

Ontwerpspecificatie Staalconstructie

Conservering en onderhoud als uitgangspunt voor ontwerp van staalbouwconstructies en de hier in voorkomende verbindingen

**Uitgave in het kader van het PSIBouw-project
Professionaliseren Staalconserveren**

Werkgroep: Productkwaliteit

Documentcode: SCON-2008-498-TCE

Versienummer: 1.0

Status: Definitief

Datum: 30-10-2008

Auteur(s):

Ir. W.H. Verburg

Adviesbureau voor Bouwmarketing

Met medewerking van:

Ing. J. van Montfort
 Ing. L.F.J.M. Linssen
 Ing. G. Jonkers
 N.G. Geelkerken
 P. Braat
 P. Rol
 G. Noordhuis
 E.J. Meeuwse

Intron B.V.
 DeltaRail
 VVVF
 VVVF / International Paint Nederland B.V.
 MOPP B.V.
 (voorheen) NAM/SHELL
 VVVF / Zandleven Groep Holland
 Bodycote RPC

Initiatiefase
 (risico-analyse,
 objectinfo, budget)

Dit document kan worden toegepast in de Ontwerpfase van een project.

Ontwerpfase
 (PvE, vergunningen,
 prestatie-eisen)

**Bestek/contract
 opstellen**

**Aanbesteding &
 gunning**

Uitvoeringsfase

**Garantie/onder-
 houdsfase**

PSIBouw project O210 Professionaliseren Staalconserveren

Projectleider Ir. A. Heutink 30 oktober 2008



Voorzitter Stuurgroep Prof.Ir. E.L.J. Bancken 30 oktober 2008



Het project en dit document

Het project Professionaliseren Staalconserveren is onderdeel van het Programma PSIBouw. PSIBouw is een netwerk van vernieuwers in de Nederlandse bouwsector.

Dit document is ontwikkeld door ketenpartijen in de sector staal en staalbescherming in het project. In dit project werken de volgende ketenpartijen samen aan technische en organisatorische vernieuwingen:

- Sectorvereniging Staalconserveringsbedrijven (SVMB)
- Vereniging van Verf- en Drukinktfabrikanten (VVVF)
- Bouwen met Staal (BmS)
- Samenwerkende Nederlandse Staalbouw (SNS)
- Opdrachtgeversoverleg Staalconservering (OGOS)
- Ingenieursplatform Staalconserveren
- Wetenschap (TUD, TU/e, UT).

PSIBouw staat voor Proces- en Systeeminnovatie in de Bouw. Dit innovatieprogramma is van en voor alle opdrachtgevers, bedrijven, adviseurs en wetenschappers en de bouwsector. PSIBouw brengt hun kennis en ervaring samen én stelt deze beschikbaar voor de hele bouwsector.

Binnen het project Professionalisering Staalconserveren zijn gezamenlijke inzichten en documenten ontwikkeld die, specifiek voor toepassing in de sector staal en staalconservering, invulling geven aan de PSIBouw hoofdthema's transparantie, innovatie en prijs/kwaliteitverhoudingen.

Dit document is één van deze documenten.

PSIBouw streeft brede toepassing na van de ontwikkelde kennis en inzichten. Daarom rust op dit document geen auteursrecht en mag eenieder (delen van) dit document gebruiken in de eigen bedrijfspraktijk. Voor een correcte toepassing van (delen van) dit document is echter wel inhoudelijke conserveringskennis noodzakelijk.

Dit document wordt beheerd door het Kennisplatform Duurzame Staalconstructies i.o. Voor meer informatie: www.staalplaza.nu

Samenvatting

Deze brochure informeert constructeurs en architecten over het ontwerp van de constructie, verbindingen en het onderhoud van staalconstructies in relatie tot de keuze van een conserveringssysteem. Er is aangegeven welke aspecten van belang zijn bij het kiezen van ontwerpdetails als de constructie wordt geconserveerd, hoe de agressiviteit van de omgeving ingeschat kan worden, op welke wijze de mate van corrosie aangegeven wordt, welke strategieën er zijn en hoe verbindingen gedetailleerd kunnen worden om het benodigde onderhoud te beheersen. Daarbij staat life cycle cost (LCC) denken centraal.

Inhoudsopgave

1	ACHTERGROND	6
1.1	Doel	6
1.2	Relatie tussen ontwerp van de constructie en conservering	7
2	AGRESSIVITEIT VAN DE OMGEVING EN DE CONDITIE VAN DE CONSERVERING	8
2.1	Agressiviteit van de omgeving	8
3	ATMOSFERISCHE CORROSIE	9
3.1	Invloed detaillering	9
4	CONDITIE VAN DE CONSERVERING	10
4.1	Ontwerp van de onderhoudscyclus	11
5	ONTWERP AANBEVELINGEN VOOR STAALCONSTRUCTIES BLOOTGESTELD AAN KLIMAATKLASSE C3- C4	13
5.1	Onderhoudscyclus	13
5.2	Aanbevelingen ontwerp constructie	14
5.2.1	Bij toepassing van een verfsysteem	14
5.2.2	Bij thermisch verzinken (discontinu)	14
5.2.3	Bij thermisch gespoten aluminium/zinkaluminium lagen	14
5.3	Aandachtpunten uitvoering	15
5.3.1	Bij toepassing van een verfsysteem	15
5.3.2	Bij thermisch verzinken (volg ISO 1461)	15
5.3.3	Bij thermisch gespoten aluminium- en aluminiumzin- lagen	15
5.4	Staalbetonconstructies	15
5.5	Ontwerp aanbevelingen voor niet inspecteerbare constructies	15
5.5.1	Corrosie toeslag	15
5.5.2	Conservering en materiaaltoeslag	16
5.6	Aanbevelingen	17
5.6.1	Cases	17
5.6.2	Zware staalconstructie - Havenkranen	17
5.6.3	Spoorviaduct Rotterdam	17
5.6.4	Bascule Brug Rijn-Schiekanaal (Brug voor Langzaam verkeer Kanaalweg 48/49)	18
6	LITERATUUR & NORMEN	19

1 Achtergrond

Voor veel opdrachtgevers zijn anno 2007 bij de materiaalkeuze naast de hoogte van de investering ook de kosten van het onderhoud en de beschikbaarheid van het betreffende object van belang. Meer en meer wordt de keuze van het materiaal en het hierop gebaseerde ontwerp gekozen op basis van life cycle costing (LCC).

De life cycle kosten van een staalconstructie blootgesteld aan een corrosief klimaat zijn sterk afhankelijk van de kosten van het onderhoud. Hoewel reeds velen jaren bekend is dat deze kosten vergaand op de 'tekenplank' bepaald worden is er nog geen hulpmiddel beschikbaar om deze wijsheid in de praktijk concreet toe te kunnen passen. Deze publicatie wil hierin voorzien.



mouseholes volgens ISO 12944

Bij het opstellen van deze publicatie is gebruik gemaakt van ISO 12944 & NPR 7452. De in ISO 12944 aangegeven aanwijzingen met betrekking tot het ontwerp zijn op relevantie gewogen en hierdoor beter bruikbaar in de ontwerp praktijk. Volgens deze inzichten is bijvoorbeeld het toepassen van zogenaamde mouseholes niet zinvol. Toepassing hiervan veroorzaakt meer problemen dan het voorkomt.

In ISO 12944 is ook aangegeven dat het wenselijk is lassen na te slijpen. Dit dient echter gezien te worden als een noodmaatregel. Een goed uitgevoerde las is goed conserveerbaar, het slijpen van een goed(gevloeiende) las is niet wenselijk.

1.1 Doel

Met deze publicatie als leidraad en aanvulling op bestaande normen en richtlijnen kunnen onderhoudsscenario's en de bijbehorende onderhoudscyclus gekozen worden op basis waarvan een ontwerp gemaakt dient te worden. Life cycle costing en de eisen van de eigenaar en/of gebruiker zijn hierbij steeds bepalend voor het realiseren van het ideale ontwerp.

Voor de realisatie van dit doel is het noodzakelijk dat de keuze van de onderhoudscyclus bij het voorlopig ontwerp gemaakt en beschreven wordt. Dit is noodzakelijk voor het kunnen toetsen van het ontwerp zowel met betrekking tot de kwaliteit als de kosten.

1.2 Relatie tussen ontwerp van de constructie en conservering

Een goed functionerende staalconservering gebaseerd op polymere bindmiddelen (verf) verhindert corrosie van staal door het af te sluiten van het corrosieve klimaat. De conservering kan haar functie vervullen, zolang vocht (water) en zuurstof het staal niet bereiken. Daarvoor is het essentieel dat de conservering voldoende dicht is en blijft voor water en zuurstof en voldoende hecht aan de staalconstructie. Dit betekent dat de diffusieweerstand voor zuurstof, water en diverse ionen (zoals chloriden, sulfaten etc) gedurende de voorziene gebruikperiode boven een bepaald niveau blijven. Het ontstaan van scheuren in de conservering moet dus worden voorkomen! Hiervoor moet de ontwerper (m/v) rekening houden met de volgende aspecten:

- Indien een constructie mogelijk onderhoud behoeft moet de constructie inspecteerbaar en bereikbaar zijn. Zo mogelijk zonder mobiele kranen of steigerwerk. Uit onderzoek is gebleken dat de kosten van onderhoud in zeer sterke mate hiervan afhankelijk zijn.
- Voorkomen dat er water in de constructie blijft staan
- Maak constructies met een klein uitwendig oppervlak, de kosten van onderhoud zijn immers een functie van het te onderhouden oppervlak
- Scheurinitiaties in de conservering voorkomen door discontinuïteiten in het oppervlak, met name bij verbindingen, zoveel mogelijk te voorkomen. Indien dit niet mogelijk is kan de toepassing van een metallische deklaag overwogen worden
- Constructie zodanig bereikbaar maken dat de coating relatief eenvoudig en vrij van fouten aangebracht kan worden. Bewerkte randen¹ moeten in dit kader afgerond worden met een straal van 2 mm.

1 De randen van staalhalffabrikaten zijn tijdens het walsproces gevormd. Deze randen blijken redelijk conserveerbaar te zijn. Randen van staalhalffabrikaten die ontstaan zijn bij een bewerking, de zogenaamde bewerkte randen, zijn zo scherp dat deze zonder afronding niet conserveerbaar zijn.

2 Agressiviteit van de omgeving en de conditie van de conservering

2.1 Agressiviteit van de omgeving

Er worden drie omgevingen onderscheiden:

- lucht atmosferische corrosie
- grond ondergrondse corrosie
- water corrosie in het water.

Deze brochure heeft alleen betrekking op atmosferische corrosie. Informatie over de uitvoering van staalconstructies die blootgesteld worden aan grond en water is te vinden in pr.ENV 1993-5 en de handboeken van leveranciers van damwanden.

3 Atmosferische corrosie

Er worden in ISO 12944 een zestal corrosiebelastingsklassen, vaak klimaatklassen genoemd, onderscheiden. De klimaatklasse waaraan een staalconstructie blootgesteld wordt is in sterke mate bepalend voor de keuze van de conservering en dus ook voor het ontwerp en de detaillering van de constructie. Bij het ontwerp kan op basis van ISO 12944 de klimaatklasse gekozen worden waar de constructie als geheel aan blootgesteld wordt. Deze klimaatklasse wordt aangeduid als 'macroklimaat'.

Naast het macroklimaat zijn er ook delen van de constructie die aan een 'zwaarder' klimaat blootgesteld worden, als dit optreedt spreekt men van een microklimaat. Dit is o.a. het geval met die delen van de constructie die sterk afkoelen waardoor er vaak condens aanwezig is (zogenaamde dauw/condens vlakken). Constructies die wel vochtig worden maar niet blootgesteld zijn aan 'weer en wind' verdienen extra aandacht. Het meest berucht is staal dat omgeven is door metselwerk zoals voorkomt in beregende buitenspouwbladen; dit staal is blootgesteld aan klimaatklasse C4!

3.1 Invloed detaillering

Corrosie bij staalconstructies concentreert zich meestal bij verbindingen. De verklaring hiervoor is dat de staalconstructie nabij een verbinding vaak langer vochtig blijft en dat daar de kans op defecten in de conservering tijdens het aanbrengen of als gevolg van scheuren het grootst is. Daarbij speelt ook nog dat de laagdikte van de conservering op die locaties vaak afwijkt van de wenselijke dikte hetgeen de kans op scheuren in de conservering ook vergroot. Het spreekt voor zich dat dit sterk verband houdt met de bereikbaarheid en detaillering van de constructie. De detaillering dient dus zodanig te zijn dat de gehele constructie blootgesteld wordt aan een bepaalde klimaatklasse, m.a.w. dat het optreden van microklimaten voorkomen wordt, en dat de conservering volgens de specificatie aangebracht kan worden. Dunne lagen en dikke lagen moeten voorkomen worden.

4 Conditie van de conservering

Voor het ontwerp van de onderhoudscyclus van de staalconstructie is het noodzakelijk bij het ontwerp van de constructie en de keuze van de conservering afspraken te maken met de opdrachtgever over de te verwachten prestaties van de conservering. Dit is bijvoorbeeld de mate waarin er tijdens de exploitatie periode corrosie op mag treden. Andere prestatie-eisen aan conserveringssystemen zijn bijvoorbeeld weerstand (tolerantie) tegen scheurvorming of verkleuring.

Bij de keuze van een conservering is het belangrijk zich te realiseren dat de eigenschappen van een conservering onder invloed van het klimaat veranderen. De mate waarin is afhankelijk van het type conservering en het klimaat. Daarom moet bij de keuze van een conserveringssysteem in ieder geval worden onderzocht of bijvoorbeeld de coating aan deze prestaties, gegeven de verwachte omstandigheden, kan blijven voldoen.

Als het aspect roest nader wordt beschouwd, kan gebruik worden gemaakt van de zogenaamde roestschaal Ri volgens ISO 4628. Een roestschaal geeft aan welk percentage van het staaloppervlak gecorrodeerd mag zijn. ISO 4628 maakt onderscheid in 6 roestschalen.

Ri 0	0,00 %
Ri 1	0,05 %
Ri 2	0,50 %
Ri 3	1,00 %
Ri 4	8,00 %
Ri 5	45,00 %

tabel Roestschalen en % geroest oppervlak

De roestschaal van een constructie geeft geen informatie over sterkte van de constructie en ook niet over de materiaalkundige conditie van het conserveringssysteem. Doorgaans is bij Ri 3 de sterkte van een constructie nog niet afgenomen.

Welke roestschaal bepalend is voor het plegen van onderhoud² is afhankelijk van het type constructie en de resterende gewenste levensduur van zowel de staalconstructie als het conserveringssysteem. Bij constructies waar hoge eisen gesteld worden aan de esthetica is onderhoud wenselijk bij Ri 1 à 2. Indien dit niet het geval is worden constructies veelal onderhouden bij Ri 3. Het onderhoud bij deze percentages corrosie kan nog uitgevoerd worden zonder dat de gehele constructie gestraald dient te worden. Als er geen esthetische eisen gesteld worden kan de noodzaak van onderhoud bepaald worden met behulp van een berekening van de materiaal afname in de tijd; zie hierbij verder in deze brochure.

² Hier is de conditie van conservering waarop onderhoud uitgevoerd kan worden in algemene zin beschreven. In de praktijk is dit sterk afhankelijk van het beleid van de opdrachtgever.

4.1 Ontwerp van de onderhoudscyclus

Anno 2006 dient het streven naar minimale exploitatiekosten van een constructie leidend te zijn bij het ontwerp, de realisatie en het onderhoud van staalconstructies. Ter ondersteuning van deze wijze van werken zijn er in deze brochure een aantal onderhoudscycli beschreven die deze werkwijze mogelijk maken.

Bij de bepaling van de onderhoudscyclus zijn de realisatie van minimale exploitatiekosten het uitgangspunt. Voor het bepalen van deze cyclus dienen de volgende uitgangspunten bekend te zijn:

- de klimaatklasse waarin de constructie dient te functioneren (Klimaatklasse C)
- de mate waarin het staal mag corroderen (Roestschaal R_i en materiaal afname)
- de bereikbaarheid van de constructie voor het uitvoeren van inspecties en onderhoud
- de degradatiesnelheid van de conservering

De klimaatklasse (C) waarin de constructie dient te functioneren is bij het ontwerp bekend. De keuze van R_i is afhankelijk van de gebruiksfunctie en het beleid van de opdrachtgever. Het al of niet bereikbaar zijn van de constructie wordt bij het ontwerp van de constructie bepaald. Permanente constructies die blootgesteld zijn aan het buitenklimaat dienen eenvoudig bereikbaar te zijn voor de uitvoering van inspecties en onderhoud.

De degradatiesnelheid van de conservering kan niet zonder meer gekoppeld worden aan de tijdsduur die verstrijkt tot de toegestane roestschaal bereikt is. Indien roest wordt waargenomen dan betekent dit dat ter plaatse het conserveringssysteem faalt als gevolg van een slechte detaillering van de constructie, onzorgvuldig aanbrengen of als gevolg van overmatige degradatie. Het spreekt voor zich dat de gevolgen en te treffen maatregelen in deze gevallen totaal anders dienen te zijn.

De degradatiesnelheid van een conserveringssysteem kan op drie niveaus worden bepaald:

- op basis van ervaringen onder vergelijkbare omstandigheden (track records)
- met versnelde testen in het laboratorium
- met computermodellen

Uiteraard zijn ook combinaties mogelijk. Zie hiervoor de notitie productkwaliteit.

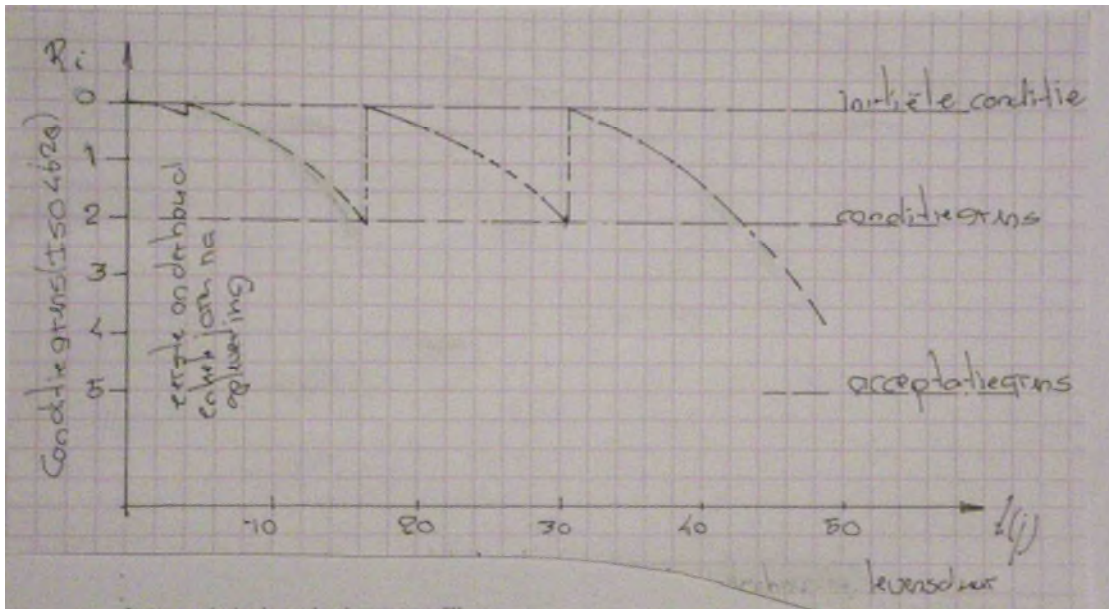
In ISO 12944-deel 1 is echter een indicatie voor de tijdsduur van onderhoudscycli aangegeven:

Lage duurzaamheid	2 tot 5 jaar
Gemiddelde duurzaamheid	5 tot 15 jaar
Hoge duurzaamheid	langer dan 15 jaar.

Deze zijn gebaseerd op het bereiken van $R_i = 3$ en alleen van toepassing voor constructies die zich in een corrosief klimaat bevinden (klimaatklasse C2 en hoger). De lengte van de onderhoudscycli is dus afhankelijk van de gekozen kwaliteit van conservering (zie hiervoor de notitie productkwaliteit) wat betreft beschermende eigenschappen in de tijd en toleranties voor de applicatie op de gegeven detailleringen van de te conserveren constructie. De staalconstructie dient zodanig gedetailleerd te worden dat er een optimum wordt gevonden tussen 'constructie' en 'conservering'.

Naast onderhoud ten behoeve van het voorkomen van corrosie komt het voor dat er na verloop van tijd een andere kleur gewenst is! Ook hiervoor dient de constructie inspecteerbaar en bereikbaar te zijn.

Dankzij de toegenomen kennis over de degradatiemechanismen van conserveringssystemen is het medio 2007 mogelijk een conservering te kiezen met een onderhoudsvrije periode in de orde van 15 jaar. Bij moeilijk te onderhouden constructies is de toepassing hiervan te overwegen.



Ontwerpstrategie op basis van conditiegrenzen.

Indien een zeer lange onderhoudsvrije periode gewenst is, kan de constructie thermisch verzinkt of gemetalliseerd (met thermisch spuitproces aanbrengen van een metaallaag, meestal zink of aluminium legeringen) worden. Bij constructies blootgesteld aan klimaatklasse C3 volgens ISO 12944 kan bij een zorgvuldige uitvoering 50 jaar bereikt worden. Als op basis van esthetische overwegingen gekozen wordt voor een combinatie van verzinken en een verfsysteem, bepaalt de snelheid van degradatie van de verf de lengte van de onderhoudscyclus.

Met de gekozen onderhoudsvrije periode kan de ontwerp strategie in een figuur weergegeven worden. Op basis hiervan blijkt hoe vaak de constructie bij een gegeven economische levensduur onderhouden dient te worden. De hierbij gehanteerde onderhoudscycli zijn indicatief.

5 Ontwerp aanbevelingen voor staalconstructies blootgesteld aan klimaatklasse C3- C4

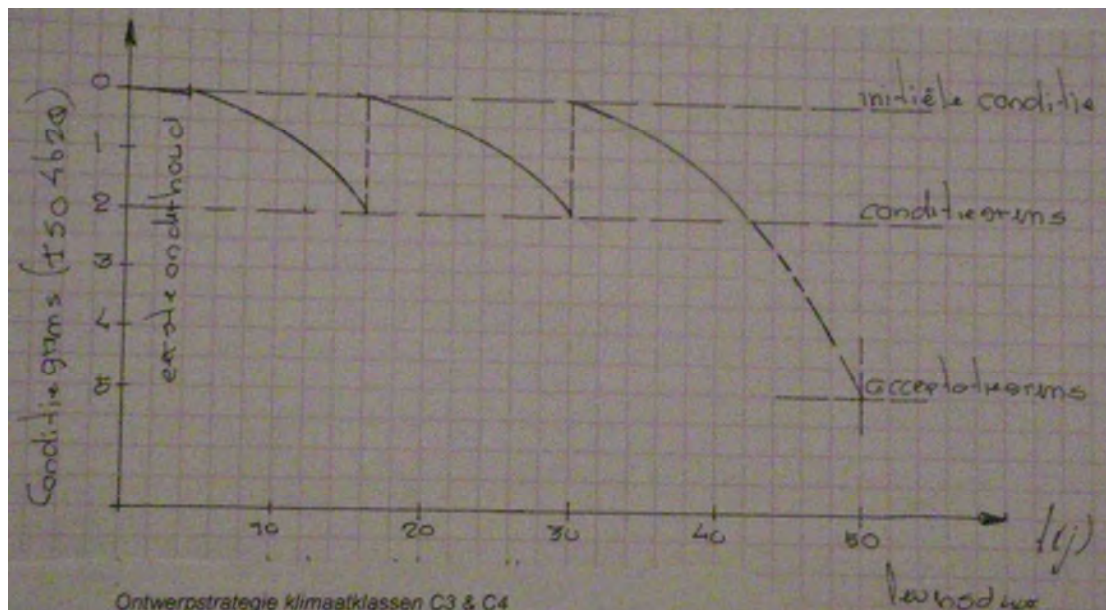
Uitgangspunten

- exploitatieperiode langer dan 50 jaar
- de constructie is bereikbaar voor inspectie en onderhoud
- er worden voorzieningen getroffen voor het uitvoeren van inspecties en onderhoud
- de constructie wordt voorzien van een conserveringssysteem
- toegestane degradatie conservering roestschaal op basis van de roestschaal: bij $R_i = 2$ à 3 .

5.1 Onderhoudscyclus

Bij constructies blootgesteld aan klimaatklasse C3 & C4 en genoemde uitgangspunten is het op basis van LCC gewenst om bij toepassing van een coating uit te gaan van een onderhoudscyclus in de orde van 15 jaar. De constructie zal in de exploitatieperiode een aantal malen geïnspecteerd en onderhouden dienen te worden. Bij de uitvoering van onderhoud kan gekozen worden voor bijwerken dan wel geheel overschilderen. Bijwerken zal waarschijnlijk ook de eerste jaren na oplevering moeten worden uitgevoerd (beschadigingen).

Op basis hiervan kan de onderhoudscyclus met een figuur weergegeven worden.



Ontwerpstrategie klimaatklassen C3 & C4

5.2 Aanbevelingen ontwerp constructie

5.2.1 Bij toepassing van een verfsysteem

Voor de realisatie van de gewenste onderhoudscyclus zijn de aanbevelingen:

- ontwerp een systeem waarmee de constructie bereikbaar is voor inspectie en de uitvoering van onderhoud
- kies voor een gesloten constructie met een minimaal te onderhouden oppervlak
- kies zo mogelijk voor koker profielen
- kies minimaal staalklasse B
- kies zo mogelijk gelaste verbindingen zonder schotten
- goede afwatering: voorkom dat er water in de constructie blijft staan (waterbakjes)
 - vermijd nekken (ontmoetingen van profielen in een verticaalvlak onder hoek kleiner dan 30 graden zijn bij conserveren niet bereikbaar)
 - rond de bewerkte randen af: $r=2$ mm (de gewalste randen van bijvoorbeeld strippen, platen en profielen wel voorzetten)
- pas geen kettinglassen toe
- vermijd horizontale schotten, indien schotten onvermijdelijk zijn deze rondom aflassen
- capillaire naden tussen constructiedelen dienen afgelast te worden
- pas thermisch verzinkte bevestigingsmiddelen toe met onderleg ringen
 - vermijd i.v.m. het aanbrengen van de conservering en de uitvoering van onderhoud naden / openingen tussen constructiedelen volgens ISO 12944-Part 3, annex C.
 - indien op basis van constructieve overwegingen 'mouse holes' noodzakelijk zijn deze uitvoeren conform ISO 12944-Part 3, de bewerkte randen afronden met $r = 2$ mm
 - afwatering constructie: let op deze niet loost op de constructie!

5.2.2 Bij thermisch verzinken (discontinu)

Voor de realisatie van de gewenste onderhoudscyclus zijn de aanbevelingen:

- voorkom dat er water in de constructie blijft staan
- kies minimaal staalklasse B
- pas thermisch verzinkte bevestigingsmiddelen toe met onderleg ringen
 - pas voorzieningen toe zodat holle constructies toegankelijk zijn voor vloeibaar zink, deze worden ook wel aangeduid met uitstroomvoorzieningen (anders blijft het te verzinken staal drijven!)
- volg ISO 1461

5.2.3 Bij thermisch gespoten aluminium/zinkaluminium lagen

Voor de realisatie van de gewenste onderhoudscyclus zijn de aanbevelingen:

- sluit holle ruimten af voor lucht en vocht (dus afpersen), dit wordt ook wel 'afboxen' genoemd, de binnenzijden van deze ruimten behoeft niet geconserveerd te worden
- voorkom dat er water in de constructie blijft staan
- kies minimaal staalklasse B
 - construeer zodanig dat de lagen aangebracht kunnen worden, zie Tech-Info-blad nr.TI.05.25 (FME-CWM)
 - vermijd afwateringsgaten, laspoortjes en andere openingen die kleiner zijn dan 100 mm
 - scherpe randen moeten vermeden worden, minimale afrondingsstraal is 3 mm
 - pas rvs-bouten (316) toe en voorkom galvanisch contact tussen de gespoten-laag en de bout met onderlegging.

5.3 Aandachtpunten uitvoering³

5.3.1 Bij toepassing van een verfsysteem

- verwijder lasspetters
- volledig stralen voor het conserveren (Sa 2,5)
- conserveer contactvlakken van verbindingen voor de montage
- randen van profielen 'voorzetten' indien het conserveringssysteem daarvoor is ontworpen en dus voldoende tolerant is voor het aanbrengen van 'dikkelagen'!
- voorkom beschadigingen tijdens het conserveren (controle voor transport).
- voorkom beschadigingen tijdens het transport en de montage
- voer in het kader van de oplevering een nul-inspectie uit

5.3.2 Bij thermisch verzinken (volg ISO 1461)

- let op de chemische samenstelling van het staal, dit i.v.m. het ontstaan van dikke, brosse lagen zink
- de kleur van verzinkt staal is afhankelijk van de materiaaldikte, chemische samenstelling van het staal en de expositie omstandigheden van het verzinkte staal voor de montage
- specificeer de toelaatbare onvolkomenheden (zinktranen, doorgroeilagen en overige verzinkfouten).

5.3.3 Bij thermisch gespoten aluminium- en aluminiumzin- lagen

- de hechtsterkte is afhankelijk van de spuithoek, zie Tech-Info-blad nr.TI.05.25 (FME-CWM)

5.4 Staalbetonconstructies

Staalprofielen die geheel omsloten worden door beton behoeven niet geconserveerd te worden, het volstaat om de walshuid te verwijderen. Als er delen van het staal in het zicht blijven dan dienen deze geconserveerd te worden. Dit is ook van toepassing voor het deel van de flensen ter plaatste van de dekking. Pas bij staalbetonliggers die bijvoorbeeld opgenomen worden in een brugdek 'waterholen' toe!

5.5 Ontwerp aanbevelingen voor niet inspecteerbare constructies

Niet inspecteerbare constructiedelen komen voor in bouwdelen zoals in wanden en vloeren en in spouwen en schachten. Ook de mate waarin deze constructies onderhevig zijn aan corrosie kan bepaald worden m.b.v. de klimaatklasse waarin ze zich bevinden.

5.5.1 Corrosie toeslag

De mate waarin niet-inspecteerbare constructies geconserveerd dienen te worden kan bepaald worden door de materiaal afname ten gevolge van corrosie gedurende de levensduurverwachting van de constructie te bepalen. Deze kan bepaald worden met behulp van ISO 9224 Corrosion of metals and alloys – Corrosivity of atmospheres – Guiding values for the corrosivity categories. In onderstaande tabel zijn de corrosiesnelheden vermeld die in ISO 9224 zijn weergegeven voor staal en zink. Indien de gekozen materiaaldikte niet voldoet dan kan er een materiaaltoeslag toegepast worden.

3 Dit onderwerp dient ook beschreven te zijn in de bijdrage over de proceskwaliteit, denk hierbij aan het uitvoeren van een inspectie van de constructie voordat het verfsysteem aangebracht wordt!

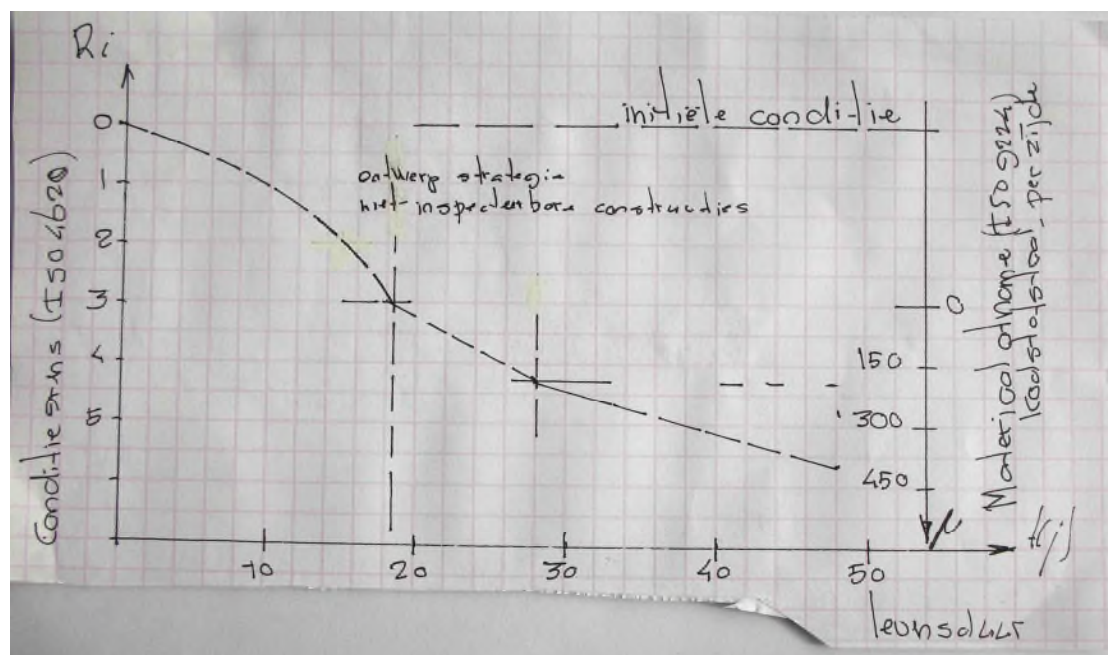
Metal	Gemiddelde corrosiesnelheid (r_{av}) per jaar van (koolstof)staal en zink voor de eerste 10 jaar in micrometer				
	C1	C2	C3C4	C5	
(koolstof)staal	$r_{av} \leq 0,5$	$0,5 < r_{av} \leq 5$	$5 < r_{av} \leq 12$	$12 < r_{av} \leq 30$	$30 < r_{av} \leq 100$
zink	$r_{av} \leq 0,1$	$0,1 < r_{av} \leq 0,5$	$0,5 < r_{av} \leq 2$	$2 < r_{av} \leq 4$	$4 < r_{av} \leq 10$

Metal	Gemiddelde corrosiesnelheid (r_{lin}) per jaar van (koolstof)staal en zink na een blootstelling van 10 jaar in micrometer				
	C1	C2	C3C4	C5	
(koolstof)staal	$r_{lin} \leq 0,1$	$0,1 < r_{lin} \leq 1,5$	$1,5 < r_{lin} \leq 6$	$6 < r_{lin} \leq \infty$	$20 < r_{lin} \leq 90$
zink	$r_{lin} \leq 0,05$	$0,05 < r_{lin} \leq 0,5$	$0,5 < r_{lin} \leq 2$	$2 < r_{lin} \leq 4$	$4 < r_{lin} \leq 10$

Uit de gegeven corrosiesnelheden blijkt dat staal toegepast in klimaatklasse C1 zeer langzaam corrodeert. Staal toegepast in klimaatklasse C1 behoeft op basis van de verwachte materiaal afname dan ook niet geconserveerd te worden.

5.5.2 Conservering en materiaaltoeslag

In die gevallen waar een materiaaltoeslag niet volstaat kan gekozen worden voor een combinatie van conservering en materiaaltoeslag. Het effect van de conservering kan in de beschouwing betrokken worden middels de tijdsduur die er verstrijkt voordat $R_i=3$ bereikt wordt. Het effect van zink kan in rekening gebracht worden middels de tijd die verstrijkt voor het corroderen van de minimaal aanwezige zinklaagdikte.



Ontwerpstrategie voor niet inspecteerbare constructies.

5.6 Aanbevelingen

Staal toegepast in combinatie met capillair materiaal, zoals metselwerk, vraagt extra aandacht. Zo mogelijk dient contact tussen een staalconstructie en nat metselwerk vermeden te worden. Het klimaat in een geventileerde spouw, dan wel droge spouw of kruipruimte komt overeen met klimaatklasse C2. Let op het voorkomen van vochtbruggen ten gevolge van vallende specie, ook ter plaatste van voetplaten. Dus zo mogelijk het staal 40 mm vrij houden van nat metselwerk / capillair materiaal. Staal dat onderdeel is van een hoofddragconstructie en langdurig in contact staat met nat metselwerk dient gedurende de ontwerp levensduur bestand te zijn tegen klimaatklasse C5.

5.6.1 Cases

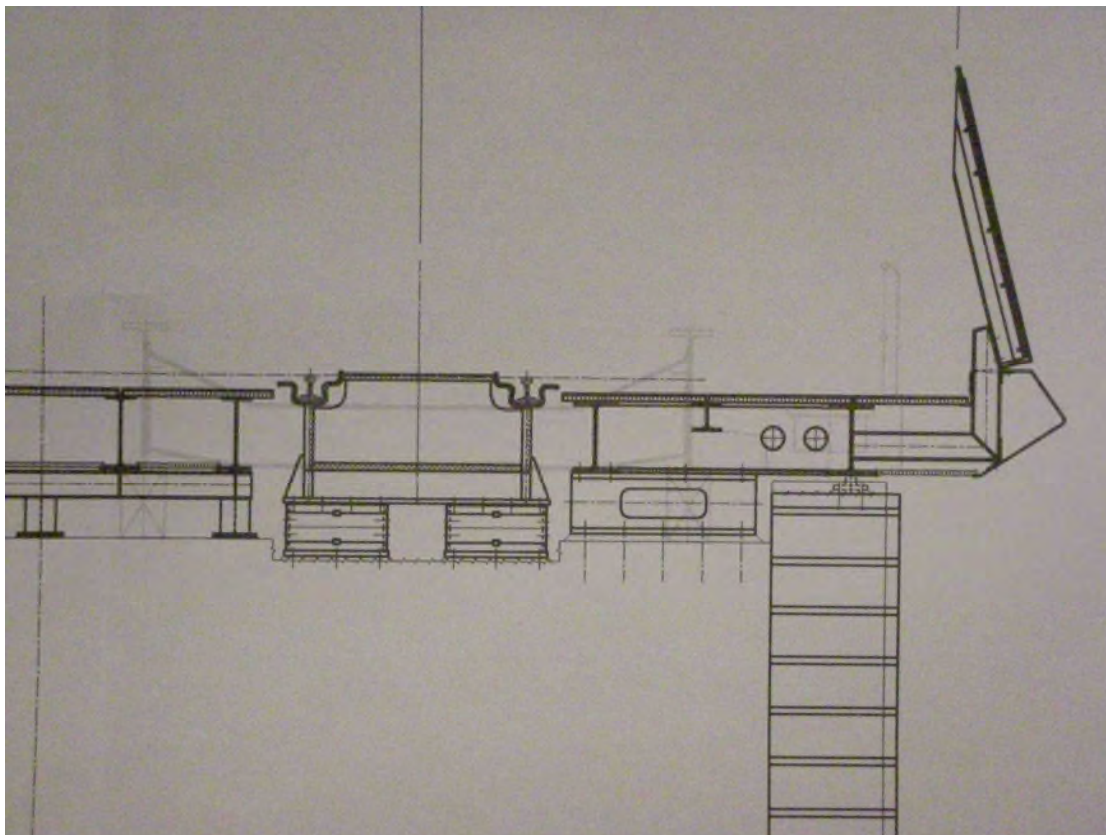
Deze dienen ter illustratie van de boven beschreven werkwijze.

5.6.2 Zware staalconstructie - Havenkranen

De staalconstructies van deze kranen worden van een verfsysteem voorzien. De in deze brochure opgenomen aanbevelingen voor de uitvoering van de staalconstructies blootgesteld aan klimaatklassen C 3 / C4 worden bij deze constructies standaard toegepast. Hiernaast worden secundaire constructiedelen voorzien van rvs-bouten.

5.6.3 Spoorviaduct Rotterdam

Het bereden deel van dit viaduct is als zogenaamde geluidarme brug uitgevoerd.



Om de geluidafstraling van stalen bruggen te reduceren wordt het bereden deel als een

koker geconstrueerd. Hierbij is de materiaaldikte mede afhankelijk van akoestische eisen. Een bijkomend voordeel is dat het staaloppervlak dat aan klimaatklasse C3 blootgesteld wordt minimaal is. Het bereden deel van dit viaduct is van een thermisch gespoten aluminiumlaag voorzien, inclusief sealing en verflaag. Globale beschermingsduur 40 – 60 jaar. Bij het bereden deel zijn de in deze brochure opgenomen aanbevelingen toegepast.

De niet bereden delen zijn thermisch verzinkt en van een verflaag voorzien.

5.6.4 Bascule Brug Rijn-Schiekanaal (Brug voor Langzaam verkeer Kanaalweg 48/49)

De brug is uitgevoerd als een gesloten doos constructie. Hiervoor is gekozen omdat hiermee een minimaal te conserveren oppervalk bereikt wordt. Bovendien leidt dit tot een slankere brug. De doos constructie is afgeperst. Hiernaast is er rekening gehouden met de bereikbaarheid van de constructie voor inspectie en onderhoud. Dit is ook het geval met opleggingen, deze kunnen vervangen worden zonder dat de brug gelicht behoeft te worden.

De kleinere onderdelen van de brug en de bewegingswerken zijn verzinkt. De overige delen zijn van een coating voorzien. De constructie is samengesteld uit platen. De randen van de staalconstructie die bloot gesteld worden aan het buitenklimaat zijn afgerond. Ook de lasspetters zijn natuurlijk verwijderd.

Het resultaat is een fraaie goed te conserveren en onderhouden brugconstructie.

6 Literatuur & Normen

- Literatuur - Spraakverwarring bij verzinken, Stichting Doelmatig Verzinken
- Duurzaamheid van Verbindingen – Resultaten na 3 jaar buitenexpositie, TNO-rapport no. 42/03.007310
 - Arcelor Piling Handbook www.sheet-piling.arcelor.com
 - Tech-Info-blad nr.TI.05.25 (FME-CWM)
- Normen - ISO 9223 Corrosion of metals and alloys- Corrosivity of atmospheres - Classification
- ISO 9224 Corrosion of metals and alloys- Corrosivity of atmospheres – Guiding values for the corrosivity
 - ISO 4628 – part 1 t/m 5: Paints and varnishes – Evaluation of degradation of paint coatings – Designation of intensity, quantity and size of common types of defect
 - ISO 12944 – part 1 t/m 8: Paints and varnishes – Corrosion protector of steel structures by protective paint systems
 - ENV1993 & ENV1994 (Eurocodes Staal & Staal-beton)
 - NEN-ENV1090, de delen 1, 3, 4 & 5 (Vervaardigen van staalconstructies)