ook af van de beschouwde richting. Uitsluitend wanneer het gebouw hoger is dan 15 m of als de afstand tot de perceelgrens kleiner is dan 1 m, moet de brandwerendheid opgeteld 60 minuten bedragen. Dit betekent voor de brandwerendheid van de nieuw te bouwengevel een keuze uit één van de volgende oplossingen:

- 60 minuten van buiten naar binnen;
- 60 minuten van binnen naar buiten, of;
- 30 minuten van buiten naar binnen én 30 minuten van binnen naar buiten.



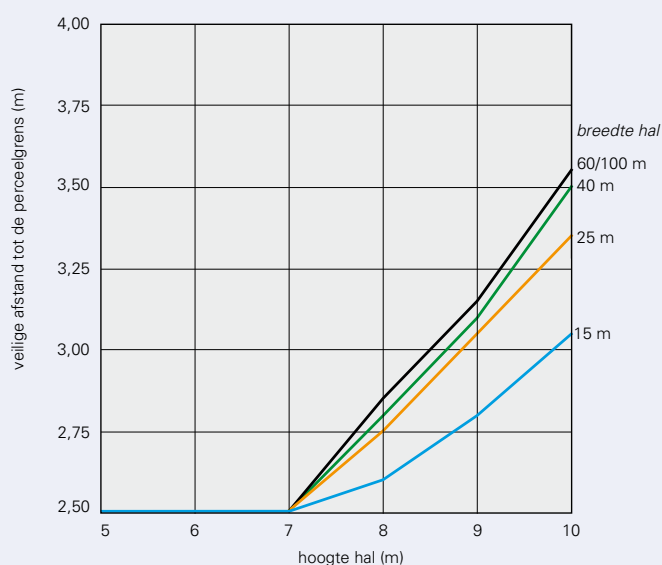
5.9 Bij dichte gevels wordt aan de wdbbo-eis voldaan als de te spiegelen gevel 30 minuten brandwerend is van binnen naar buiten of als deze 30 minuten brandwerend is van buiten naar binnen. In het laatste geval is er geen eis voor de gevelondersteunende staalconstructie.

Grote brandcompartimenten

Bij brandcompartimenten groter dan de grenswaarde in het Bouwbesluit wordt in het kader van gelijkwaardigheid vaak gebruik gemaakt van de methode 'Beheersbaarheid van Brand' (BvB). Hiermee wordt op basis van de berekende vuurbelasting (de brandbare materialen van het gebouw zelf én de inhoud) bepaald wat de maximale compartimentgrootte is en de wdbbo-eis naar andere compartimenten en gebouwen. Zeker voor productiegebouwen en opslaggebouwen met sprinklers zijn grote brandcompartimenten mogelijk. De wdbbo-eisen zijn echter vaak hoger dan 60 minuten, tot soms wel 240 minuten (bij opslaggebouwen bijvoorbeeld). Bij deze wdbbo-eisen horen volgens de bepalingmethode uit BvB aanzienlijk grotere afstanden tussen gebouwen dan die volgens NEN 6068. De waarden uit *afbeelding 5.10* liggen dan een factor 2 tot 4(!) hoger. Dit betekent dat bij de gebruikelijke opzet van bedrijventerreinen al snel gevels vereist zijn met (hoge) brandwerendheid. Met de nodige consequenties voor de gevelsteunende staalconstructie.

5.3.5 Details

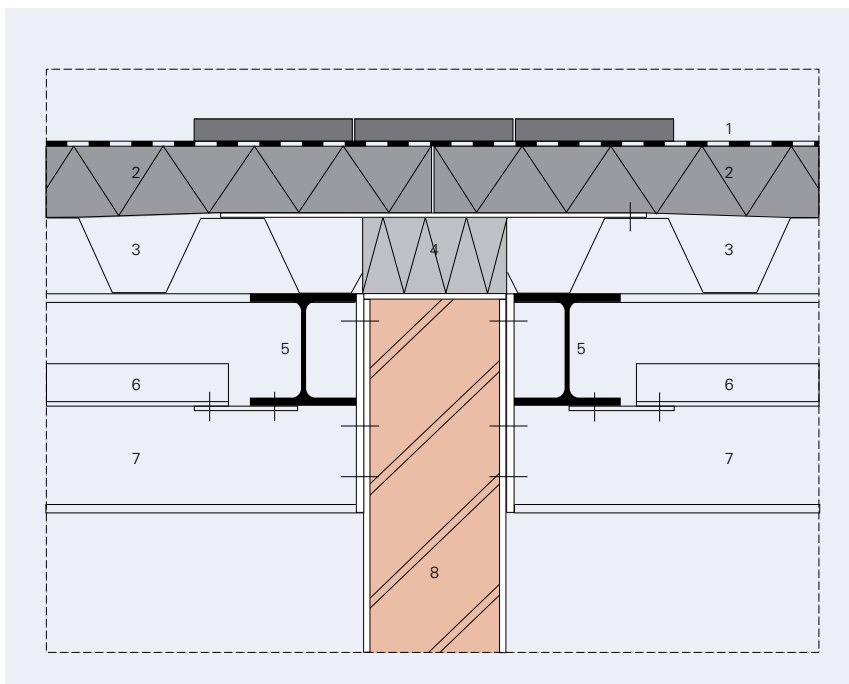
De SBR-publicatie *Brandwerende details. Woning- en utiliteitsbouw* geeft robuuste details voor brandwanden met de aansluiting brandwand-dak (zowel voor 'gewone' brandwanden met een wdbbo-eis van 30 of 60 minuten als 'zware' brandwanden met een wdbbo-eis tot 240 minuten (zie *afb. 5.11*). Specifiek voor verdiepinggebouwen zijn soms extra voorzieningen nodig om branddoorslag via brandbaar kernmateriaal naar een onder- of bovengelegen ruimte te voorkomen, bijvoorbeeld in de vorm van een zogeheten



5.10 De veilige afstand tussen stalen hallen als functie van de hoogte van de hal voor verschillende halbreedten (b) op basis van NEN 6008 (2008).

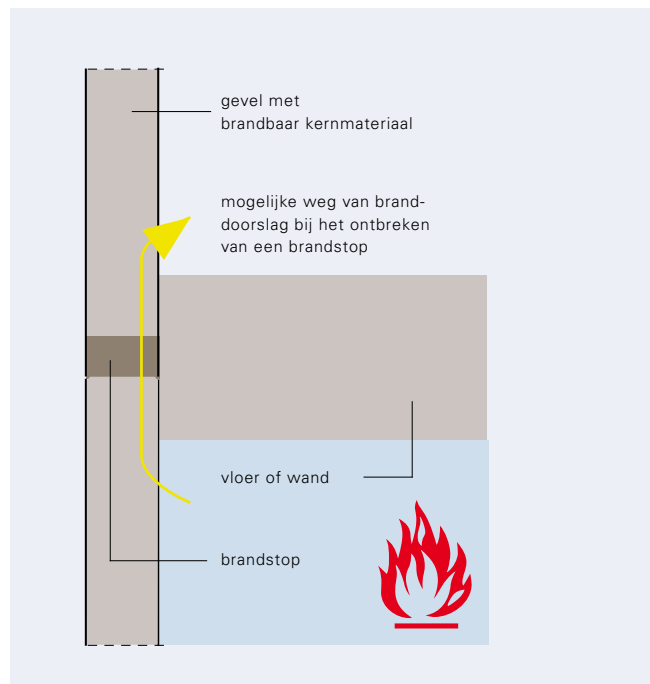
'fire-stop' of brandstop (afb. 5.12). Deze voorzieningen functioneren uitsluitend indien ze niet voortijdig uit de gevel wegzakken én er tussen de beplating en de brandstop geen openingen ontstaan. Daarom is de detaillering van belang. De prestaties van gevels en daken met een geprofileerde staalplaat hangen af van de opbouw van het systeem en de detaillering van de aansluitingen. De aansluitingen moeten voldoende dampdicht, luchtdicht en waterdicht zijn. Ook

moet de vermindering van de warmte-isolatie door een zogeheten 'koudebrug' of 'warmtelek' beperkt blijven. De wijze van monteren speelt een grote rol en zal daarom al in het ontwerpstadium moeten worden gekozen. Maak zoveel mogelijk gebruik van standaard, fabrieksmatig geproduceerde detailstukken. Deze zijn doordacht en van hogere kwaliteit dan in het werk vervaardigde oplossingen.



5.11 Robuust detail van een brandwand-dak-aansluiting.

- 1 bitumineuze of kunststoffen dakbedekking
- 2 steenwol
- 3 geprofileerde staalplaat, met onderbroken cannelures
- 4 gefixeerde steenwol
- 5 koppelliger
- 6 dakverband
- 7 hoofdlijger
- 8 cellenbetonblokken



5.12 Een brandstop voorkomt branddoorslag via een brandbaar isolatiemateriaal naar een andere ruimte.

criterium	gevel van binnen	gevel van buiten	dak	binnenwand
	naar buiten	naar binnen		
vlamdichtheid afdichting	x	x	x	x
vlamdichtheid ontvlambaarheid	x	–	x	–
thermische isolatie (temperatuur)	–	x	–	x
thermische isolatie (warmtestraling)	x	x	x	x
bezwijken	x	x	x	x

x = wel van toepassing – = niet van toepassing

Tabel 5.4 Brandwerendheidscriteria voor gevels, daken en binnenwanden.

6. DETAILLERING



6.1 Ondersteuningsconstructie

Geprofileerde staalplaten worden doorgaans gemonteerd op een achterliggende constructie (ondersteuningsconstructie). Dat kan bijvoorbeeld een binnendoos zijn, een (staal)-constructie met stijl- en regelwerk, een binnenspouwblad van hout of staalframebouw of een steenachtige ondergrond. De ondersteuningsconstructie moet vlak zijn, binnen de toegestane maatafwijkingen (afb. 6.1).

De leverancier geeft aan, in overleg met de aannemer of het montagebedrijf, welke afwijking voor zijn geprofileerde staalplaat acceptabel is. Op de bouwplaats is de gewenste vlakheid op twee manieren te realiseren:

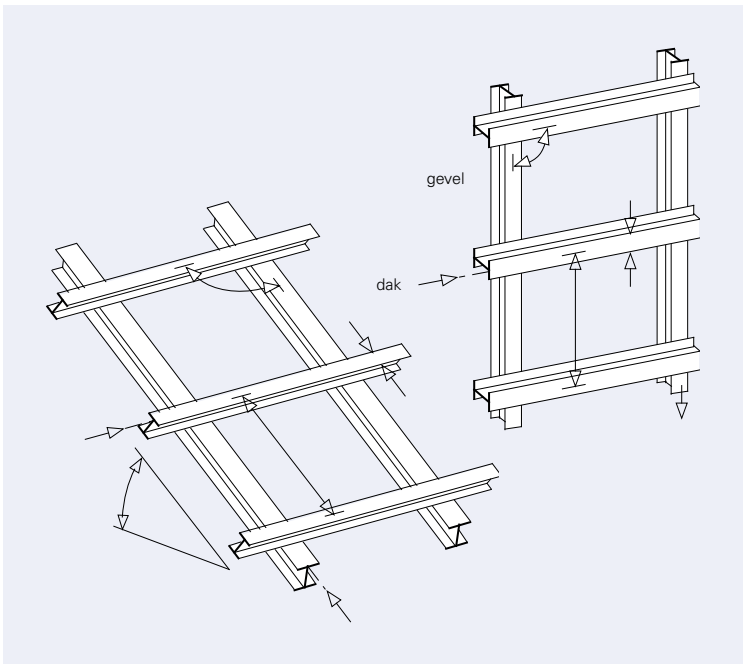
- door de ondersteuningsconstructie te laten uitvoeren door het gevelmontagebedrijf (zoals verstelbare stijl- en regelwerk
- door het gevelmontagebedrijf voor aanvang van de montage te verplichten de ondersteuningsconstructie na te meten en te grote afwijkingen te melden aan de hoofdaannemer, die eindverantwoordelijk is voor de maatafwijkingen.

De ondersteuningsconstructie moet zijn afgestemd op het de toe



te passen gevelsysteem. De dimensionering en de onderlinge afstanden van de ondersteuningen volgen uit een sterkteberekening. De leverancier geeft de minimale oplegbreedte aan. Extra ondersteuningen zijn soms noodzakelijk bij:

- openingen in gevels of daken zoals ramen, deuren en lichtkoepels;
- extra belasting door installaties, zoals ventilatiekokers en luchtbehandelingsapparatuur;
- lokale belastingen, bijvoorbeeld door vlaggenmasten en reclamepanelen;
- de onderzijde van de gevel, de dakrand en hoeken.



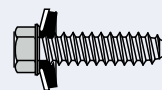
6.1 Belangrijke posities die voor de montage moeten worden gecontroleerd. Een afwijking in de orde van +5% van de overspanning is in het algemeen toelaatbaar, met een maximum van 10 mm.

6.2 Zetwerk

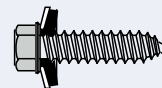
Zetwerk is waarschijnlijk het belangrijkste 'sluitstuk' bij het gebruik van geprofileerde staalplaat. Onder zetwerk wordt verstaan: speciaal vervaardigde profielen voor de beëindigingen of overgangen van wanden, daken, gevels, plafonds en vloeren. Ook waterslagen, daktrimmen en kozijnranden vallen hieronder. Het gebruikte zetwerk is doorslaggevend bij de (bouw)fysische detaillering van een gebouw en is beeldbepalend bij de aansluitingen. Veel profileerbedrijven en montagebedrijven bieden standaard zetwerk aan, maar met het zetten van dunne staalplaat zijn alle denkbare profilerings mogelijk. In het algemeen wordt het zetwerk in het werk ingemeten, dan pas gezet en gemonteerd. Maak omzettingen (flenzen) niet scherper dan de productspecificatie voorschrijft, ter voorkoming van scheuren in de organische coating.

6.3 Aansluitingen

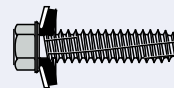
Voor elke gevelopbouw bestaan standaardaansluitingen.



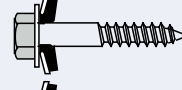
zelftappende schroef \varnothing 6,3 mm
met onderlegging \varnothing 16 mm en 1 mm dik elastomeer
– voor staalplaat aan constructie



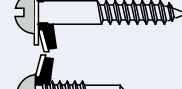
zeskant plaatschroef \varnothing 6,3 of 6,5 mm
met onderlegging \varnothing 16 mm en 1 mm dik elastomeer
– voor staalplaten onderling en hulpstukken



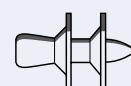
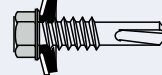
draadsnijdende schroef \varnothing 8 mm
met onderlegging \varnothing 16 mm
met of zonder 1 mm dik elastomeer
– voor staalplaat aan constructie



houtschroeven \varnothing 6 mm
met onderlegging \varnothing 16 mm
met of zonder 1 mm dik elastomeer
– voor staalplaat aan houten regelwerk



zelfborende schroeven: \varnothing 4,22; 4,8; 5,5; 6,3 mm
– voor staalplaten onderling
– voor hulpstukken (zonder onderlegging)
– voor panelen aan constructie



schietnagel
– voor staalplaat aan constructie



blindklinknagels: \varnothing 4; 4,8; 6,4 mm
– voor staalplaat aan dunwandig stalen regelwerk
– voor hulpstukken

6.2 Overzicht van veel toegepaste verbindingmiddelen bij geprofileerde staalplaat.

Hiervan afwijken is mogelijk, maar moet goed worden doordacht. Alternatieve aansluitingen worden door de ontwerper gedetailleerd, eventueel in overleg met profieur of applicateur.

Een aantal vuistregels voor stalen gevel- en dakdetails:

- de waterdichting van de plaat bevindt zich bij voorkeur aan de buitenzijde, de winddichting aan de binnenzijde;
- voorzie de aansluitingen voor de vereiste luchtdichtheid zonodig van een afdichting (afdichtingsband);
- bevestig de eindaansluitingen met een afdichtingsstrip op de ondersteuningsconstructie. Dergelijke strippen verzorgen de waterdichtheid bij kopse aansluitingen in daken met een geringe helling en bij langsaansluitingen;
- pas bij daken met geringe hellingen een dubbele dichting toe;
- geef de aansluitingen zo vorm, dat ze bij temperatuurvervormingen aan alle eisen blijven voldoen, dit stelt grenzen aan de maattoleranties per voeg.

6.4 Verbindingsmiddelen

Voor de bevestiging van gevelsystemen uit (geprofileerde) staalplaat bestaan verschillende verbindingsmiddelen. Voor constructieve bevestigingen (afb. 6.2), van bijvoorbeeld de staalplaat aan de constructie of de staalplaten onderling, worden schietnagels en zelftappende of -borende schroeven toegepast. Verbindingen met blindklinknagels hebben te weinig

vervormingscapaciteit en zijn dan ook uitsluitend toegepast voor de bevestiging van zetwerk.

Bij de keuze van verbindingsmiddelen is, naast economische, esthetische, uitvoeringstechnische (demonteerbaarheid) en bouwfysische (waterdichtheid) aspecten, ook de duurzaamheid van belang. Deze is afhankelijk van de chemische agressiviteit van de omgeving. Bij de materiaalkeuze moet galvanische corrosie worden vermeden. Hierbij staan twee (of meer) verschillende metalen met elkaar in contact, waarbij het minst edele metaal zich opoffert. Zorg dat het oppervlak van het minst edele metaal altijd veel groter is dan het oppervlak van het edele metaal. Verzinkte stalen schroeven zijn binnen de kortste tijd weggecorrodeerd als ze roestvast stalen platen verbinden. Wanneer dit onvermijdelijk is, pas dan een isolerende tussenlaag toe zoals pakkingen of onderleggingen. Ook moet worden gelet op spanningscorrosie. Deze vorm van corrosie ontstaat wanneer tegelijkertijd optreden: een specifiek milieu, trekspanningen en een spanningsgevoelige staalsoort. Een bekend voorbeeld zijn plafonds van zwembaden (met chloriden in de lucht) waarbij de koudvormde roestvast stalen hangers (op trek belast) bezweken. Door hier juist verzinkte stalen onderdelen te kiezen is spanningscorrosie te vermijden.

6.5 Afdichtingsmaterialen

Veel toegepaste afdichtingsmaterialen zijn katten, schuimbanden



(open of gesloten celstructuur), epdm-rubber profielen en stalen of kunststoffen onderleggingen (bij schroeven). Schuimband, aangebracht volgens de voorschriften van de fabrikant, heeft een levensduur van minimaal vijftien jaar. Voegkitten gaan minimaal tien jaar mee. Mogelijke oorzaken van aantastingen zijn uv-straling, water, zouten, zuren en alkalische stoffen.

6.6 Een dak is geen gevel

De meeste geprofileerde staalplaten kunnen worden toegepast in daken én gevels. Het verschil in helling en belasting (zowel door wind als water) stelt echter andere eisen aan de detaillering, bevestiging en voegconstructies. Gevels of onderdelen van gevels die meer dan ongeveer 10° achterover hellen, moeten worden gedetailleerd als dak. Voor naar voren hellende gevels gelden vanuit de detaillering geen beperkingen. Deze gevels vragen wel meer onderhoud (wassen), omdat natuurlijke bewassing (regen) geen effect heeft. Bij voorkeur worden uitsluitend langsnaeden toegepast: geen dwarsnaeden in de richting van de dakhelling! Indien dwarsnaeden onvermijdelijk zijn, verdienen ze bij de detaillering extra aandacht. Bij overlapaansluitingen moet bij de aan de buitenlucht blootgesteld kniprand de braam (die bij het knippen ontstaat) naar beneden zijn gericht om vuilophoping te voorkomen.

Optop woning familie Cats, Bergen op Zoom.

6.6.1 Evenwijdig aan dakhelling

Geprofileerde staalplaten kunnen worden gekoppeld op plaatsen die niet door de waterafvoer worden belast (toppen). Constructief is een bevestiging in het dal gunstiger. Het verdient aanbeveling de naden zodanig te detailleren dat de overlap de overheersende windrichting mee heeft, zodat er een minimale kans bestaat dat wind, regen en sneeuw onder de overlap komen. Deze detaillering legt de montagevolgorde in principe vast; met enig ongemak zijn de panelen ook in omgekeerde volgorde te leggen.

6.6.2 Loodrecht op dakhelling

Vrij gangbaar bij een plaatrichting dwars op de dakrichting is een aansluiting met overlap, eventueel aangevuld met afdichtingmaterialen. Het gebruik van een duurzame afdichtingband betekent in het algemeen dat een geringere dakhelling mogelijk is. De minimale dakhelling hangt onder meer af van: de lengte van het dak van de nok tot de goot, vanwege het afschot en noodzaak van naden, dwars op de helling. Het verdient aanbeveling, deze naden zo dicht mogelijk bij de nok te plaatsen, omdat de hoeveelheid afstromend water daar het kleinst is.

De bevestigingsmiddelen worden bij een geprofileerde staalplaat in de regel in het dal aangebracht, een deugdelijke onderlegging is noodzakelijk. De eigenschappen van het



product – onder meer de afmetingen en het gewicht – vereist het werken met dunne geprofileerde staalplaat specifieke aandacht. De platen hebben meestal een eigen gewicht van 5 tot 20 kg/m² en zijn dus relatief licht. Voor levering, opslag en montage geldt een aantal standaard maatregelen, die beschadiging in het werk moeten voorkomen.

6.7 Referentiedetails

Bouwen met Staal ontwikkelt samen met SBR Referentiedetails. Er is een groot aantal detailseries beschikbaar met verschillende gevelsystemen, waaronder geprofileerde plaat. De details zijn gratis te downloaden op de website van Bouwen met Staal (www.bouwenmetstaal.nl). Abonnees op de SBR-Referentiedetails ontvangen tevens de bouwfysische prestaties die van belang zijn voor epc-berekeningen. Daarnaast hebben zij de beschikking over aanbevelingen voor het ontwerp, de werkvoorbereiding en de uitvoering. Deze aanbevelingen kunnen worden opgenomen in kwaliteitszorgsystemen.

6.8 Geprofileerde plaat voor utiliteitsbouw

In Nederland heeft ongeveer 90% van de nieuwbouw hallen en bedrijfsgebouwen een dak- en gevelbekleding van staal. Grofweg bestaat de helft van de gevels in de industriebouw uit binnendozen met buitenbeplating. De andere helft betreft sandwichpanelen. Binnendozen met buitenbeplating hebben deze marktpositie verworven door: de lage prijs en het geringe materiaalgebruik, de snelle montage met eenvoudige mechanische bevestigingsmiddelen (schroeven of blinklinknagels) en de grote, lichtgewicht componenten

waardoor kostbare apparaten en machines bij de montage niet nodig zijn. In het kader van de SBR-Referentiedetails Utiliteitsbouw (*afb. 6.3*) is een set details ontwikkeld.

Gevelopbouw

Gevels van dunne staalplaat hebben meestal een gelaagde opbouw. Stalen binnendozen zijn erop gemaakt om horizontaal aan te brengen. Maar in uitzonderlijke gevallen, bijvoorbeeld om een gevel met een ronding te maken, zijn ze ook verticaal toe te passen. De binnendozen verzorgen de sterkte en stijfheid van het gevelsysteem. Geprofileerde staalplaat wordt op de flenzen van de binnendozen bevestigd, loodrecht op de overspanningsrichting van die dozen. In de binnendozen wordt isolatiemateriaal aangebracht en een eventuele dampdichting in de vorm van een kunststof folie. Als isolatiemateriaal worden minerale wol en in mindere mate kunststof schuim gebruikt.

Geluid- en brandwerendheid

De details (*afb. 6.3*) voldoen aan de eisen die in het Bouwbesluit gelden voor een utiliteitsgebouw zonder slaapfunctie van vier bouwlagen. De gevel behaalt een geluidsisolatiewaarde voor het standaard buitengeluid R_A van 37 dB(A) en heeft een warmteweerstand R_C van ten minste 3 (m²K)/W. Het dak heeft een R_A van 27,4 dB(A) en een R_C van ten minste 4 (m²K)/W. Scheidingswanden en -vloeren binnen het utiliteitsgebouw voldoen aan eisen voor luchtgeluid ($I_{l,w,k}$) en contactgeluid ($I_{c,w}$) van ≥ -20 dB. De brandwerendheid van de constructie met betrekking tot bezwijken is 60 minuten evenals de weerstand tegen branddoorslag en brandoverslag (wbdb).



Station Krommenie-Assendelft (foto's: DanÈs Fotografie).

Warmte-isolatie

De isolatielijn (thermische schil) ligt in de isolatie die is opgenomen in de binnendoos. De isolatiewaarde van de gevel wordt bepaald door de kwaliteit en dikte van de isolatie (R-waarde) en de warmtedoorgangscoefficiënt (U) van de beglazing. Daarnaast ontstaan koudebruggen bij de bevestigingen waardoor warmte van binnen naar buiten weglekt. Beperk daarom het aantal verbindingsmiddelen per vierkante meter geveloppervlak.

6.9 Geprofileerde plaat voor woningbouw

Stalen gevelbekleding wordt grootschalig toegepast in hallenbouw en andere utiliteitsbouw, maar vraagt voor woningbouw een subtielere detaillering. Voor de SBR-Referentiedetails is een set woningbouwdetails (afb. 6.3) ontwikkeld. De achttien details bestaan uit vijftien 2D-details en drie isometrische projecties. Deze laatste dienen ervoor om de hoekaansluitingen bij het raamkozijn en de aansluiting van het balkon te verduidelijken.

Gevelsysteem

Het gevelsysteem bestaat uit een geprofileerde staalplaat met horizontale profilering die via stijl- en regelwerk op de ondersteuningsconstructie is bevestigd. In de kopgevel is dat de gietbouw draagconstructie en in de langgevel een houten binnenspouwblad. Bij gevelbekleding met een verticale profilering is het stijl- en regelwerk eenvoudiger uit te voeren. De hoeken van het gebouw worden afgewerkt met zetwerk. Detailleer de aansluitingen van de (aluminium) kozijnen, houten

stelkozijnen, waterwerende laag en draagconstructie nauwkeurig om inwendige condensatie en lekkages te voorkomen.

Geluid- en brandwerendheid

De details voldoen aan de eisen van het Bouwbesluit. Scheidingswanden en -vloeren binnen de woning voldoen aan eisen voor luchtgeluid ($I_{lu,k}$) en contactgeluid (I_{co}) van ≥ -20 dB(A) en hebben een brandwerendheid van 30 minuten. Woningsscheidende details voldoen aan $I_{lu,k} \geq 0$ dB en $I_{co} \geq +5$ dB en hebben een brandwerendheid van minstens 60 minuten.

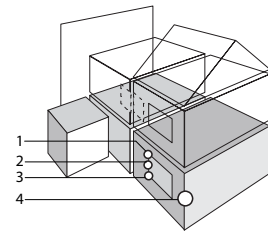
Bouwfysica

De isolatielijn (thermische schil) ligt in de isolatie die is opgenomen in het houten binnenspouwblad of is bevestigd tegen de massieve betonwand. De isolatiewaarde van de gevel wordt bepaald door de detaillering, de kwaliteit en dikte van de isolatie (R-waarde) en de warmtedoorgangscoefficiënt (U) van de beglazing.

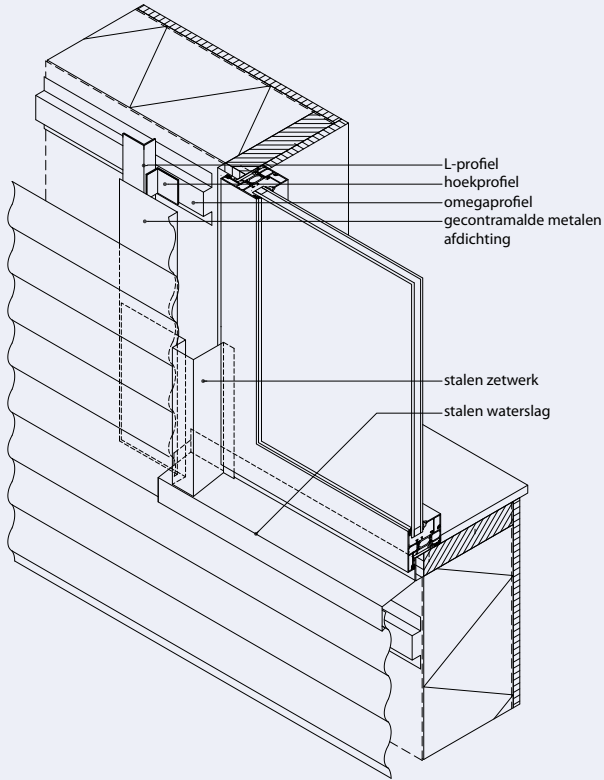
Aansluiting op de woningscheiding

De aansluitingen van de verdiepingvloer met de gevel zijn geschikt te maken voor de hogere eisen voor woningscheidende details. Bij het houtskeletbouw binnenspouwblad zal daartoe in ieder geval de stalen gevelbekleding en de achterconstructie gedilateerd moeten worden. Bij een steenachtig binnenblad is het meestal voldoende om de massa van deze wand en de vloer te verhogen.

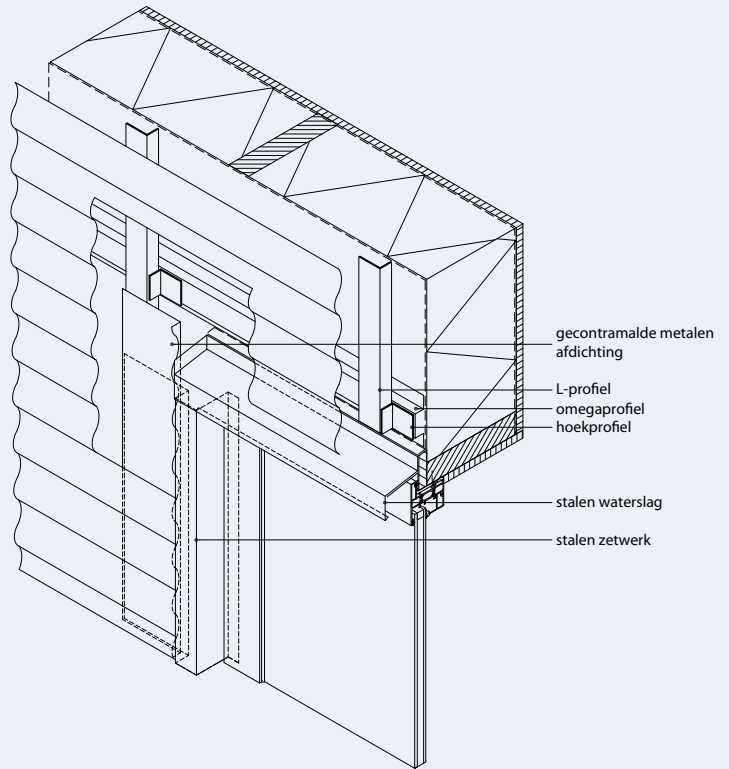




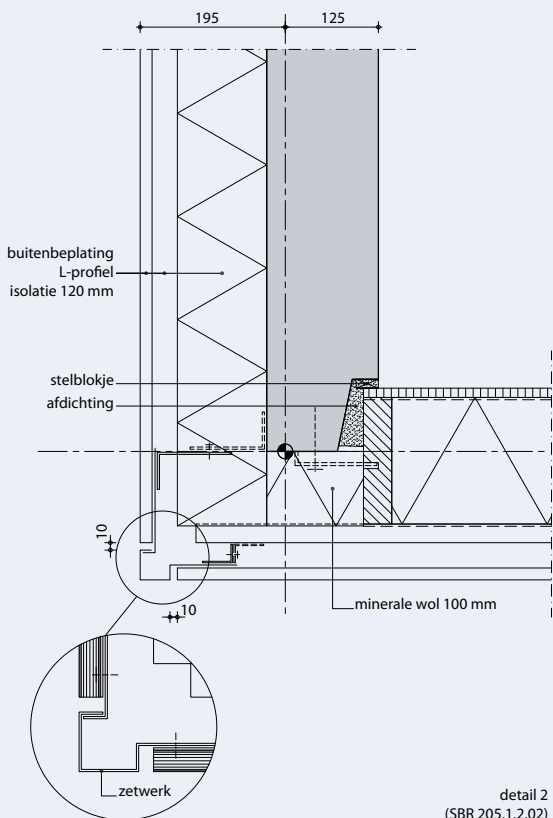
6.3a Woningbouwdetails gebaseerd op de SBR-Referentiedetails.



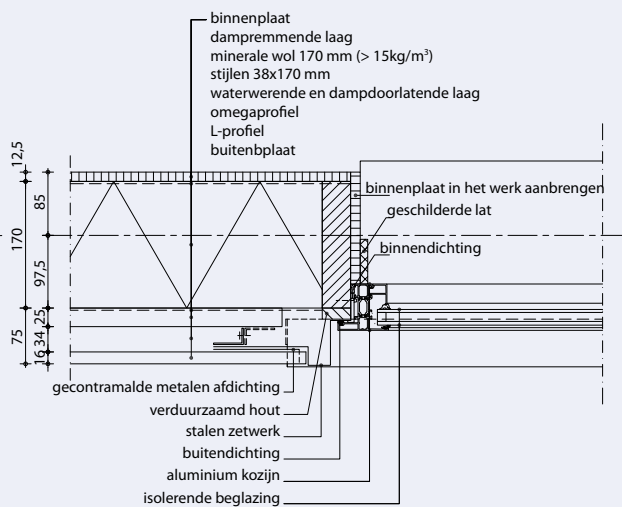
detail 3
(SBR 221.0.2.01)



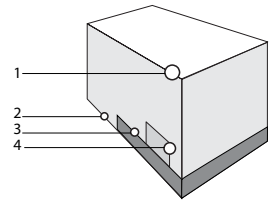
detail 1
(SBR 220.0.2.01)



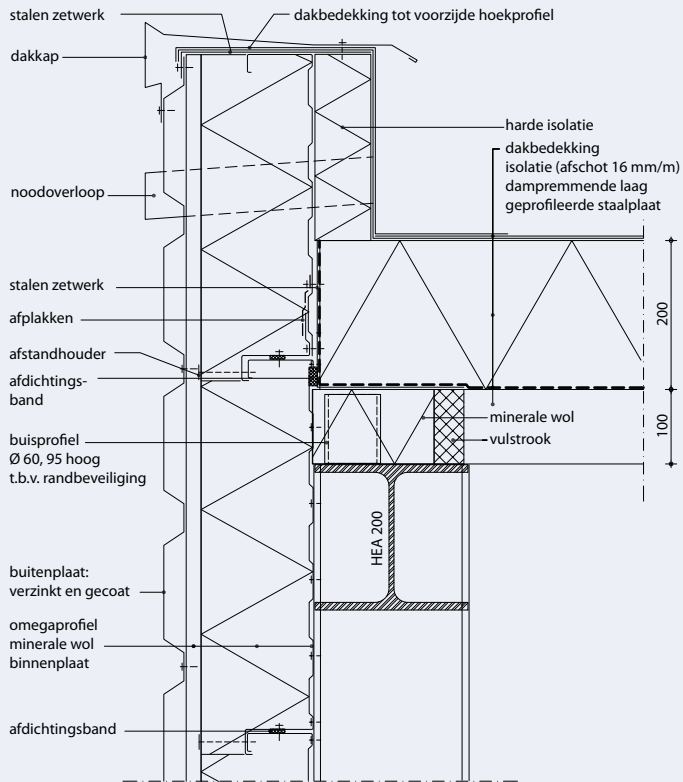
detail 2
(SBR 205.1.2.02)



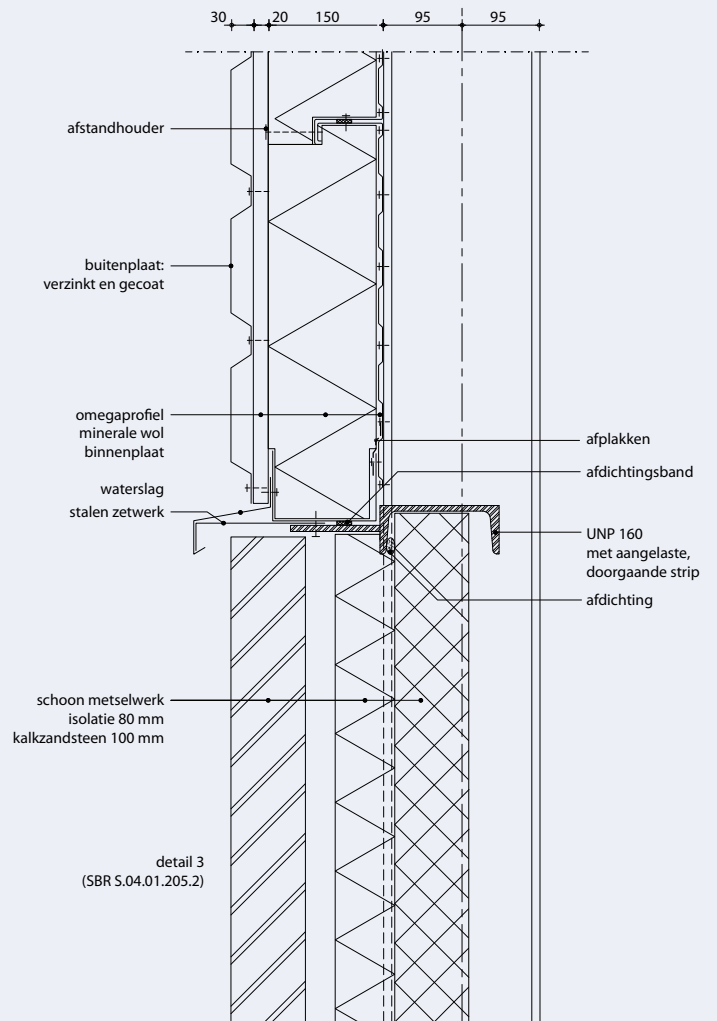
detail 4
(SBR 202.0.2.02)
schaal 1:10



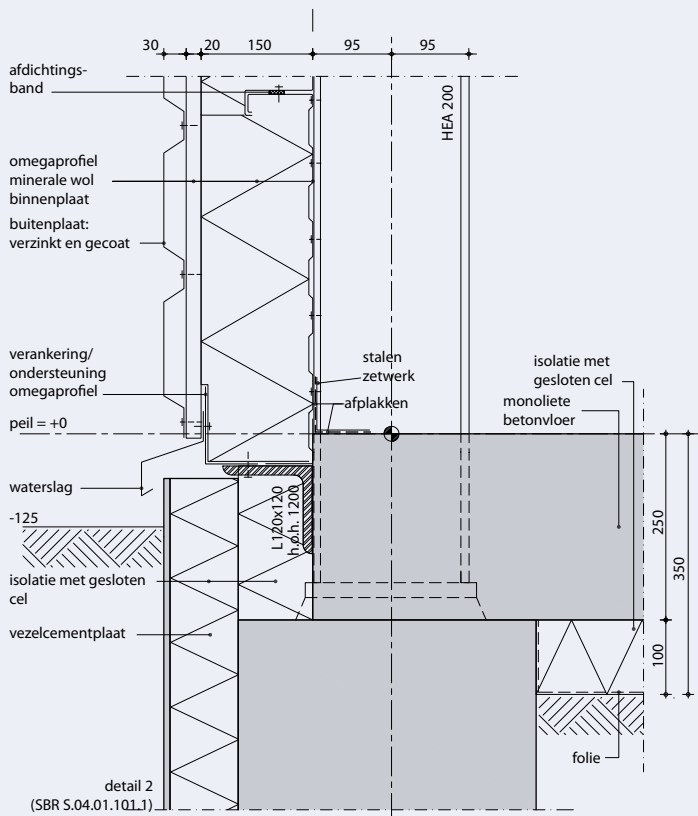
6.3b Hallenbouwdetails gebaseerd op de SBR-Referentiedetails.



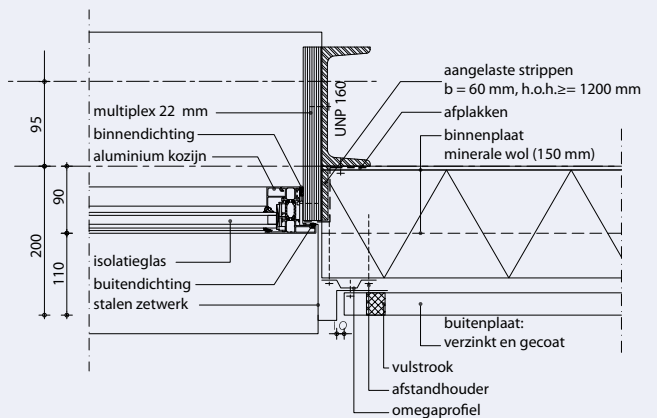
detail 1
(SBR S.04.01.401.1)



detail 3
(SBR S.04.01.205.2)



detail 2
(SBR S.04.01.101.1)



detail 4
(SBR S.04.01.207.1)
schaal 1:10

7. UITVOERING



Geprofileerde staalplaten worden aangeleverd in pakketten (afb. 7.1). Aangezien deze pakketten relatief zwaar zijn in verhouding tot hun stijfheid, moeten deze met zorg worden behandeld. Het advies is om bij elk project te streven naar plaatlengtes die zoveel mogelijk gelijk zijn. Voor transport en opslag is het van belang deze pakketten met zorg te behandelen, zodat geen beschadigingen van hoeken en randen kunnen optreden; ook verschuiving van de platen onderling moet worden voorkomen. Bij opslag van meer pakketten worden de verpakingskransen op elkaar geplaatst. De ondergrond dient vlak te zijn en er dienen voldoende houten ondersteuningsbalken aanwezig te zijn zodat de onderste platen van het pakket niet kunnen beschadigen. De opslagruimte moet droog zijn en goed geventileerd. Bij transport en opslag is (langdurige) vochtbelasting uit den boze en moet erop worden gelet dat in de pakketten met ongecoate verzinkte platen geen witte roest kan ontstaan door afdekking met bijvoorbeeld een zeil (zie afb. 7.2).



7.1 Bewerkingen op de bouwplaats

Knippen

Vermijd zoveel mogelijk knip- en zaagwerk op de bouwplaats. Wanneer evengoed in het werk platen moeten worden ingekort of sparingen moeten worden aangebracht, is daarvoor speciaal gereedschap nodig, waaronder de zogeheten knabbelschaar. Slijpschijf of zaag wordt sterk afgeraden. Het zink verbrandt, waardoor de kathodische bescherming verdwijnt en er worden hete staalstofdeeltjes geproduceerd, die zich kunnen vasthechten op de geprofileerde staalplaten en vervolgens corroderen. Daarbij ontstaat een grove snijkant die gevoelig is voor corrosie.

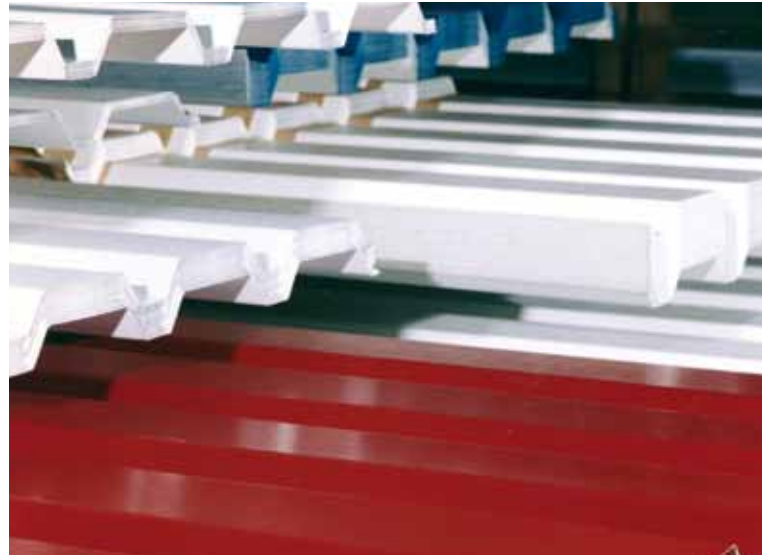
Boren

Bij het boren moet worden voorkomen, bijvoorbeeld door rubberen afstandhouders, dat de boorkop het plaatoppervlak raakt met schade aan bijvoorbeeld de coating (afb. 7.4). Verder moet bij het boren erop worden gelet dat de juiste boor wordt ingezet voor de betreffende combinatie van staaldikte en diameter van het bevestigingsmiddel. Het boorsel van de schroeven moet tijdens montage direct worden verwijderd ter voorkoming van inroesten. Het werken met een slipkoppeling geniet de voorkeur.

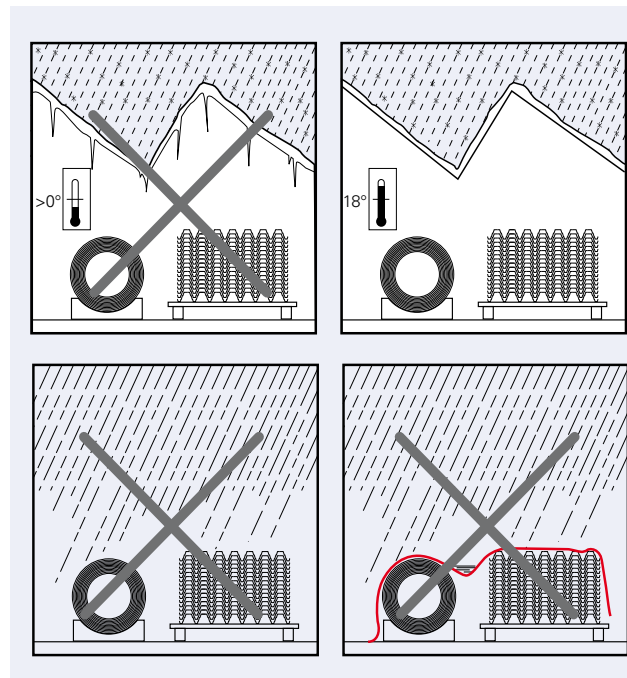
Montage

Bij de montage zijn de volgende aspecten van belang (zie ook de Kwaliteitsrichtlijnen in hoofdstuk 10 Literatuurlijst, paragraaf 10.4):

- een controle voor aanvang van de montage of de geprofileerde staalplaat voldoet aan de eisen, zoals weergegeven in het bestek, en niet is beschadigd;
- de platen moeten uit het pakket worden getild vanuit de langszijde (afb. 7.5);
- bij hellende gevels is het aan te bevelen de montage-richting tegengesteld te nemen aan de overheersende windrichting;
- met de montage van de platen mag pas worden begonnen, nadat de onderconstructie op de juiste maatvoering is afgesteld. Voor de dakplaten is hierbij vooral van belang dat de constructie, waarop wordt gemonteerd, vlak is (voor acceptabele hoogteverschillen zie afbeelding 7.6);
- wanneer nadere aanwijzingen ontbreken, moeten de plaatpakketten bij de montage zodanig worden geplaatst dat:
 - de reeds aangebrachte platen niet zwaarder worden belast dan waarop is gerekend in de berekening;
 - de ondersteuningsconstructie niet zwaarder wordt belast dan waarop het is berekend;
- in overleg met de leverancier moeten de montagebelastingen worden bepaald;
- bij voorkeur belasting op kolommen of zwaardere balken plaatsvindt;
- de uitgelegde dakplaten moeten zo snel mogelijk worden bevestigd om te voorkomen dat ze verschuiven of verplaatsen door bijvoorbeeld windvlagen. Voorkomen moet worden dat platen uit de geopende pakketten kunnen opwaaien (vastbinden bij beëindiging werkdag);



7.1 Pakketten geprofileerde staalplaten.



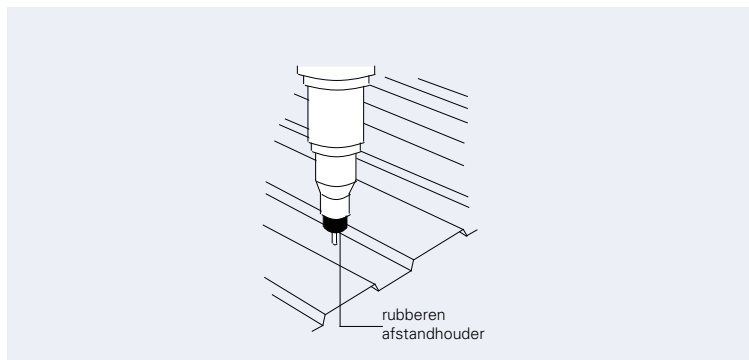
7.2 Voorzorgsmaatregelen voor het voorkomen van witte roest.



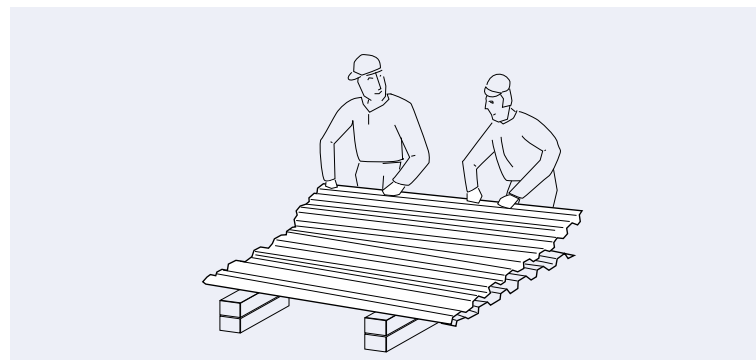
7.3 Inkorten op de bouwplaats met een knabbelschaar.



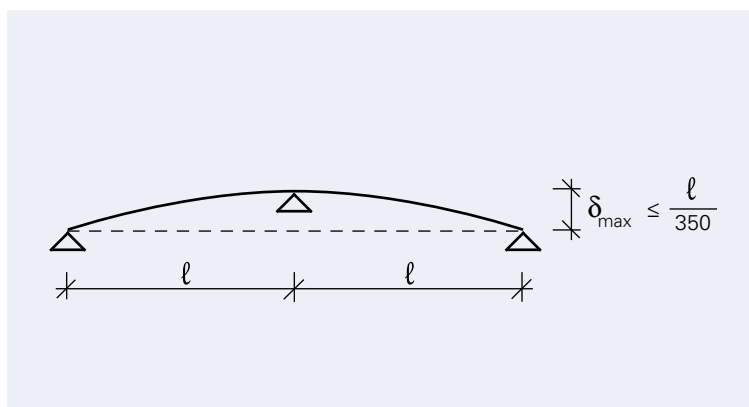
Uitbreiding Brabanthallen, Den Bosch (foto: Fas Keuzenkamp).



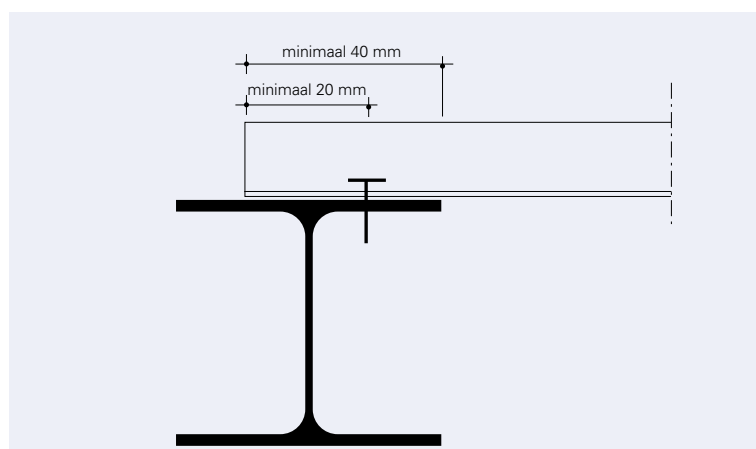
7.4 Een rubberen afstandhouder voorkomt schade aan de plaat bij het boren/schroeven.



7.5 Het uitillen van de platen moet gebeuren aan de langszijde.



7.6 Maximale tolerantie bij een oplegging op meerdere steunpunten.



7.7 Minimale eindopleggingen.

- de dakplaten moeten in elke dal op de onderliggende constructie worden bevestigd;
- de zijdelingse verbinding tussen de dakplaten onderling en op de randondersteuning moet maximaal h.o.h. 500 mm worden uitgevoerd;
- binnendozen moeten met minimaal drie bevestigingsmiddelen op de onderliggende constructie worden bevestigd. Wandplaten dienen minimaal in elke tweede dal op de onderliggende constructie te worden bevestigd; bij gebouwhoeken en -randen moeten de platen in elke dal worden bevestigd conform NEN-EN 1991-1-2. De zijdelingse verbinding tussen trapeziumvormig geprofileerde wandplaten onderling (langsnaden) mag maximaal h.o.h. 500 mm zijn;
- eindopleggingen voor dak- en wandplaten moeten minimaal 40 mm zijn. Het bevestigingsmiddel in de eindoplegging moet minimaal 20 mm vanaf het plaaieinde worden aangebracht (afb. 7.7);
- voor een goede afwatering van het dak is het belangrijk dat het afschot en de plaats van de hemelwaterafvoeren met zorg worden bepaald en dat daarbij de ontwerp-

tekeningen nauwkeurig worden gevolgd;

- bij de montage van daken kan het, afhankelijk van het te monteren dakplaatprofiel en/of de gekozen materiaaldikte, gewenst zijn dat de platen niet direct worden belopen, maar gebruik wordt gemaakt van tijdelijke houten delen. Dit om beschadigingen te voorkomen;
- inspecteer na montage de gevel op kleurverschillen op een afstand van 50 m, bij metallics op 50-100 m haaks, en onder 45°;
- bij overlopaansluitingen moet bij de aan de buitenlucht blootgestelde kniprand de opstand (die bij het knippen ontstaat) naar beneden zijn gericht om vuilophoping te voorkomen.

Opleveringswerkzaamheden

Het verdient aanbeveling voor bepaalde opleveringswerkzaamheden bij overeenkomst te regelen, wie deze zal uitvoeren. Dit betreft onder meer het direct na montage verwijderen van folie, boorsel, trekpenen van blindklinknagels en eventueel vuil. Niet vergeten: het verwijderen en afvoeren van beschermingsfolie, stickers met merknaam en meer.

8. ONDERHOUD



8.1 Een overstek beperkt de regenbelasting op de gevel, waardoor de gevel kwetsbaar wordt voor vuilaantasting. Met name de onderzijde van overstekken en luifels zijn hier gevoelig voor (géén natuurlijke bewassing) (foto: Fas Keuzenkamp).

Onderhoud van gecoilcoate staalplaat is van belang om de levensduur te verlengen en om de esthetische kwaliteit op peil te houden. Allereerst worden hier een aantal onderhoudsaspeten kort beschreven. Tot slot volgen aanbevelingen voor regulier onderhoud.

8.1 Onderhoudsaspeten

Een aantal uiteenlopende factoren heeft invloed op de vervuiling en op de achteruitgang van de kwaliteit van gecoilcoate staalplaat. De belangrijkste factoren zijn onderverdeeld naar ontwerpfase, uitvoeringsfase en gebruiksfase van een gebouw:

8.1.1 Ontwerpfase

- **Keuze van het verfsysteem.** Kies de goede coating bij de juiste toepassing, vraag deskundig, projectspecifiek advies.
- **Afwatering.** Water moet snel kunnen aflopen. De tijd waarin de staalplaat nat is en belast wordt door (agressieve) stoffen is een belangrijke factor. Hoe langer de plaat nat blijft, hoe groter de kans op vervuiling en corrosie. Dakhellingen mogen niet kleiner zijn groter of gelijk aan 10°. Voor sommige producten zijn hellingen vanaf 1° mogelijk volgens de producent; pas bij voorkeur hellingen groter dan 5° toe.



8.2 Een grindbed voorkomt het opsplatten van regenwater en vuil tegen de gevel.



8.3 Vervuiling door opsplattend (hemel)water kan ook worden ondervangen door plaatselijk andere materialen te gebruiken.



8.4 Reinigingen is arbeidsintensief. Plan daarom tijdig regulier onderhoud, waardoor eenvoudige reinigingsmiddelen voldoende zijn. Met een gedegen onderhoudsprogramma wordt zo op de onderhoudskosten bespaard. Bovendien blijven de esthetische en technische eigenschappen van de gecoilcoate staalplaat langer behouden. Door regulier onderhoud komen groot onderhoud of renovatie pas veel later aan de beurt.

- **Detailering.** Zie hiervoor *hoofdstuk 6, Detailering*.
- **Keuze van bevestigingsmiddelen.** Kies de juiste bevestiging van het juiste materiaal.
- **Luifelconstructies en overstekken** zijn aan de onderzijde zeer gevoelig voor vervuiling, omdat deze delen niet schoon kunnen regenen (*afb. 8.1*). Kies een duurzame coating en zorg voor regelmatig onderhoud.
- **Opsplatten van water tegen de gevel** kan extra vervuiling veroorzaken. Zorg daar voor extra onderhoud, voorkom het opsplatten van hemelwater (*afb. 8.2*), of gebruik daar materialen die minder gevoelig zijn voor vuil (*afb. 8.3*).

8.1.2 Uitvoeringsfase

Opslag tijdens de bouw. Door (te) ruwe of onjuiste behandeling kan schade ontstaan, bijvoorbeeld krassen, deuken, pitten (kleine, puntvormige beschadigingen) of zelfs corrosie. Voorbeelden van onjuiste behandelingen zijn:

- opslag op onverhard terrein;
- verkeerd tillen, waarbij de platen vaak niet verticaal worden getild, maar over elkaar worden weggetrokken waardoor de rand van de plaat krast op de onderliggende plaat;
- lopen over gecoilcoate staalplaat;
- foutieve opslag zonder zeil óf onder een zeil zonder dat water kan uitdampen of aflopen;

- onoordeelkundige verwijdering van vuil.

Montage. Verkeerde of onzorgvuldige montage leidt al snel tot onnodige beschadigingen.

Boorslijpsel. Niet verwijderd boorslijpsel corrodeert en 'vreet' zich in de coating.

Bewerkingen. Slecht uitgevoerde bewerkingen of nabewerkingen, met name voor passtukken of sparingen, leidt tot vroegtijdige corrosie.

8.1.3 Gebruiksfase

- **Reinigen.** Verkeerde reiniging of verkeerde reinigingsproducten kunnen de coating aantasten.
- **Locatie.** Afhankelijk van de (geografische) ligging van het gebouw kan de lucht in meer of mindere mate schadelijke stoffen bevatten die de coating extra belasten. In een gebied met een vervuilende industrie of aan de kust (maritiem gebied) is extra aandacht geboden (*afb. 8.4*).

De gebieden in Nederland zijn onderverdeeld naar zogeheten corrosieklassen, waarvoor aanbevelingen gelden voor de keuze voor het onderhoudsprogramma. Een veelgebruikte indeling naar corrosieklassen is: landelijk, stedelijk, industrieel, maritiem en industrieel/maritiem. Tegenwoordig wordt ook gebruikt gemaakt van de indeling volgens NEN-EN-ISO 12944-2 en NVN-ENV 10169-2, zie *tabel 8.1*. Elk gebied vraagt in verschillende mate om aandacht voor onderhoud en inspectie, zie *tabel 8.2*.

Het lokale milieu (micromilieu) kan in negatieve zin afwijken van het macromilieu. Dat is het geval wanneer de concentraties schadelijke stoffen hoger zijn dan op grond van de corrosieklassen mag worden verwacht.

8.2 Regulier onderhoud

Regulier onderhoud is essentieel: door de staalplaat regelmatig te reinigen (wassen) blijven zowel de esthetische (glans en kleur) als de technische eigenschappen langer behouden.

Vaak wordt pas over reinigen nagedacht wanneer de eerste aftekeningen van vervuiling ontstaan. Dat is meestal te laat en leidt tot hoge kosten voor onderhoud en reiniging.

Begin op tijd

Gevels en daken vervuilen. Onder weersinvloeden komen stof, zand en zelfs agressieve stoffen op de coating terecht.

Na verloop van tijd ontstaat hierdoor vuilaanhechting. Wanneer het (planmatige) onderhoud van gevels en daken op tijd wordt gestart, zijn eenvoudige en neutrale reinigingsmiddelen voldoende. Is het eerste onderhoud (te) lang uitgesteld, dan zijn vaak zwaardere reinigingsmiddelen nodig. Deze middelen vragen extra aandacht bij het reinigen en verhogen de kans

op aantasting van de coating. De gevolgen zijn navenant: esthetische en technische achteruitgang van de coating en van de staalplaat.

Steeds vaker eist de overheid dat chemisch reinigingswater wordt opgevangen en gezuiverd (met mobiele waterzuiveringsinstallaties). Ook deze eis werkt kostenverhogend. Begin daarom op tijd met onderhoud. De meeste garantievoorwaarden geven aan dat met onderhoud direct na de oplevering moet worden begonnen.

Breng de coating niet om zeep

Voor het schoonmaken zijn verschillende reinigingsmiddelen op de markt. Niet elk middel is geschikt in elke situatie. Een zorgvuldige afweging is belangrijk (*zie ook tabel 8.3*). Hoe vaak en wanneer u de beplating moet (laten) reinigen, hangt af van de mate van beregning (natuurlijk bewassing) en de locatie van uw gebouw. *Tabel 8.2* geeft een richtlijn. Een onderhoudspecialist kan advies geven in beide kwesties.

8.3 Detailleren

Regenwater dat op daken en gevels valt spoelt het oppervlak schoon. We noemen dat natuurlijke bewassing. Op plaatsen waar geen of nauwelijks natuurlijke bewassing plaatsvindt, bestaat een grote kans dat zich daar vuil gaat ophopen. Dit vuil 'vreet' zich vervolgens in de coating met corrosieschade als mogelijk gevolg. Ook kan zich daardoor een onregelmatige vervuiling op de oppervlakte aftekenen. Bij het regulier onderhoud moeten vooral deze risicovolle plaatsen regelmatig worden geïnspecteerd.

Openingen, aansluitingen en overgangen in gevels en daken moeten worden gedetailleerd op een goede afwatering en (zoveel mogelijk) natuurlijke bewassing, maar ook op bereikbaarheid voor inspectie en onderhoud (*afb. 8.5*).

8.4 Reinigen

Er bestaan verschillende mogelijkheden om gecoilcoate staalplaat te reinigen. De keuze hangt onder meer af van de mate van vervuiling, het totale oppervlak van de gevel en van de snelheid waarmee de reiniging moet plaatsvinden. *Tabel 8.3* geeft een overzicht van de meest gangbare reinigingsmethoden.

8.5 Reparatie

Er zijn verschillende manieren om (aanrijd)schade te voorkomen, zoals afrasteringen en hoge stoepranden (*afb. 8.9*). Soms is het onvermijdelijk dat een gevel- en dakelement moet worden gerepareerd. Er bestaan verschillende behandelingsmethoden en coatingtypen voor (lokale) reparaties en het overspuiten van

Tabel 8.1 Corrosieklassen (volgens NEN-EN-ISO 12944-2 en NVN-ENV 10169-2).

corrosieklasse	agressiviteit	omschrijving
C1	erg laag	binnentoepassing
C2	laag	buitentoepassing <ul style="list-style-type: none"> • meestal landelijke omgevingen • atmosfeer met lage verontreiniging
C3	gemiddeld	buitentoepassing <ul style="list-style-type: none"> • stedelijk en industrieel klimaat, lage zwaveldioxide belasting • kustgebieden met lage zoutbelasting
C4	hoog	buitentoepassing <ul style="list-style-type: none"> • industriële gebieden • kuststreken met een gemiddelde SO₂-belasting
C5-I	erg hoog (industrieel)	buitentoepassing <ul style="list-style-type: none"> • industriële gebieden met hoge vochtigheid en agressief milieu
C5-M	erg hoog (maritiem)	buitentoepassing <ul style="list-style-type: none"> • kust- en offshoregebieden met hoge zoutbelasting

Tabel 8.2 Hoe vaak en wanneer moet u gecoilcoate staalplaat reinigen?

corrosieklasse	locatie (indicatief)	goede beregening	slechte beregening en/of agressieve invloeden	reinigingsperiode
C2	> 20 km landinwaarts	1x per jaar	1-2x 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 en C5-M	< 3 km landinwaarts	3x per jaar	3x per jaar	maart, juni en oktober

het gehele oppervlak. De keuze hangt vanzelfsprekend af van het beoogde esthetische effect en het beschikbare budget. *Tabel 8.4* geeft hiervoor een richtlijn. Een gespecialiseerd coatingbedrijf kan projectgericht advies geven.

Reinigen, ontvetten en opruwen

Voordat een nieuwe coating wordt aangebracht, moet het oppervlak worden gereinigd, ontvet (eventueel met lakaansprekende ontvetters) en opgeruwd. Eventuele losse verfdelen en gecorrodeerd materiaal moet eerst worden verwijderd. Vervolgens kan één van de coatingtypen uit *tabel 8.4* worden toegepast.

Kwasten of spuiten

Bij hele kleine schaden bestaat de keuze uit een reparatie door kwastapplicatie óf door spuitapplicatie. Grotere schaden worden uitsluitend nog overgespoten. Een kwast-

rolapplicatie tekent zich meer af dan een spuitapplicatie, die een gelijkmatiger oppervlakte geeft. De behandeling van een spuitapplicatie is ook sneller en voordeliger, vooral bij grote oppervlakken. Daarbij is de kwaliteit bij spuitapplicatie duurzaam en beter controleerbaar (*afb. 8.10*).

Lokaal of totaal

Ernstig tot zeer ernstig beschadigde oppervlakken worden over het algemeen totaal overgespoten (*zie tabel 8.4, spuitapplicatie 2*). Lichte en matige beschadigingen kunnen goed lokaal worden gerepareerd (*afb. 8.11*). Dit kan zowel met de kwast als met de spuit, zonder dat de technische prestatie van het totale dak of de gevel afneemt. Lokale reparaties blijven echter altijd zichtbaar. U kunt daarom – om esthetische redenen – bij een kleine lokale schade ervoor kiezen een groter deel of de gehele gevel of dak over te spuiten.

Tabel 8.3 Reinigingsmethoden, onafhankelijk van het type coilcoating.

type	methode	reinigingsmiddel	werkwijze
lichte vervuiling en regulier onderhoud	<ul style="list-style-type: none"> tuinslang met autowasborstel gedeminaliseerd water met glasfiber-en/of carbontelescoopstokken 	neutraal	<ul style="list-style-type: none"> reinigen met warm of koud water onder lage druk met een tuinslang en autowasborstel reinigen met gedeminaliseerd water¹⁾ via glasfiber-en/of carbontelescoopstokken (tot 13 m)
lichte tot matige vervuiling en regulier onderhoud	hogedruk	neutraal	<ul style="list-style-type: none"> reinigen met warm water onder gepaste hoge druk
matige tot sterke vervuiling	hogedruk met reinigingsmiddel	licht alkalisch ²⁾	<ul style="list-style-type: none"> reinigingsmiddel aanbrenge met vernevelingsinstallatie een kokosborstel of met een lage druk vernevelingsinstallatie laten intrekken vervolgens reinigen met warm water onder gepaste hoge druk
sterk tot zeer sterke vervuiling	hogedruk met reinigingsmiddel borstels	licht tot zwaar alkalisch	<ul style="list-style-type: none"> reinigingsmiddel aanbrenge met een kokosborstel of met een lage druk vernevelingsinstallatie laten intrekken oppervlakte behandelen met borstels of met zogeheten 'scotch brite' sponzen (krasvrij) vervolgens reinigen met warm water onder gepaste hoge druk

- 1) Gedeminaliseerd water, ook bekend als omgekeerd omose-water, is leidingwater dat met specifieke technieken is ontdaan van alle mineralen, bacteriën en metalen. Hierdoor ontstaat water in zijn zuiverste vorm wat een sterk reinigende werking heeft zonder toepassing van reinigingsmiddelen. Tevens bestaat de mogelijkheid het water te leiden door een na-polishing filter waardoor de gereinigde oppervlakken meer glans krijgen.
- 2) Effectieve werking hangt mede af van de oplossingsverhouding met water.



8.5 Een goede afdichting en afwatering is essentieel bij overgangen en openingen.



8.6 Het reinigingsmiddel wordt in principe van onder naar boven op een gevel aangebracht. De gevel wordt vervolgens van boven naar beneden afgespoeld.

Tabel 8.4 Behandelingen voor (lokale) reparaties en overspuiten (onafhankelijk van het type coilcoating).

applicatie	toepassing	werkwijze	
kwast	lichte tot matige (lokale) schade	dak en gevel	<ul style="list-style-type: none"> • eventuele zinkzouten verwijderen (bij diepe krassen) • eventueel bijwerken met corrosiewerende primer • schade bijwerken met een ééncomponent polyurethaanlak
spuit 1	lichte tot matige schade (lokaal en totaal)	gevel	<ul style="list-style-type: none"> • kale delen bijwerken met actief roestwerende tweecomponenten epoxyprimer (60 µm droge laagdikte) • vervolgens (geheel of lokaal) een hoogwaardige aan de ondergrond aangepaste tweecomponenten polyurethaancoating aanbrengen (70 µm droge laagdikte)
		dak	<ul style="list-style-type: none"> • kale delen bijwerken met actief roestwerende tweecomponenten epoxyprimer (60 µm droge laagdikte) • vervolgens (geheel of lokaal) een anti-corrosieverf op basis van in water gedispergeerde hoogpolymeer aanbrengen (350 µm droge laagdikte)
spuit 2	ernstige tot zeer ernstige schade	gevel	<ul style="list-style-type: none"> • gevel geheel voorbehandelen met actief roestwerende tweecomponenten epoxyprimer door spuitapplicatie (60 µm droge laagdikte) • een hoogwaardige aan de ondergrond aangepaste tweecomponenten polyurethaancoating aanbrengen (70 µm droge laagdikte)
		dak	<ul style="list-style-type: none"> • over het hele dak een high build, in aluminium gepigmenteerde bitumencoating aanbrengen (500 µm droge laagdikte)

Wenken

- Het reinigingsmiddel wordt in principe van onder naar boven op een gevel aangebracht. De gevel wordt vervolgens van boven naar beneden afgespoeld (zie *afb. 8.6* en *8.7*).
- Gebruik bij hogedrukreinigers geen té hoge druk (bij de nozzle), met name bij plastisol. Over het algemeen is 50-60·10⁵ Pa (50-60 bar) voldoende (*afb. 8.8*).
- Gebruik niet te warm water: 60 °C is voldoende.
- Let op krassen bij het reinigen. Gebruik schone sponzen en zachte borstels; contact met zand moet worden vermeden.



8.7 Met speciale borstelmachines zijn gevels en bepaalde daken snel en goed te reinigen, ook zeer vervuilde oppervlakken. Een mobiele 'wasstraat' kan tot 10 m worden gelift vanaf het maaiveld of aan een mobiele dakbalk worden gehangen. Het bereik komt hiermee op meer dan 100 m hoogte in één doorgaande bewerking.



8.8 Bij hogedrukreinigers hangt het resultaat onder meer af van de gebruikte nozzle (spuitmond). De meest bekende zijn de vlaknozzle en roterende nozzle (of vuilfrees). In de meeste gevallen kan worden volstaan met een vlaknozzle.

8.6 Speciaal onderhoud

Na verloop van tijd kunnen op een gevel- of dakbekleding verschillende soorten aantastingen of schaden ontstaan (afb. 8.11). De ernst van deze schade bepaalt de te volgen behandeling van het oppervlak. In tabel 8.5 zijn de geadviseerde acties bij de meest voorkomende aantastingen en schaden opgesteld.

Deuken en perforaties

Deuken kunnen – evenals bij auto's – worden uitgedeukt, geplamuurd, geschuurd, gepolijst en vervolgens nabehandeld met een spuit. Een gespecialiseerd coatingbedrijf kan hierover advies geven net als de reparatie van een perforatie (afb. 8.12).

Corrosie

Bij corrosie wordt onderscheidt gemaakt in 'witte roest' en 'rode roest'. Witte roest bij verzinkt materiaal, is vrijwel onschadelijk, maar moet wel worden verwijderd. Bij rode roest is de kathodische bescherming van de zinklaag verdwenen, waardoor ook de

organische coating kan worden aangetast (afb. 8.13). De beplating moet dan, afhankelijk van de omvang van de schade, geheel of gedeeltelijk worden vervangen en/of overgespoten.

Kleurverschil

Bij lokale reparaties kan de aanwezige kleur redelijk worden benaderd. Let er overigens op dat de oorspronkelijk kleur na verloop van tijd enigszins gaat afwijken, onder meer onder invloed van uv-straling. Een gering kleurverschil bij reparatie is dus niet te vermijden. Hiermee moet rekening worden gehouden in de keuze van de aanpak. Het kan leiden tot de overweging om bij een lokale reparatie de gehele gevel (of het geveldeel) opnieuw te coaten.

Vervangen of overspuiten?

Ook al is het reinigen en het uitvoeren van (kleine) reparaties consciëntieus uitgevoerd, na verloop van tijd is de coating aan het einde van haar levensduur. De kleur is bijvoorbeeld niet meer representatief of er kan sprake zijn van ernstige of onherstelbare

Tabel 8.5 Meest voorkomende aantastingen en schaden met bijbehorende acties.

	aantasting	ernst	actie
reinigen	• verkrijting	licht	• reinigen, methode afhankelijk van vervuilingsgraad ¹⁾
lichte vervuiling	(kleur- en glansverlies)		
	• mos- en algenaangroei	licht tot matig	• reinigen, methode 2 of 3
	• lijmresten van beschermfolie	licht tot matig	• reinigen, methode 3 of 4
repareren en overspuiten	• graffiti	geen	• eventueel spuitapplicatie 1
	• kleine (oppervlakte)krasjes	geen	• geen ²⁾
	• diepe en brede krassen	matig tot ernstig	• kwastapplicatie of • spuitapplicatie ¹⁾
	• blaarvorming	matig tot ernstig	• kwastapplicatie of • spuitapplicatie 1 of 2 (afhankelijk van schade)
	• onthechting op knipranden		
	• randcorrosie (edge peel)		
	• corrosie rondom verbindingmiddelen		
	• delaminatie	zeer ernstig	• vervangen of • spuitapplicatie 2
	• ernstige onthechting		
	• ernstige roestvorming		

1) Voor reinigingsmethoden zie tabel 8.3. De methoden zijn voor alle typen coilcoatings gelijk.

2) Ondiepe krassen met een onbeschadigde primer- en zinklaag kunnen worden weggepoetst met een autolakcleaner, eventueel nabehandelen met wax.

3) Voor behandeling, zie tabel 8.4. De behandelingen zijn voor alle typen coilcoatings gelijk.

schade (zoals grote diepe deuken en vergevorderde oppervlaktecorrosie). Bij de keuze om de platen (deels) te vervangen of het dak of de gevel door een gespecialiseerd coatingbedrijf te laten overspuiten spelen de bijbehorende kosten een grote rol. Bij het vervangen van de gevel of het dak moet rekening worden gehouden met mogelijke operationele stilstand en dus een aanvullende kostenpost. Daarentegen hangt de duur van de renovatie bij overspuiten meer van het weer af én

kunnen verschillende milieumaatregelen of omgevingsfactoren kostenverhogend werken. Het loont om de toeleverancier van de coating of van de gecoilcoate staalplaten te vragen naar de garantie op het materiaal. Op uitsluitend een nieuwe coatinglaag wordt meestal vijf jaar garantie gegeven, op bepaalde gecoilcoate staalplaten zijn garanties tot dertig zelfs veertig jaar mogelijk.



8.9 Afrasteringen en stoepanden beschermen de gevel tegen aanrijdschade.



8.10 Bij kleine schaden bestaat de keuze uit een reparatie door kwast- of spuitapplicatie. Grotere schaden worden overgespoten.



8.11 Blaasvorming rondom een bevestigingsmiddel. Gevels en daken moeten tijdens regulier onderhoud worden gecontroleerd op aantastingen en schaden. Gevoelige plekken verdienen extra aandacht. Het verhelpen of repareren van zwakke plekken is in een vroeg stadium geen kostbare zaak. Ook de eventuele eerste aanzetten van corrosie zijn dan tegen lage kosten te verhelpen.



8.12 Beschadigingen en zelfs gaten zijn goed te behandelen en plaatselijk over te spuiten zonder noemenswaardig kleurverschil.



8.13 'Edge peel' met de eerste aanzetten van zogeheten 'rode roest'.

9. MILIEU

9.1 Milieu en leefbaarheid zijn topics (foto: Eva Krebbers).



Duurzaamheid, een economischer energiehuishouding en verminderde CO₂-uitstoot, drie belangrijke onderwerpen van deze eeuw. Het materiaal staal kan een goede bijdrage leveren aan een duurzame leefomgeving, op product- én gebouwniveau.

9.1 Productniveau (C2C)

Staal is 100% recyclebaar (afb. 9.1), bovendien zijn veel staalproducten na gebruik herbruikbaar. Van al het staal in dak- en gevelbekleding wordt 70% gerecycled, 29% hergebruikt en 1% is afval. En daarmee ondersteunt staal 'van nature' het Cradle-to-Cradle-gedachtegoed (C2C) van de Duitse chemicus Michael Braungart en de Amerikaanse architect William McDonough. Zij pleiten voor toepassing van producten die na hun 'diens' volledig opnieuw als voedsel het productieproces in gaan, met onderscheid naar biologisch terugkeerbare (afb. 9.2) of juist technisch recyclebare materialen, met behoud of – bij voorkeur – met verhoging van de kwaliteit. In feite het proces waarin staal al jaren omgaat: schroot S235 kan worden omgesmolten tot een hoogwaardiger staalsoort S355 of zelfs S460 (afb. 9.3). Staal is upcycling!

9.2 Gebouwniveau

Op gebouwniveau kunnen stalen daken en gevels belangrijk bijdragen aan een gunstiger energiehuishouding via bijvoorbeeld dikke isolatiepakketten of door slim gebruik van de thermische geleidbaarheid van staal voor de verwarming van water of de integratie van warmteopwekkende producten. Bovendien bestaat er een misverstand over licht bouwen, waarbij de afwezigheid van 'thermische massa' nadelig werkt op het binnenklimaat en het energieverbruik. Licht bouwen heeft het voordeel dat ruimten snel kunnen opwarmen of juist afkoelen, al of niet met (warmte)bufferende materialen.

9.3 Materiaalenergie en gebruiksenergie

Grofweg het merendeel van de totale energie die wordt verbruikt gedurende de levensduur van het gebouw is

9.2 Een 'weergave' van C2C: afval als voedsel (foto: Search).

Tabel 9.1 Overzicht van de vijf analyse -eenheden (producttoepassingen) van het mrpi-blad van staal.

analyse-eenheid	halffabriekaat (route)	reeds voorzien van bandstaal coating	sendzimir zinklaag
zware toepassingen (balken, kolommen, platen)	900 kg balkstaal (10% BF1) en 90% EAF2);	nee	nee
middelzware toepassingen (lateien, damwanden, geleiderails)	100 kg plaatstaal (BF) 1000 kg warmgewalst bandstaal (BF)	nee	nee
lichte toepassingen (kozijnen, profielen)	1000 kg sendzimir verzinkt bandstaal (BF)	nee	ja
binnenwanden	1000 kg sendzimir verzinkt bandstaal (BF)	nee	ja
dak- en gevelbekleding	1000 kg organisch gecoat bandstaal (BF)	ja	ja



gebruiksenergie: ongeveer 80-85%. Materiaalenergie neemt vervolgens 15-20% van de energie voor zijn rekening, waarvan zo'n 70% voor de constructie en ongeveer 30% voor de bouwkundige voorzieningen.

Materiaalenergie (Engelse term embodied energy): de energie voor de productie van het materiaal uit de grondstoffen, waarin vaak opgenomen de energie voor het transport naar de bouwplaats, de fabricage en montage, het onderhoud, de sloop en afvalverwerking van het product.

Gebruiksenergie (Engelse term use phase energy): de energie tijdens de levensduur van het gebouw voorverwarming, koeling, verlichting en bediening van apparatuur.

9.4 Mrpi-blad

Mrpi staat voor milieu relevante productinformatie. Op een mrpi-blad staan kwantitatieve gegevens over emissies, afval en energieverbruik van producten. In 2003 bracht Bouwen met Staal als één van de eerste een mrpi-blad uit (zie tabel 9.1). Van het product wordt de gehele levenscyclus bekeken vanaf de productie uit de grondstoffen tot sloop en

afvalverwerking. In totaal leidt het tot een milieuprofiel met tien zogeheten milieueffectcategorieën en een vijftal milieumaten. Behalve de milieuprofielen voor de vijf producttoepassingen is ook een tabel opgenomen met de milieuprofielen (volgens NEN 8006) en milieumaten voor drie veel voorkomende conserveringsprocessen (poedercoaten, natlakken en thermisch verzinken). Tabel 9.2 geeft het milieuprofiel voor dak- en gevelbekleding inclusief conserveringsproces.

9.5 Lca

Het milieuprofiel is bepaald met een lca (life cycle analysis). De lca van de stalen producten van het mrpi-blad bevat een aantal levensfasen die elk een bijdrage leveren aan bijvoorbeeld energieverbruik. Afbeelding 9.4 laat het aandeel van de verschillende levensfasen in het energieverbruik zien. Het productieproces uit de grondstoffen kost de meeste energie, ruim 70%.

Hergebruik en allocatie

De meeste materialen worden niet gerecycled of hergebruikt. Dan volstaat een lca die één volledige levenscyclus beschrijft vanaf het produceren van het materiaal uit de grondstoffen tot afvalverwerking. Staal wordt echter voor 100% gerecycled en dit recyclen (omsmelten) van schroot kost minder energie en

Tabel 9.2 Overzicht van het milieuprofiel van 1000 kg constructiestaal voor dak- en gevelbekleding.

thema	eenheid	
humane toxiciteit	kg 1,4 DB	38
abiotische uitputting	kg Sb	4,4
ecotoxiciteit water (zoet water)	kg 1,4 DB	7,5
ecotoxiciteit sediment (zoet water)	kg 1,4 DB	12
ecotoxiciteit terrestrisch	kg 1,4 DB	0,21
verzuring	kg SO ₂	4,2
vermesting	kg PO ₄	0,59
broeikas-effect	kg CO ₂	760
fotochemische oxydantvorming	kg ethyl	0,74
aantasting ozonlaag	kg 1CFK11	0,0015



Tabel 9.3 Energieverbruik in diverse typen gebouwen met diverse functies
(bron: Energy Efficiency In Buildings, CIBSE Guide F, tabel 20.1, CIBSE, 1998).

functie	energieverbruik per jaar (kWh/m ² jr)		typerend gebruik	
	'goede praktijk'			
	fossiele brandstof	stroom	fossiele brandstof	stroom
industriegebouw voor 1995 < 5000 m ²	96	–	–	–
industriegebouw voor 1995 > 5000 m ²	92	–	–	–
industriegebouw na 1995 < 5000 m ²	107	–	–	–
industriegebouw na 1995 > 5000 m ²	103	–	–	–
cellenkantoor, natuurlijk geventileerd	79	33	151	54
bibliotheek	113	32	210	46
gevangenis ^{a)}	18861	3736	22034	4460
politiekantoor	295	45	410	60
kledingwinkel	65	234	108	287
kerk	80	10	150	20
museum	96	57	142	70

a) Per persoon.

grondstoffen dan het productieproces uit ijzererts. Daarom moet ook dit fabricageproces bij de bepaling van het energieverbruik worden meegenomen. Het meenemen van dit secundaire proces heet 'allocatie'. Het mrpi-blad gebruikt de Eco-quantum B-methode. Deze neemt naast recycling ook hergebruik mee in een aantal levenscyclussen. Dit betekent een reductie in materiaalenergieverbruik.

Voorbeeld hergebruik gevel

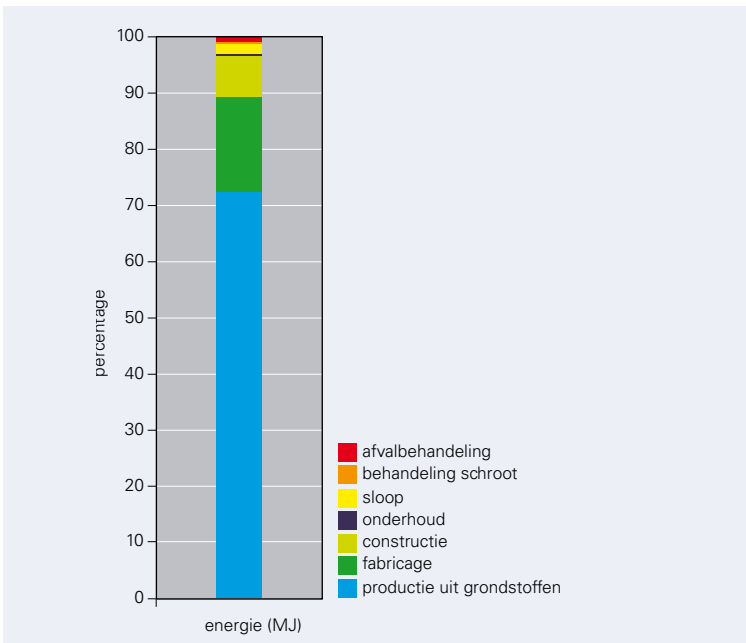
Hergebruik is voor materiaalenergie gunstiger dan recyclen. Een stalen gevel is geschikt voor hergebruik. De meest eenvoudige oplossing is het overschilderen van de beplating. Dit is goed toepasbaar als de gevel slechts weinig beschadigingen heeft. De kosten zijn laag, overschilderen gaat snel. De enige milieubelasting is die van de nieuwe verflaag.



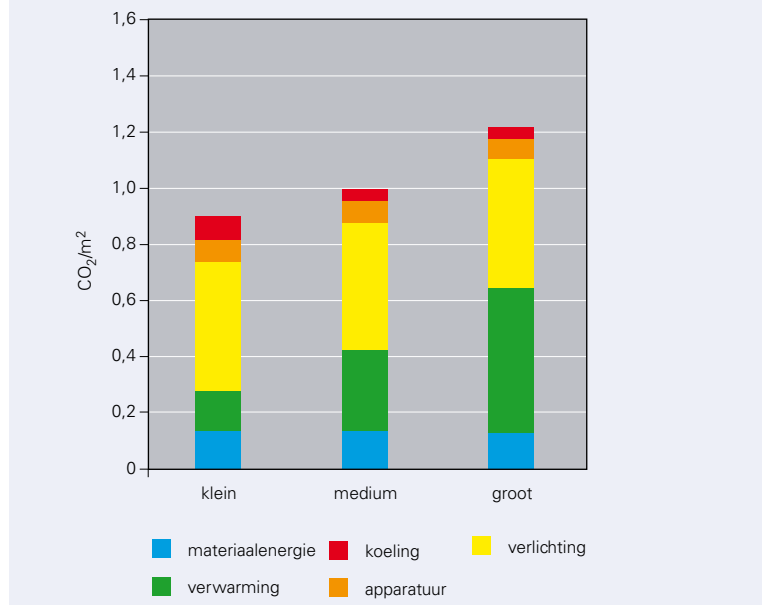
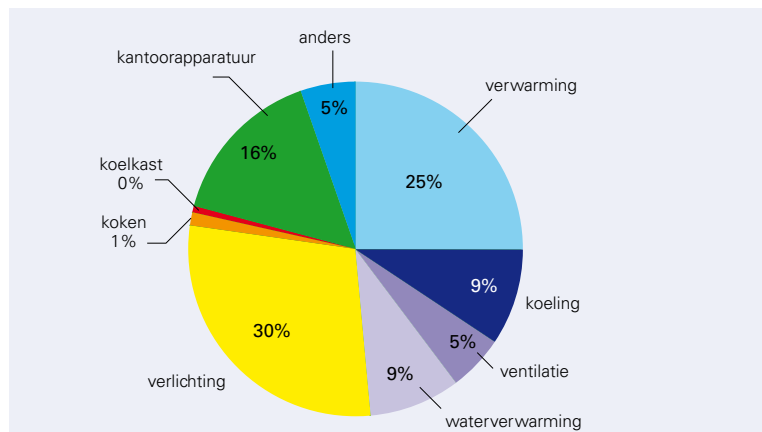
9.3a Een electro-oven gebruikt 100% gerecycled staal.



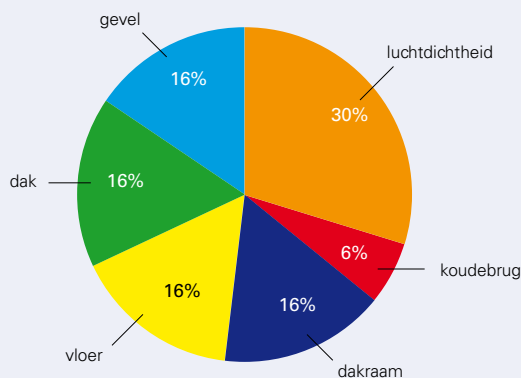
9.3b Gerecycled staal als schrootinzet bij een converter. Op dit moment wordt zo'n 70% van al het gebruikte staal in gevels en daken gerecycled tot nieuw staal met minimaal gelijke kwaliteit.



9.4 Aandeel in energieverbruik van de verschillende levensfasen van staal.



9.5 Energieverbruik van een kantoor (boven) en diverse hallen (onder).



	percentages oppervlak daklicht						
	5,0%	7,5%	10%	12,5%	15%	17,5%	20%
2 W/m ² distributiecentrum	Yellow	Yellow	Yellow	Orange	Orange	Red	Red
25 W/m ² winkel	Yellow	Orange	Orange	Orange	Red	Red	Red
50 W/m ² voedselabriek	Orange	Orange	Red	Red	Red	Red	Red

- totale opwarming is acceptabel
- voorzichtige overweging voor warmtecontrole
- aannemelijke oververhitting

9.7 Risico van oververhitting voor verschillende bedrijfsprocessen in een hal met verschillende percentages daklichten (bron: Integrating lighting solutions for low energy buildings).

9.6 Gebruiksenergie (use phase energy)

Tabel 9.3 geeft benchmarks voor het energieverbruik van diverse gebouwen. Bij gebruiksenergie speelt de gebouwschil een (hoofd)rol. De grootste energieposten zijn immers verlichting en verwarming en koeling: beide verantwoordelijk voor ongeveer 30-35% van het energieverbruik (zie afb. 9.5).

9.6.1 Verlichting

Een simpele maatregel als het kiezen voor dakplaten of binnendozen met een (lichte) interieurcoating in plaats van uitsluitend verzinkt, zorgt al voor meer licht in de hal. Door voldoende (dak)ramen te ontwerpen wordt ook op verlichting bespaard. Wel is – vaak – de isolatiewaarde van ramen lager dan van de dichte delen waardoor warmteverlies optreedt (winter). Aan de andere kant komt via de ramen veel warmte binnen door zoninstraling (zomer). Door bovenstaande effecten is een integrale benadering noodzakelijk, betekent grotere raampervlakken niet automatisch energiebesparing en moet de ontwerper dus op een optimum ontwerpen. Daarmee wordt oververhitting voorkomen. Voor een hal is onderzocht bij welk percentage dakramen oververhitting kan optreden, afhankelijk van de interne warmte uit het bedrijfsproces (zie afb. 9.7).

9.6.2 Verwarming

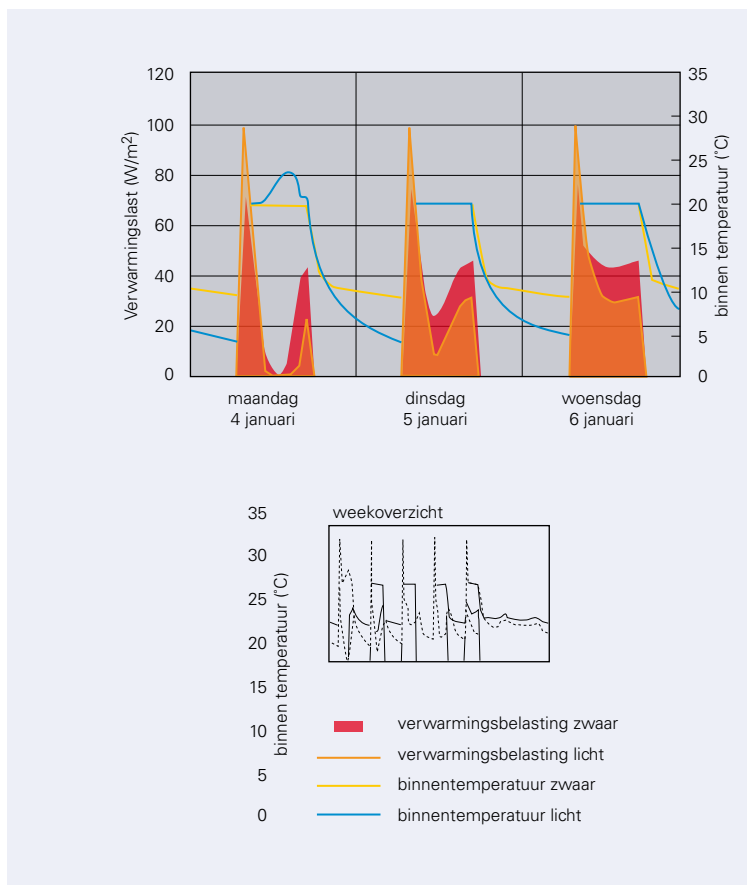
Besparen op verwarmen betekent in de eerste plaats het verhogen van de isolatiedikte. De minimumeis voor R_c is 2,5 W/m²K. Maar de epc-eisen worden steeds verscherpt. Hogere isolatiewaarden zijn dan een optie om een lagere epc te realiseren: bij stalen gevels en daken is dat relatief eenvoudig: meer isolatie. Doordat stalen draagstructuren van nature holtes bevatten zijn hogere R_c -waarden te realiseren zonder een onpraktisch dik pakket (ongeveer 300 mm).

Naarmate de isolatiewaarde hoger is, gaat met name luchtdichtheid van het gebouw een rol spelen. De hoeveelheid lucht die door kieren en naden het gebouw instroomt moet namelijk telkens opgewarmd worden. Voor een hal is dit warmteverlies ongeveer 30% van het totale warmteverlies door de gebouwschil (zie afb. 9.6). Voor een goede luchtdichtheid is aftappen van naden van belang. Dit vereist aandacht bij de uitvoering.

9.7 Licht bouwen

Energieverbruik

Een licht gebouw verwarmen kost minder energie dan een zwaar



9.8 Verwarmen van licht en zwaar gebouw in dag-nacht cyclus.



9.9 Overzicht van het dak van het Wilo-gebouw in Zaandam met paraffinekorrels ingestort in een betonlaag.

gebouw. Het is het principe van het opwarmen van een veertje (licht) en het opwarmen van een steen (zwaar). De laatste vraagt meer energie vanwege de grote hoeveelheid massa (zie *afb. 9.8*). Het gebouw wordt overdag vaak ingesteld op een temperatuur van 20 °C en 's nachts op 10 °C. Als de temperatuur onder deze insteltemperatuur komt, moet worden verwarmd. Het lichte gebouw koelt sneller af dan het zware en komt 's nachts onder de insteltemperatuur en moet worden opgewarmd. Het zware gebouw koelt ook af maar blijft boven de insteltemperatuur. 's Ochtends moet het koude lichte gebouw verwarmd worden tot 20 °C. Dit is de piek in *afbeelding 9.8*. Het zware gebouw moet gedurende de hele dag verwarmd worden om de massa volledig op temperatuur te krijgen en te houden. Het extra verwarmen 's nachts van het lichte gebouw kost minder energie dan het gedurende dag verwarmen van het zware gebouw zodat het zware gebouw netto meer energie verbruikt.

Installatiecapaciteit

Aan het begin van de ochtend heeft het lichte gebouw een energiepiek (*afb. 9.8*). De installatie moet voldoende capaciteit voor deze pieklast te leveren. De piek bij het zware gebouw

is lager doordat de massa als energiebuffer werkt. Nadeel is dan dat het opwarmen van de massa meer energie kost. Oplossing voor energiebuffering in een licht gebouw is een phase change material (pcm) dat energie opneemt en afstaat door faseverandering van bepaalde toelaststoffen. Daardoor is veel minder materiaal nodig om thermische massa te krijgen. Zo is 20 mm pcm gelijk aan 80-100 mm dik beton. Voorbeeld van een gebouw met weinig materiaal en toch een hoge thermische massa is het Wilo-gebouw in Zaandam. Door paraffinekorrels mee te storten in een geringe hoeveelheid beton in de cannelures (*afb. 9.9*) van de geprofileerde stalen dakplaat kon de massa worden beperkt. Tegelijk reduceert de buffercapaciteit de pieklast voor de installatie waardoor kan worden volstaan met lichtere apparatuur. In het algemeen kan gesteld worden dat naarmate het gebouw beter geïsoleerd is, het voordeel van het lichte gebouw groter wordt.

10. LITERATUUR



Detentiecentrum, Zaandam (foto's: Josje Deekens).

Publicaties

- *Metalen sandwichpanelen in de bouw*, Bouwen met Staal, Zoetermeer, 2004.
- C.C. Kruit, *Stalen daken en gevels voor woningen*, Bouwen met Staal. Rotterdam, 2004.
- A.F. Hamerlinck, M.C. Pauw en A. Dolsma (samenst.), *Brandveilige hallenbouw met staal*, Bouwen met Staal, Zoetermeer 2005 (2^e druk), ISBN 90-72830-55-5, formaat A4, 28 p.
- E.W. Janse, B. Kersten, *Brandwerende details*, *Woning- en utiliteitsbouw*, SBR, Rotterdam 2009, ISBN 978-90-5367-488-8, formaat A4, 40 p.

Software

- *Rekenprogramma Wateraccumulatie 1.00*, Bouwen met Staal, Rotterdam, 2004.
- *Rekenprogramma Schijfwerking Kip 1.01*, Bouwen met Staal, Rotterdam, 2004.

Achtergrondartikelen

- F.T.M. van Dam, A.F. Hamerlinck, J.G. Kraus en J. Sterk, 'Compartmenteren met brandwanden! Maar hoe?', *Bouwen met Staal* 158 (2001), p. 34-39.
- A.F. Hamerlinck en N.P.M. Scholten, 'Hoofddraagconstructie bij brand in NEN 6702 nu duidelijk omschreven', *Bouwen met Staal* 189 (2006), p. 47-51.
- A.F. Hamerlinck, 'VROM biedt handreiking voor grote brandcompartimenten', *Bouwen met Staal* 200 (2008), p. 52-57.
- N.J. van Oerle en A.F. Hamerlinck. 'Nieuwe NEN 6068 geeft meer ruimte'. *Bouwen met Staal* 181 (2004), p.14-17.

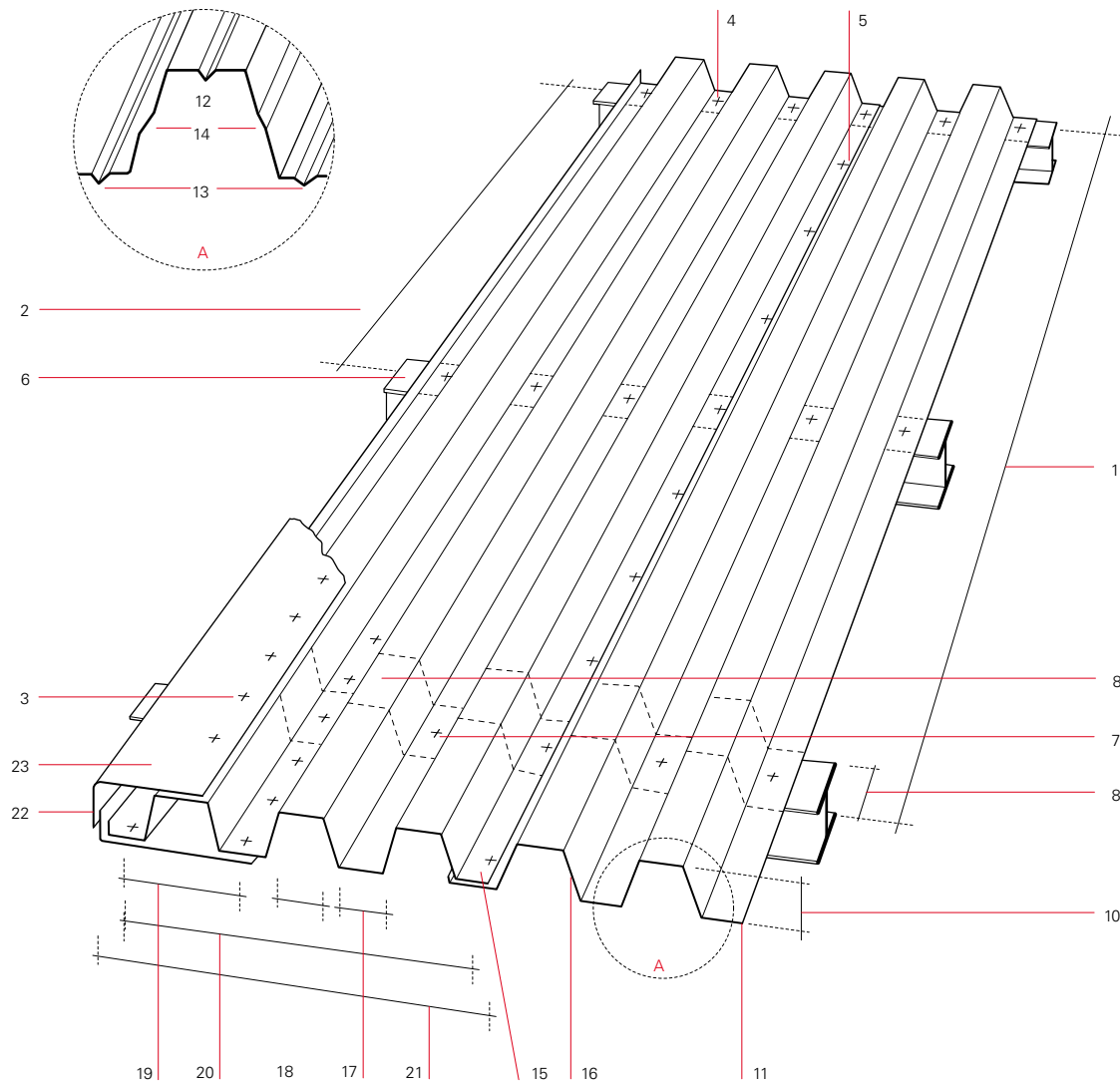
Belangrijke normen en richtlijnen

- *Kwaliteitsrichtlijn voor metalen gevels en daken*
Deel 1: Leidraad voor opdrachtgever, architect en verwerker.
Deel 2: Technische richtlijn voor opdrachtgever, architect en verwerker. Dumebo - DWS en MDG, 2003.
- *RMBS 2000 Richtlijnen voor de toepassing van metalen beplating als schijfconstructies*. Bouwen met Staal, 2004.

- *NEN-EN 1990 Eurocode - Grondslagen van het constructief ontwerp*, 2002 + NB 2007.
- *NEN-EN 1991-1-2* [Eurocode 1. Belastingen op constructie. Deel 1-2. Algemene belastingen - Belasting bij brand, 2002 + NB 2007.
- *NEN-EN 1993-1-2* (Eurocode 3. Ontwerp en berekening van staalconstructies. Deel 1-1. Algemene regels en regels voor gebouwen), 2006 + NB 2007.
- *NEN 6063* Bepaling van het brandgevaarlijk zijn van daken, 2008.
- *NEN 6064* Bepaling van de onbrandbaarheid van bouwmaterialen, 1991+ wijzigingsblad A2:2001.
- *NEN 6065* Bepaling van de bijdrage tot brandvoortplanting van bouw materiaal (combinaties), 1991+ wijzigingsblad A1:1997.
- *NEN 6066* Bepaling van de rookproductie bij brand van bouw materiaal (combinaties), 1991+ wijzigingsblad A1:1997.
- *NEN 6068* Bepaling van de weerstand tegen branddoorslag en brandoverslag tussen ruimten, 2008.
- *NEN 6069* Experimentele bepaling van de brandwerendheid van bouw delen en bouw producten en het classificeren daarvan, 2005+ wijzigingsblad A1, 2005.
- *NEN-EN 13501-1* Brandclassificatie van bouw producten en bouw delen. Deel 1. Classificatie op grond van resultaten van beproeving van het brandgedrag, 2007.
- *Beheersbaarheid van Brand 2007 – Integrale leidraad*, Oranjewoud SAVE, april 2007.
- *Beheersbaarheid van Brand 2007*
Deel 1: Methode BvB– Integrale leidraad, Oranjewoud SAVE, april 2007.
- *Beheersbaarheid van Brand 2007*
Deel 2: Toepassingsinstructie BvB– Toelichting, praktijkinformatie, Oranjewoud SAVE, april 2007.
- *Beheersbaarheid van Brand 2007 Deel 3*: Afwegingsmodel BvB– Complexe situaties, Oranjewoud SAVE, april 2007.

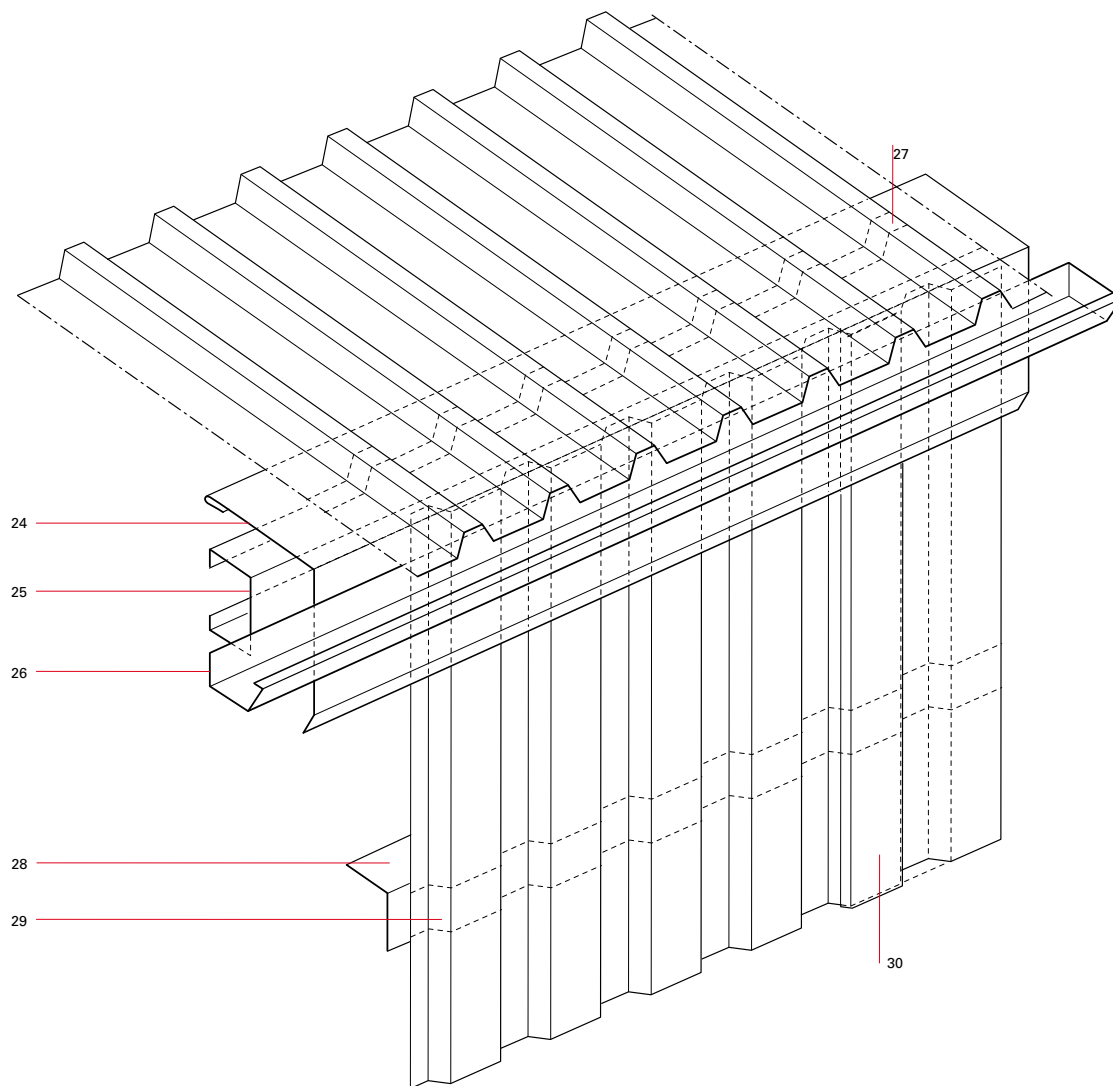
11. TERMINOLOGIE

Bij geprofileerde staalplaat worden veel uitdrukkingen en begrippen gebruikt. Om eenduidigheid te scheppen, worden ze hier gedefinieerd. Een aantal staat aangegeven in *afbeeldingen 11.1 en 11.2*.



11.1 Overzicht geprofileerde dakplaat met indicatie van onderdelen.

- | | |
|--|---------------------------|
| 1. plaatlengte | 9. opleglengte |
| 2. overspanning | 10. profielhoogte |
| 3. niet-constructief verbindingsmiddel | 11. dekkende rand |
| 4. constructief verbindingsmiddel | 12. dimpel in bovenflens |
| 5. zij-overlap verbindingsmiddel | 13. dimpel in onderflens |
| 6. staalconstructie | 14. langsversteving (ril) |
| 7. overlapverbinding | 15. zij-overlap |
| 8. eindoverlap | 16. lijf |



11.2 Isometrie dak- en wandaansluiting.

- | | |
|---------------------------------|----------------------------|
| 17. breedte onderflens | 25. stalen (dak)randligger |
| 18. breedte bovenflens | 26. goot |
| 19. h.o.h. golf | 27. cannelure-afsluiter |
| 20. werkende breedte | 28. stalen wandregel |
| 21. plaatbreedte | 29. eindoverslag |
| 22. verstevigende randafwerking | 30. hoekafwerking |
| 23. verstevigende randafwerking | |
| 24. verstevigende randafwerking | |

11. TERMINOLOGIE

**Bandverzinken:**

zie continu thermisch verzinken.

Binnendichting:

afdichting tegen (meestal) luchtstromingen door de gevel of het dak, gelegen aan de binnenzijde van de constructie.

Binnendoos:

een open, halle cassette met opstaande flenzen voor de bevestiging van de gevelplaat. In en op de cassette wordt isolatie aangebracht; de gesloten zijde ligt aan de interieurzijde.

Blindklinknagel:

secundair, niet-constructief bevestigingsmiddel bij zijdeoverlappen en hulpstukken, ook wel popnagel genoemd.

Brandcompartiment:

een deel van het gebouw of het gehele gebouw waar vanuit uitbreiding van brand naar andere gebouwdelen of gebouwen wordt beperkt.

Buitendichting:

afdichting tegen (meestal) vochtindringing door de gevel of het dak, gelegen aan de buitenzijde van de constructie.

Cannelure:

de hoogte tussen onder- en bovenkant van de profielbeplating. Ook wel gebruikt als andere benaming voor de dalen in de profilering.

Cannelurevulling:

strook isolatiemateriaal (vaak minerale wol) die in de cannelure wordt gelegd als brandstop en/of voor geluidsabsorptie of thermische afdichting.

Coating (verf):

een afwerklaag ter bescherming en verfraaiing van de staalplaat. Coating kan (fabriekmatig) worden aangebracht als natlak, poederlak of als folie en bestaat (meestal) uit bindmiddelen en pigment.

Coil (rol):

het uitgangsmateriaal (vlakke plaat) is opgerold tot een coil.

Coilcoaten (bandverven):

hierbij wordt de coil (opgerolde dunne plaat) na het verzinken in een continu proces chemisch voorbehandeld en aan beide zijden voorzien van een coatingsysteem uit één of meerder lagen. Profileringen worden over het algemeen pas na het coilcoaten aangebracht.

Contactisolatie:

isolatie tussen twee (metalen) delen om contact(corrosie) te voorkomen.

Continu thermisch verzinken (bandverzinken):

het aanbrengen van een zinklaag op een dunne staalplaat (0,5-2 mm) met een continu dompelproces op een bandbehandelingslijn.

Dal:

onderste horizontale gedeelten van geprofileerde platen. Ook wel: de plaatgedeelten op de bovenflens na.

Dampdoorlatende laag: een damp-open, waterkerende laag (veelal folie) aan de koude kant (buitenzijde) van de isolatie om te voorkomen dat deze isolatie door (doorslaand) vocht nat wordt en aan isolerende werking verliest.

Dampremmende laag:

een laag van voor waterdamp moeilijk doordringbaar materiaal, gelegd aan de warme kant (binnenzijde) van de isolatie om inwendige condensatie in de constructie te beperken of voorkomen.

Deklagen:

lagen op het uitgangsmateriaal staal ter bescherming en verfraaiing. Metallische deklagen zijn onder meer zink, zinkaluminium of een anodiseerlaag. Organische deklagen zijn onder meer coilcoating, natlak, poedercoating.

Dimpel (ril):

een verstijving (vervorming) in een onder- en/of bovenflens van een geprofileerde plaat over de gehele plaatlengte of plaatselijk.

Dubbelschalige beplating:

een dak- of wandbekleding bestaande uit een geprofileerde stalen buitenplaat en een geprofileerde stalen binnenplaat, eventueel met een afstandprofiel ertussen.

Eindoverlap:

de afstand waarover twee elkaar overlappende platen dubbel zijn gelegd.

Embossen:

het met een walsrol indrukken van de (gecoate) staalplaat voor het rolvormen of zetten. Er ontstaat een patroon in het oppervlak waardoor vervormingen in het staal door walsspanningen niet opvallen.

Flens:

bovenste en onderste horizontale gedeelten van geprofileerde platen.

Kerndikte (staalkerndikte):

de dikte van het staal zonder zink of coating.

Koudebrug: (plaatselijk) warmtelek in

gevels en daken, gevormd door doorgaande (constructie)delen, waarvan de weerstand tegen warmtedoorgang beduidend kleiner is dan die van de overige aangrenzende constructiedelen.

Langsverstijving:

een verstijving in een lijf (over de gehele lengte) van een geprofileerde plaat. Bij hoge profielen in één of twee rijen.

Lekdorpel:

een horizontaal zetstuk in het algemeen van hetzelfde materiaal en dezelfde kleur als het gevelmateriaal en als afsluiting aangebracht aan de onderzijde van de beplating bij bijvoorbeeld kozijnsparringen.

Lengte-rand:

de rand van geprofileerde beplating of panelen evenwijdig aan de overspanning.

Lijf:

de opstaande (schuine) zijden van de profilering.

Luchtspouw:

een ononderbroken open ruimte in de scheidingsconstructie, in meer of mindere mate afgescheiden van binnen- en buitencondities gelegen tussen binnen- en buitendichting.

Micron of micrometer (µm):

eenheidsmaat voor dikte van de deklaag in duizendste millimeter

Overspanningrichting:

de richting, evenwijdig aan de afstand tussen de opleggingen, die bepalend is voor de draagkracht.

Pakket:

in elkaar gestapelde platen voorzien van beschermend inpakmateriaal voor transport.

Plaatbreedte:

de afstand tussen de uiterste randen van een plaat, gemeten loodrecht op de overspanning.

Plaatdikte:

de dikte van de beplating inclusief zink en/of coating, gangbaar is de staalkerndikte en de zinklaagdikte te specificeren, niet de organische coatingdikte.

Profielhoogte:

de afstand tussen boven- en onderflens gemeten vanaf de helft van de plaatdikte.

Profielvuller:

gecontramalde isolatiestrook aan het dakplaatprofiel, vaak van kunststofschuim of minerale wol, om de cannelures nabij de randafwerking af te sluiten, wordt ook gebruikt als brandstop (zie ook cannelurevulling).

Randafwerking:

een gezette staalplaat, met dezelfde coating als de beplating, die zodanig is gevormd, dat het de overgang vormt op de plaats waar de beplating van vorm of richting verandert. Bijvoorbeeld bij de nok van het gebouw of bij hoekaansluitingen.

Ril:

zie dimpel.

Samengesteld dichtingsysteem:

dichtingsysteem waarbij met een combinatie van lagen met verschillende functies wordt bereikt dat de uitwendige scheidingsconstructie voldoet aan de eisen van waterdichtheid en een gegeven maximale luchtdoorlatendheid.

Staalkerndikte (kerndikte):

de dikte van het staal zonder zink of coating.

Steekmaat:

de h.o.h.-afstand tussen het steeds terugkerende gedeelte van het profiel (golf).

Stitcher:

secundair, niet-constructief bevestigingsmiddel bij zijoverlappen en zetstukken.

Verbinding:

het geheel van verbindingsmiddel, beplating én onderconstructie nabij het betreffende verbindingsmiddel.

Verbindingsmiddel, constructief (primair):

een verbindingsmiddel, dat is aangebracht om de beplating aan de onderliggende draagconstructie te bevestigen.

Verbindingsmiddel, niet-constructief

(secundair): een verbindingsmiddel, dat niet is aangebracht om de beplating aan de onderliggende draagconstructie te bevestigen; bijvoorbeeld in de lengte-randoverlappen.

Warmdak:

een dakopbouw, bestaand uit geprofileerde beplating met isolatie aan de buitenzijde en een waterdichte afwerking.

Weerstand tegen branddoorslag en brandoverslag (wbdbo):

de tijd waarin wordt voorkomen dat een brand overgaat van de ene naar de andere ruimte of gebouw door de scheidingsconstructie of via de buitenlucht.

Werkende breedte:

de breedte van het effectief per plaat beklede oppervlak, dus met aftrek van de overlap (aan één zijde).

Zelfborende schroef:

primair verbindingsmiddel voorzien van een boorpunt waarbij de lengtemaat van de boorpunt afhankelijk is van de dikte van de stalen onder-/achterconstructie. Voorboren is met dit verbindingsmiddel niet nodig.

Zelftappende schroef:

primair verbindingsmiddel waarbij de beplating en de stalen onder- of achterconstructie moeten worden voorgeboord.

Zij-overlap:

de lengte, waarover twee elkaar overlappende lengte-randen dubbel zijn gelegd.

Zinkaluminium en aluminiumzink:

in plaats van een corrosiebescherming op staal met zink, kan ook een zinkaluminium of aluminiumzink legering worden toegepast. Deze legeringen worden aangeduid met 95% ZnAl, respectievelijk 55% AlZn. Veel gebruikte (merk)namen: galvalume, zinalume, aluzink en aluzinc.

12. INDEX



ALUMINIUMZINK	19	GELUIDISOLATIE	34
BOREN	51	GELUIDWERING GEVEL	34
BRANDGEDRAG	35	GROTE BRANDCOMPARTIMENTEN	38
CO2	62	KNIKKEN	23
COILCOATSYSTEMEN	20	KNIPPEN	24
CONDENSATIE	32	KOUDEBRUG	33
CRADLE-TO-CRADLE	60	LASERSNIJDEN	26
DAKPANPLAAT	15	LICHT BOUWEN	65
DIGITALE PRINTS	31	LUCHT- EN VOCHTHUISHOUDING	32
EMBOSSEREN	25	MRPI	61
GELUIDABSORPTIE	35	NISSENHUT	10

AZ-stadion, Alkmaar (foto: Martha Blog).



OILCAN-EFFECT	25	VERBINDINGSMIDDELEN	41/42
ONDERSTEUNINGSCONSTRUCTIE	41	WARMDAK	13
PERFOREREN	26	WARMTE-ACCUMULATIE	33
PLASTISOL	23	WATERACCUMULATIE	30
REFERENTIEDETAILS	42/43/46	WITTE ROEST	18
REINIGEN	54	ZETTEN (ZETWERK)	24
RENOVATIE	14	ZINK	16
REPARATIE	52	ZINKALUMINIUM	19
ROLVORMEN	24		
SCHIJFWERKING	29		
TOGEN	25		

Geprofileerde staalplaat voor daken en gevels

Deze brochure laat geprofileerde staalplaat zien als dak- en gevelbekleding. Opgeklommen van de golfplaat op de nissenhut komt de geprofileerde plaat nu ook voor als hoogwaardige gevelbekleding in alle bouwsegmenten. Het grootste afzetgebied is nog steeds de industriële bouw: opslag-, overslag- en productiefabrieken, stallen en schuren en distributie- en winkelcentra. Maar met verbeterde detailleringen en duurzame oppervlaktebehandelingen verwerft geprofileerde staalplaat zich ook een positie in de veeleisende kantoren- en woningbouwmarkt. Geprofileerde staalplaat heeft immers, ongeacht de toepassing, een aantal onderscheidende eigenschappen ten opzichte van andere gevel- en dakbekledingen: het is duurzaam, licht, gunstig geprijsd, sterk en onderhoudsarm. *Geprofileerde staalplaat in daken en gevels is*

samengesteld voor het geven van:

- algemene informatie over geprofileerde staalplaat;
- ontwerpmogelijkheden;
- inzicht in materiaal, bewerking en (oppervlakte)behandeling;
- richtlijnen voor dimensionering, detaillering en uitvoering.

In deze reeks brochures verschenen eerder *Metalen sandwichpanelen in de bouw*, *Stalen gevels en daken voor woningen* en *Onderhoud van gecoilcoate staalplaat*. *Onderhoud van gecoilcoate staalplaat* (2005) is integraal opgenomen in deze volledig herziene editie die mede is gebaseerd op de derde druk van *Geprofileerde staalplaat in de bouw* uit 2005. Hoofdstuk 11 geeft een overzicht van de terminologie. Hoofdstuk 12 bevat een index voor snelzoeken op onderwerp of aspect.



Bouwen met Staal

Boerhaavelaan 40
Zoetermeer 2713 HX
Postbus 190 2700 AD
tel +31(0)79 353 1277
fax +31(0)79 353 1278
info@bouwenmetstaal.nl
www.bouwenmetstaal.nl

Bouwen met staal 2010

Bouwen met Staal stimuleert het gebruik van staal in de bouw en is dé onafhankelijke kennisorganisatie, die alle partijen in de bouw ondersteunt bij het toepassen van staal. Bouwen met Staal initieert onderzoek voor de kwaliteitsverbetering van stalen bouwproducten en ontwerp- en bouwprocessen met staal en werkt mee aan de totstandkoming van regelgeving voor staaltoepassingen. Daarnaast verzorgt Bouwen met Staal de promotie, voorlichting en educatie voor een breder én beter gebruik van staal. Tot de producten en diensten behoren opleidingen en cursussen, studieboeken, het vakblad *Bouwen met Staal*, projectadvies en de Helpdesk, de Nationale Staalprijs en de Nationale Staalbouwdag.

Bouwen met Staal: platform en partner voor het bouwen met staal.