

Verroest mooi!



foto's: Dennis Gilbert

Concertpodium in het Crystal Palace Park, Londen. Bekleding geheel in weervast staal.

Het ziet eruit als gewoon gecorrodeerd staal, maar schijn bedriegt. Op weervast staal vormt zich na enkele jaren een beschermende laag die het corrosieproces min of meer tot stilstand brengt, afhankelijk van het klimaat waaraan het materiaal wordt blootgesteld. Meestal zijn de uitgesproken kleur en het oppervlak voor architecten reden om weervast staal te kiezen. Maar ook kostenbesparing kan een motief zijn, omdat weervast staal onderhoudsvrij is. In Nederland is inmiddels bijna dertig jaar ervaring met het materiaal opgedaan. Tijd voor een overzicht.

Al in de jaren dertig van de vorige eeuw deden staalproducenten als United States Steel Corp (US-Steel) en Bethlehem Steel proeven met 'weathering steels'. Waarschijnlijk was US-Steel het meest succesvol met de marketing van weervast staal: nog steeds is de naam Cor-Ten, waaronder dit bedrijf het product op de markt bracht, bij velen een bekend begrip. Ook onder merknamen als Alcordur, Resista en Patinax raakte het in Nederland bekend. In 1969 verscheen voor het eerst een artikel in *Bouwen met Staal* waardoor weervast staal onder de aandacht van de Nederlandse staalbouwbranche werd gebracht^[1/2/3].

Kenmerkend aan weervast staal is dat de corrosieproducten op langere termijn, en onder bepaalde omstandigheden, een afsluitende laag vormen. Afhankelijk van het klimaat waaraan het materiaal wordt blootgesteld brengt die laag het corrosieproces in meer of mindere mate tot stilstand, net zoals dat bij koper en aluminium gebeurt. Door deze eigenschap is een afzonderlijke conservering niet nodig en kan het roestige, ruige oppervlak in het zicht blijven. Bij 'gewoon' staal (koolstofstaal) vormen de corrosieproducten geen afsluitende laag, zodat het corrosieproces doorgaat. Een belangrijke voorwaarde voor de vorming van deze beschermende laag is blootstelling aan 'weer en wind': weervast staal moet kunnen drogen, anders is de corrosiesnelheid gelijk aan die van gewoon staal. Verder mag een constructie niet worden belast met doozouten en moet deze zich minimaal op 10 km afstand van de kust bevinden. Blootstelling aan een industrieel klimaat is geen bezwaar.

Meerwaarde

Weervast staal is duurder dan (koolstof)staal vanwege de toevoeging van legeringselementen als koper, chroom en nikkel. Dat maakt de toepassing alleen zinvol wanneer het een extra kwaliteit oplevert of wanneer de totale kosten omlaag gaan. De onderscheidende kwaliteit blijft beperkt tot de bijzondere kleur en het ruwe oppervlak. Dat maakt weervast staal aantrekkelijk als afbouw materiaal of als constructiemateriaal voor onder meer kunstwerken (bruggen), beelden, loodsen, observatiehutten, elektriciteitsmasten en steigers. Constructief gezien biedt weervast staal geen voordelen boven koolstofstaal.

Hoewel het materiaal zelf dus duurder is dan koolstofstaal kan het toepassen van weervast staal een constructie toch goedkoper maken of de exploitatiekosten omlaag brengen. Dat is het geval wanneer een conservering achterwege kan blijven en de kosten van onderhoud nihil zijn.

Corrosiesnelheid

De corrosie van weervast staal is in de eerste jaren gelijk aan die van koolstofstaal. In deze periode vormt zich de afsluitende laag, ook wel patina genoemd. De tijdsduur tot stabilisatie van de staalhuid hangt af van de corrosiviteit van de omgeving. In een industriële omgeving verloopt het proces sneller dan in een landelijke omgeving.

Volgens de informatie van een Finse staalproducent (zie: www.rautaruukki.fi) duurt de vorming van de patina drie jaar. Tijdens deze eerste jaren komt er roestwater van de constructie af; daarna stopt dit.

ir. W.H. Verburg MBM

Wim Verburg is civiel ingenieur en zelfstandig gevestigd adviseur voor Bouwmarketing en Communicatie, Rotterdam



Portiersloge aan de ingang van het nationaal park De Hoge Veluwe, Hoenderlo.
Gevels en dak van 3 mm dik weervast staal, verbonden met kettingglassen.

Materiaaldikte

Bij afbouwconstructies berust de keuze van de materiaaldikte van het weervast staal meestal op praktische overwegingen:

- de fabricagemethode verlangt nu eenmaal een minimale materiaaldikte, of:
- het materiaal is slechts leverbaar in een bepaalde dikte.

De afname van de materiaaldikte in de loop van de tijd is voor de toepassing bij afbouw zelden relevant, mits de constructie goed is ontworpen (waarover verderop meer).

Voor het toepassen van weervast staal in draagconstructies moet de constructeur de afname van de materiaaldikte tijdens de levensduur dan wel tijdens referentieperiode kennen om zodanig te kunnen dimensioneren dat in elk geval de minimaal benodigde materiaaldikte overblijft. Twee normen leveren hiervoor informatie:

- NEN-ISO 9223^[4] gaat over de agressiviteit van het klimaat waaraan de constructie in zijn geheel wordt blootgesteld (ook wel aangeduid als ‘macroklimaat’);

- NEN-ISO 9224^[5] gaat over de corrosiesnelheden van metalen in verschillende macroklimaten.

Uit NEN-ISO 9224 geeft *tabel 1* de corrosiesnelheden die voor weervast staal relevant zijn. Uit deze tabel blijkt dat het corrosieproces van weervast staal niet stopt. ‘Preciezen’ zijn dan ook van mening dat de toepassing van weervast staal in het Nederlandse klimaat daarom niet verantwoord is. De ‘rekkelijken’ maken bij hun ontwerpen gebruik van een corrosietoeslag. Er bestaan geen formele rekenregels om deze corrosietoeslag te bepalen. Op basis van de verwachte materiaalafname over de referentieperiode kan echter wel een inschatting worden gemaakt. Hierbij verdient het aanbeveling

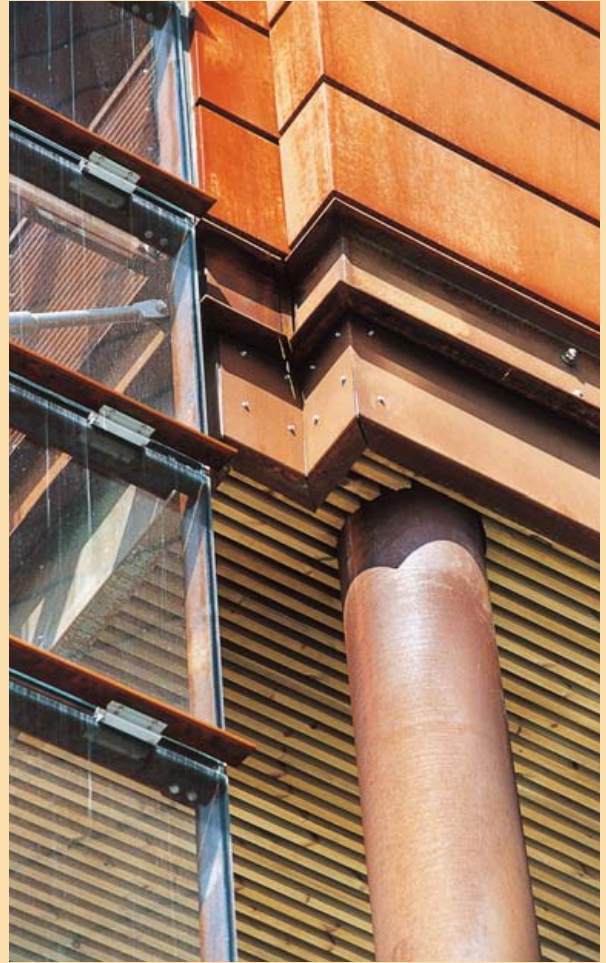
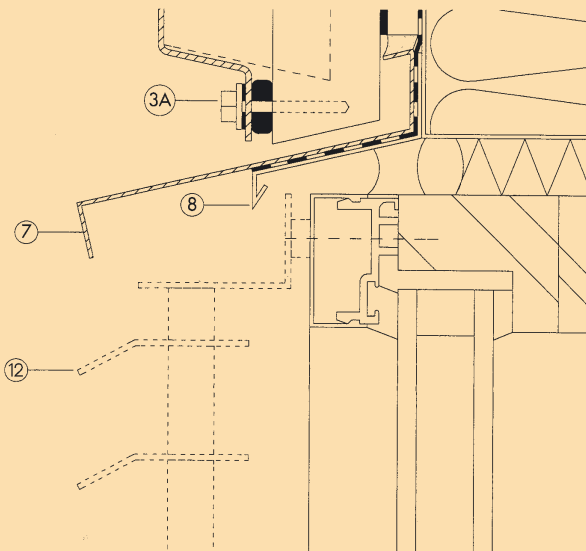
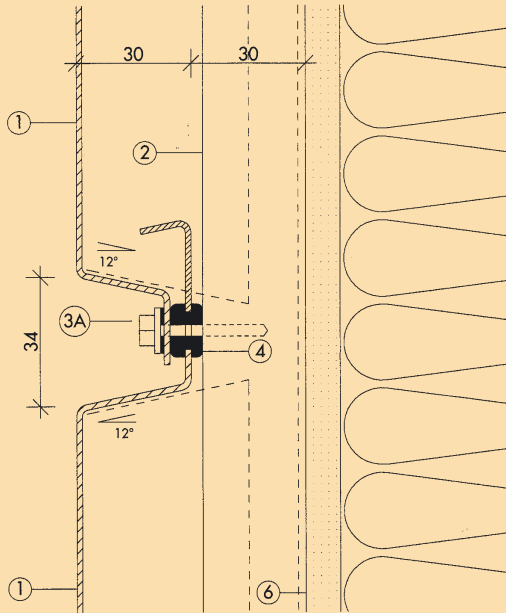
om voor de levensduur bijvoorbeeld uit te gaan van de dubbele referentieperiode en voor de materiaalafname van de bovengrens van de klimaatklasse. Bij éénzijdige blootstelling bijvoorbeeld levert dit bij klimaatklasse C3 een geringe corrosietoeslag. Veelal zullen de beschikbare materiaaldikten bepalend zijn voor de toe te passen materiaaldikte.

Klimaatklasse

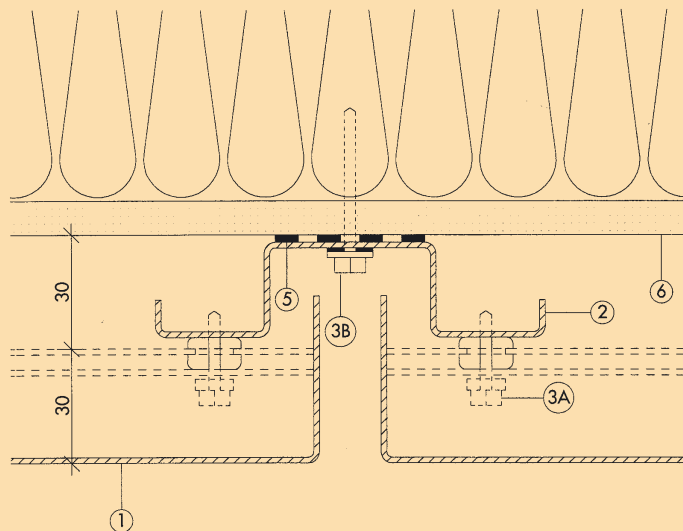
TNO heeft op basis van NEN-ISO 9223 de klimaatklassen voor Nederland berekend. Daaruit volgt dat bijna overal in ons land kan worden uitgegaan van klimaatklasse C3; alleen in Sas van Gent en omgeving en in een strook van 10 km langs de kust heerst een agressiever klimaat. In de corrosiewereld wordt voor een

Tabel 1. Corrosiesnelheid in micrometers per jaar volgens NEN-ISO 9224.

klimaatklasse	staal		weervast staal	
	eerste tien jaar r_{av}	na tien jaar r_{lin}	eerste tien jaar r_{av}	na tien jaar r_{lin}
C3	$5 < r_{av} \leq 12$	$1,5 < r_{lin} \leq 6$	$2 < r_{av} \leq 8$	$1 < r_{lin} \leq 5$
C4	$12 < r_{av} \leq 30$	$6 < r_{lin} \leq 20$	$8 < r_{av} \leq 15$	$5 < r_{lin} \leq 10$
C5	$30 < r_{av} \leq 100$	$20 < r_{lin} \leq 90$	$15 < r_{av} \leq 80$	$10 < r_{lin} \leq 80$

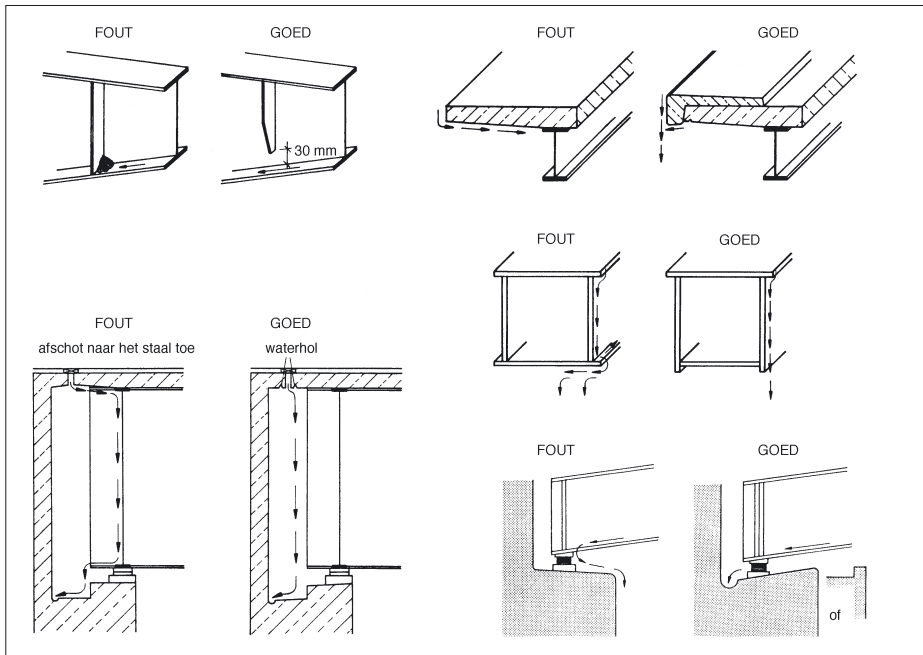


Verticale doorsnede over de horizontale naad tussen twee gevelcassettes (boven) en de aansluiting op een raam (onder).

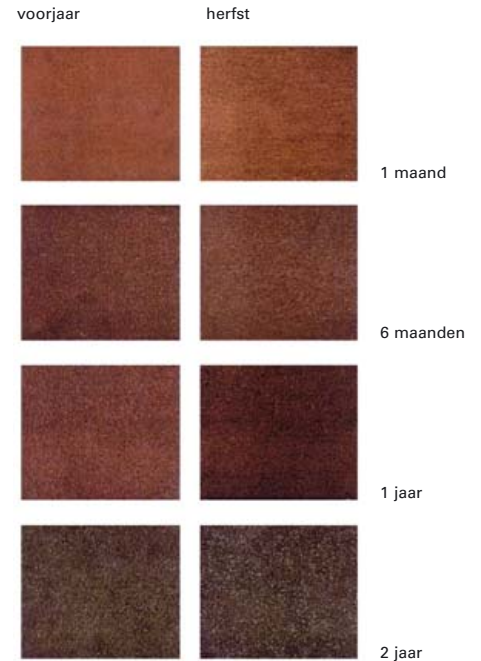


Horizontale doorsnede over de verticale naad tussen twee gevelcassettes.

- 1 gevelcassette weervast staal, dik 1,5 mm
- 2 verticale bevestigingslijst weervast staal, dik 1,0 mm
- 3 schroef roestvast staal AISI 316 + kunststof ring
- 4 afdichting rond schroef
- 5 indien nodig, strook butylrubber tussen lijst en Achterconstructie
- 6 achterconstructie (bijvoorbeeld gevelement)
- 7 afdeklijst weervast staal, dik 1,0 mm
- 8 langsnaad tussen afdeklijst ondersteunen door strook butylrubber en donkerbruin gecoate (pvf-2) metalen strip
- 9 donkere plint verhult strepen door aflopend regenwater (gecontroleerd afvoeren)
- 10 ventilatierooster weervast staal



De vorming van de oxidehuid bij weervast staal hangt af van het klimaat. De oxidehuid krijgt na ongeveer twee jaar zijn definitieve kleur.[9]



strook van 1 km breed, gemeten vanaf de kustlijn, wel uitgegaan van klimaatklasse C5.

Aangezien de chloride-depositie afhankelijk is van de hoogte boven het maaiveld zijn exacte grenzen niet aan te geven.

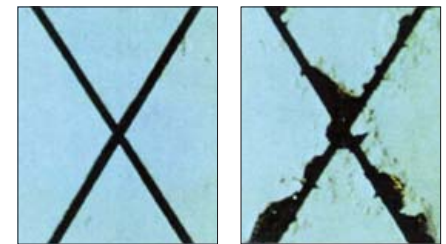
Uit de berekeningen van TNO blijkt dat de 'time of wetness' veel invloed heeft op de klimaatklasse. Terwijl het macroklimaat met de locatie van een constructie vastligt, kunnen de architect en constructeur het microklimaat vergaand ongunstig beïnvloeden; horizontale verstijvingsschotten zonder drainagegaten en capillaire naden bijvoorbeeld blijven veel langer vochtig. Op zulke plaatsen heerst een ongunstig microklimaat dat vaak bepalend is voor de onderhoudsbehoefte van de gehele constructie. Bij het detailleren van constructies met weervast staal staan architect en constructeur dus voor de opgave: hoe voorkom ik dat er een microklimaat ontstaat dat voor de corrosiesnelheid maatgevend is. Wanneer dat echter niet mogelijk, dan moet bij het bepalen van de materiaalafname worden uitgegaan van klimaatklasse C4 of C5.

Kleur en onderhoud

Wanneer weervast staal wordt gekozen op basis van esthetische motieven, dan moeten de wals-huid en andere vervuilingen worden verwijderd. De producenten van weervast staal bevelen aan het materiaal te stralen met niet-metallisch grit (Sa 2,0). Dit kan het beste gebeuren na het aflassen van de constructie, met als voordeel dat de lassen worden meegestraald.

Wanneer er geen esthetische eisen aan het materiaal worden gesteld, dan kan de wals-huid

blijven zitten. Uitsluitend rond de lassen moet de wals-huid dan worden verwijderd. Om er zeker van te zijn dat een constructie van weervast staal zich gedraagt zoals bij het ontwerp is aangenomen, is het noodzakelijk de constructie de eerste jaren te inspecteren. Hierbij kunnen vogelnesten en andere vuil-openhopeningen worden verwijderd. Als blijkt dat er in de constructie een niet-voorzien agressief microklimaat aanwezig is, kan lokale conservering uitkomst bieden. Verfsystemen die geschikt zijn voor minder schone ondergronden hebben hierbij de voorkeur. Graffiti kan waarschijnlijk worden verwijderd door de constructie met water te stralen. Dit heeft als nadeel dat ook de gevormde patina wordt verwijderd. Mogelijk kan graffiti ook worden verwijderd door licht stralen (ook wel 'wapperen' genoemd); dit zal echter in de praktijk moeten blijken.



Bij geverfde constructies van weervast staal treedt onderroest veel minder snel op.

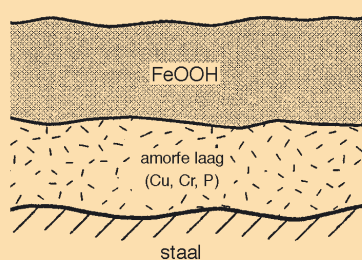
Duidelijk is te zien dat het weervast staal in de 'splash zone' een grotere dikte heeft dan daarboven. Kunstwerk 'Project in Cor-Ten staal' van Evert Strobos, museum Kröller-Müller.



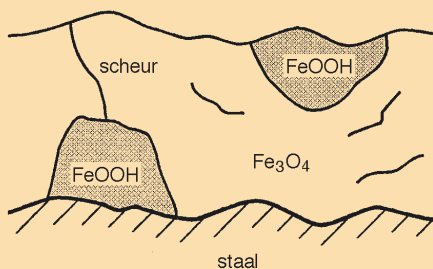
Vogel-observatiepost in het Naardermeer (het oudste natuurgebied van de Vereniging Natuurmonumenten).



WEERFAST STAAL



KOOLSTOFSTAAL



Onder invloed van 'weer en wind' ontstaat bij weervast staal op het oppervlak een oxidelaag (grijs) die verdere oxidatie verhindert.

Weervast staal

Het zijn de legeringselementen in weervast staal (onder meer chroom, nikkel, koper en fosfor) die ervoor zorgen dat de corrosieproducten op langere termijn onder bepaalde omstandigheden een afsluitende laag vormen die het corrosieproces tot stilstand brengt. Volgens de literatuur [2] vormen de legeringselementen de patina. Deze patina vormt zich direct op het weervast staal; de corrosieproducten bevinden zich dus aan de buitenkant.

Weervast staal is leverbaar in verschillende kwaliteiten. Deze zijn beschreven in NEN-EN 10155. De verwerkbaarheid van het materiaal komt overeen met die van (koolstof)staal: elk staalconstructiebedrijf of scheepswerf kan het weervast staal gewoon verwerken. Het materiaal is goed lasbaar; er zijn speciale elektrodes in de handel verkrijgbaar.

Weervast staal is in het algemeen leverbaar als plaat of coil (zie voor nadere informatie onder meer: www.rautaruukki.com/ten). Het materiaal kan ook in de vorm van walsprofielen worden toegepast. Per profielafmeting moet wel minstens 50 ton worden besteld.

Weervast stalen bevestigingsmiddelen zijn in de handel niet op voorraad verkrijgbaar, maar voor grote projecten kunnen deze uiteraard wel worden geproduceerd. Bij kleine projecten kan gebruik gemaakt worden van verbindingmiddelen van roestvast staal, koper of gewone 'zwarte' bouten. Het gebruik van verzinkte bouten is niet zinvol, omdat het zink door galvanische corrosie spoedig verdwijnt.

• NEN-EN 10155 (Weervast constructiestaal. Technische leveringsvoorwaarden), 1993.

Milieu-eigenschappen

Evenals koolstofstaal is ook weervast staal voor 100% recyclebaar. Aangezien de hoeveelheid weervast-staalschroot erg gering is, bestaat er geen afzonderlijke kringloop voor. Bij het afdanken van een constructie wordt waarschijnlijk niet eens opgemerkt dat het om weervast staal gaat; het verdwijnt dan vermoedelijk in de 'gewone' staalkringloop. In de eerste jaren spoelt het regenwater de gevormde corrosieproducten af. Roestwater kan zonder negatieve gevolgen door de natuur worden opgenomen. Indien van een constructie de patina wordt verwijderd, treedt enige emissie van koper op.

Toepassingen

Behalve blootstelling aan 'weer en wind' is een belangrijke voorwaarde bij het ontwerp dat goed rekening wordt gehouden met het afkomende roestwater. Bij veel toepassing begin jaren zeventig van de vorige eeuw is dit aspect verwaarloosd. Bij een gevelbekleding in weervast stalen boven de ingang van een kantoor bijvoorbeeld kon een achteraf aangebrachte goot nog uitkomst bieden, maar bij vele andere toepassingen liet het roestwater sporen achter.

Gevelbekleding

Als gevelbekleding is weervast staal de laatste jaren in Europa populair. In Nederland staat het sinds de jaren tachtig in de belangstelling. Recent uitgevoerde projecten zijn het gebouw voor de RVU in Hilversum^[6] en twee woningen aan de Scheepstimmermanstraat in Amsterdam^[7].

Brug in het Rembrandtpark, Amsterdam.
Brugdekconstructie in weervast staal.



Informatiegebouwtje Vallée du Ferrand langs de N91
tussen La Grave en Le Bourg-d'Oisans (Frankrijk)



Blootstelling aan 'weer en wind' moet het basisprincipe zijn bij het detailleren. Dit betekent onder meer dat twee geveldelen niet tegen elkaar moeten worden bevestigd om capillair optrekkend vocht te voorkomen. Verder wordt aanbevolen de gevel uit te voeren als een 'koude-warme' gevel met een sterk geventileerde spouw. De voorwaarden voor dit laatste kunnen worden ontleend aan NEN 1068^[8]. Eventueel optredend condenswater moet de constructie gecontroleerd kunnen verlaten.

Indien een egale verkleuring gewenst is, moeten beregning en afstroming van regenwater gelijkmatig gebeuren. Afstromend roestwater mag niet over kozijnen en glas lopen; waterholten zijn dus noodzakelijk! De recente publicatie *COR-TEN façades*^[9] geeft een aantal principedetails voor weervast stalen gevelbeplatingen.

Waterslagen onder de gevelbekleding zijn nodig om het aflopende (roest)water voldoende ver van de gevel te brengen. Laat roestwater niet via beton of een ander moeilijk te reinigen materiaal lopen. Roestwater kan wel worden afgevoerd via onder meer roestvast staal, geglazuurde stenen en aluminium. Ook bij deze materialen laat het de eerste jaren sporen achter maar deze zijn te verwijderen.

Draagconstructies voor gebouwen

Opdrachtgevers hebben meestal een voorkeur voor een draagconstructie binnen het gebouw, omdat constructies die worden blootgesteld aan het Nederlandse buitenklimaat over het algemeen onderhoud nodig hebben. Voor

weervast staal telt dit bezwaar niet; bij een buitengeplaatste draagconstructie hoeft de opdrachtgever niet voor onderhoudskosten te vrezen. Een voorbeeld van zo'n constructie is te vinden bij een kantoorgebouw voor De Gist- en Spiritusfabrieken (de huidige DSM-vestiging) in Delft.

Wanneer aan de draagconstructie van een hal een brandwerendheid van 60 minuten of meer wordt geeïst, kan een uitwendig geplaatste draagconstructie van weervast staal financieel aantrekkelijk zijn.

Voor de draagconstructie binnen gebouwen heeft toepassing van weervast staal geen zin. Daar vormt zich toch al nauwelijks corrosie; bovendien worden deze constructies niet berekend, zodat zich ook geen beschermde laag kan vormen.

Infrastructuur

Weervast staal wordt in Amerika al sinds 1937 gebruikt voor bruggen^[10]. Niet in alle gevallen was de toepassing daar even succesvol. Het kwam voor dat water met dooizouten in de constructie kon doordringen, waardoor de patinavorming niet plaatsvond. De meest voorkomende fout was dat water in de constructie bleef staan. In enkele 'states' is de toepassing inmiddels nu toch zo vanzelfsprekend dat de U.S. Department of Transportation een richtlijn voor weervast stalen bruggen ontwikkelde^[11]. Sinds eind jaren zestig van de vorige eeuw worden er ook in Duitsland bruggen in weervast staal gebouwd^[8]. Ook daar was de uitvoering niet altijd optimaal waardoor er toch enig onderhoud nodig was. Inmiddels zijn bij



Woonhuis aan de Scheepstimmermanstraat 42, Amsterdam. De gevel in weervast staal geeft de woning een bewuste robuuste uitstraling.



Vogelobservatiepost, Zwanenwater bij Callandsoog, gefabriceerd bij een scheepswerf in Rotterdam.

onze Oosterburen praktische aanbevelingen voor de uitvoering beschikbaar.

In Nederland is weervast staal uitsluitend toegepast bij bruggen met een locale overheid als opdrachtgever. De oudst bekende toepassing dateert uit 1972: een brug in Deventer. Een recent voorbeeld is de toepassing bij bruggen in het Rembrandtpark in Amsterdam^[12]. De William Pont-brug in Zaanstad^[13] laat een bijzondere toepassing van weervast staal zien. Hier is weervast staal niet gekozen vanwege het uiterlijk, maar omdat de onderhoudsbehoefte aanzienlijk lager is dan bij gecoat (koolstof)staal, zo luidt de motivatie. Bij gecoat weervast staal treedt bij beschadigingen minder snel onderroest op. In het Jopie Huisman Museum in Workum^[14] is het weervast staal gecoat om de karakteristieke roodbruine roestkleur te handhaven zoals die in de eerste maanden na de bouw aanwezig is.

Andere toepassingen

Weervast staal is daarnaast onder meer toegepast bij kunstwerken, beelden, loodsens, observatiehutten, elektriciteitsmasten en steigers. Bij de meeste daarvan zullen de 'preciezen' van mening zijn dat weervast staal daar niet geheel op zijn plaats is. Zeker waar delen van de constructie zich in het water of de 'splash zone' bevinden, hebben deze ook de waarheid aan hun zijde. De 'rekkelijken' lossen dit probleem op door voor deze gedeelten (koolstof)staal toe te passen en met de norm voor damwanden^[16] de corrosietoeslag in rekening te brengen. In de praktijk blijkt deze werkwijze goed te voldoen.

Literatuur

1. C.W. Bierens de Haan, 'Toepassing van weervaste staalsoorten', *Bouwen met Staal* 3 (1969) 8, p. 1-7.
2. E. Nagel Soepenbergh, 'Weervast staal', *Bouwen met Staal* 9 (1975) 33, p. 22-28.
3. C.W. Bierens de Haan, 'Een voets-fietsbrug in weervast staal', *Bouwen met Staal* 12 (1978) 44, p. 16-17.
4. *NEN-ISO 9223* (Corrosie van metalen en legeringen. Corrosiviteit van de atmosfeer. Classificatie), 1997.
5. *NEN-ISO 9224* (Corrosie van metalen en legeringen. Corrosiviteit van de atmosfeer. Richtwaarden voor de corrosiviteitscategorïen), 1997.
6. J.J. van Rijs, 'Het nieuwe medialandschap', *Bouwen met Staal* 31 (1998) 140, p. 14-17.
7. 'Gewel woonhuis', *Bouwen met Staal* 33 (2000) 156, p. 91.
8. *NEN 1068* (thermische isolatie van gebouwen. Rekenmethoden), 2001, met aanvullingsblad 2001.
9. *Cor-ten façades*, Hämeenlinna 2001. Te bestellen bij Bouwen met Staal, prijs € 55,00 (€ 45,00 voor leden BmS); zie *Bouwen met Staal* 164, p. 55.
10. R.J. Schmitt, *Development and application of weathering steels* (Publication FHWA-A-TS-89-016), uitgave Federal Highway Administration Forum on Weathering Steels for Highway Bridges, Alexandria, Virginia 1989.
11. FHWA Technical Advisory T 5140.22, *Uncoated weathering steel in structures, U.S.*, uitgave Department of Transportation.
12. K. Peterse, 'Glanzende libellen van staal en glas', *Bouwen met Staal* 34 (2001) 158, p. 42-45.
13. 'William Pont-brug', *Bouwen met Staal* 29 (1996) 132, p. 133.
14. 'Galerij Jopie Huisman Museum, Workum', *Bouwen met Staal* 25 (1992) 108, p. 128.
15. M. Fischer en U. Roxlau, *Anwendung wetterfester Baustähle im Brückenbau* (Project 191), uitgave Studiengesellschaft Stahlanwendung e.V., Düsseldorf 1992.
16. *NVN-ENV 1993-5* (Eurocode 3. Ontwerp en berekening van staalconstructies. Deel 5. Damwanden), 1998.