

# Te kust en te keur



1. Opstelling Den Helder in 2003.



2. Opstelling Ijmuiden in 1999.

In 1999 is een langdurige buitenopstelling gestart met twaalf zogeheten kunstwerken op twee (kust)locaties in Nederland. Doel: het bepalen van de effecten van bepaalde aansluitingen en (aangebrachte) defecten op de prestaties van verschillende conserveringen. De eerste metingen (2000-'03) leidden tot constatering en aanbevelingen voor de ontwerper. De laatste inspectie (2014-'15) richt zich op de coatings zelf, en heeft een signaalfunctie naar de applicateur en het staalconstructiebedrijf.

De corrosiewering van een staalconstructie valt of staat niet uitsluitend met de conservering (coatings), maar ook met de detaillering van de aansluitingen/knooppunten in de constructie. Hoe goed een coating ook is, met een matige detaillering kan het alsnog verzaken. Dat weer verhoogt de reparatie- en onderhoudskosten, en daarmee ook de levensduurkosten. Daarom is in 1998 beslo-

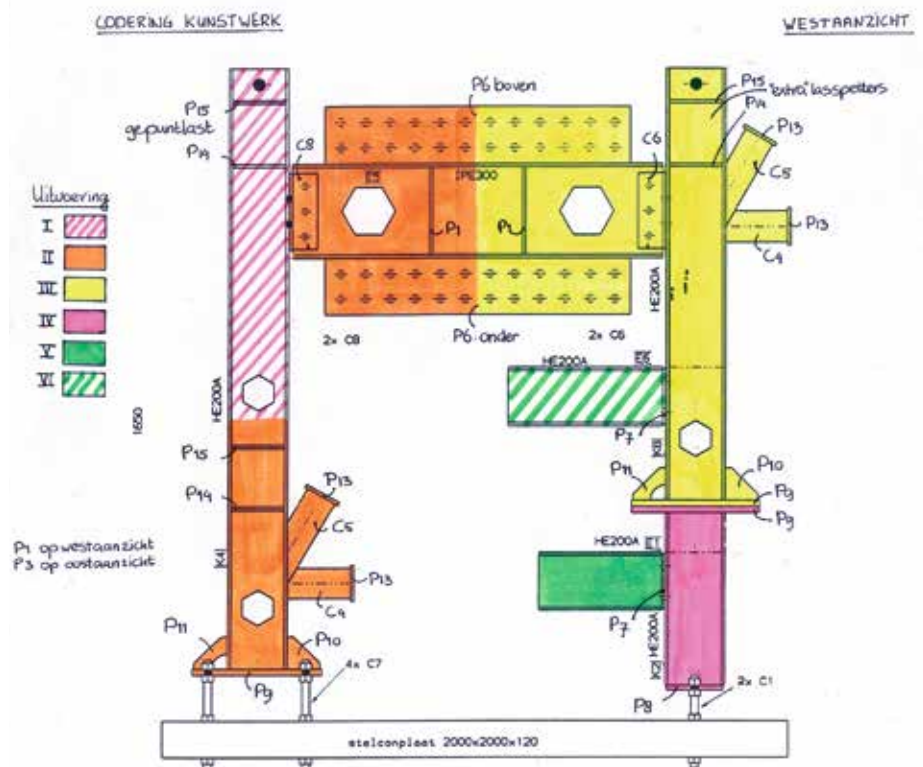
Tabel 1. Niveaus, voorbereiding, klimaatklasse, voorbehandeling en afwerking.

niveau*	voorbereiding	klimaatklasse**	voorbehandeling	afwerking***
I	- geen afgeronde randen - lasspetters niet verwijderd - lassen extra ruw	C1	gestraald Sa2½	coating
II	- gebroken randen 45° - laswerk standaard - lasspetters verwijderd	C2/C3	gestraald Sa2½	coating
III	- randen afgerond - lasspetters verwijderd - laswerk extra zorg gelegd	C4/C5 (I + M)	gestraald Sa2½	coating
IV	- verzinkt en goed		licht aangestraald	coating
V	- verzinkt en minder kwaliteit		te licht aangestraald	coating
VI	- verzinkt en slechte kwaliteit		zeer zwaar aangestraald	coating

\* De kleuren verwijzen naar de gebieden in afbeelding 1.

\*\* Conform ISO 12944 (oplopend van een atmosfeer met lage/geen agressiviteit tot zware agressiviteit/luchtvochtigheid).

\*\*\* Zie kader 50 en 52 voor een indicatie.



3. De constructie van de kunstwerken met de verschillende niveaus in kleur (zie tabel 1).

Tabel 2a. Visueel beoordeelde eindscores (2014) per niveau.

kunstwerk	I	II	III	IV	V	VI
1	8,2	7,5	8,2	9,3	9,5	8,3
2	5,3	4,6	5	9	8,8	7,3
3	2,6	2,6	2,7	2	5,7	6,7
4	8	8	8,7	8,8	8	8,3
5	4,6	4,7	4,7	8	9	8,5
6	3,4	3,7	4,7	8,3	9	9
7	7	7,2	5,7	8	7,9	8,7
8	6,3	7	7,5	8	8,7	8,7
9	9,7	9,7	9,3	9,3	9	9
10	6,8	7,5	6,2	8,7	8,7	8,3
11	9	9	9	10	10	10
12	9,5	9,5	9,5	10	10	10

1. Zeer ernstige gebreken, vervanging is direct noodzakelijk, gevaar voor bezwijken.
2. Zeer veel gebreken, vervanging is noodzakelijk.
3. Veel gebreken, direct onderhoud uitvoeren.
4. Gebreken, binnen 1 jaar verfsysteem volledig verwijderen.
5. Gebreken, binnen 1 jaar lokaal onderhoud en volledig overlagen.
6. Gebreken, binnen 2 jaar lokaal onderhoud is voldoende.
7. Beginnende gebreken, onderhoud uitvoeren binnen 3 jaar.
8. Geringe gebreken, inspecteren inplannen 5 jaar.
9. Zeer geringe gebreken.
10. Geen gebreken.

Tabel 3. Laagdiktemeting verfsysteem (2014) op gestraald staal ( $\mu\text{m}$ ).

kunstwerk	gemiddelde	minimaal	maximaal	standaard deviatie	aantal metingen
1	371	221	706	91	102
2	378	168	765	132	101
3	303	142	856	133	72
4	359	211	654	77	105
5	438	206	1051	146	115
6	224	112	443	71	107
7	251	141	503	70	105
8	426	160	1198	141	104
9	298	171	591	79	105
10	392	231	784	93	116
11	-	-	-	-	-
12	-	-	-	-	-

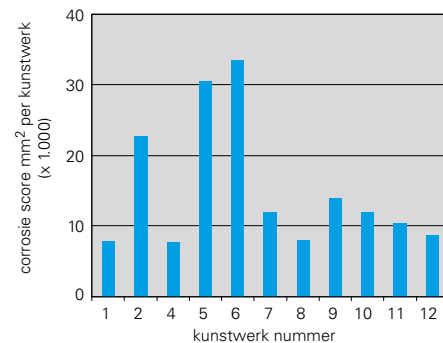
ten, door TC 4 - Duurzaamheid van Bouwen met Staal onder leiding van Huig Bunk van Hoogovens RD&T, om langdurig meerdere gelijke objecten met verschillende coatings van diverse producenten, bloot te stellen aan het buitenklimaat. Dit onder de naam 'Duurzaamheid van verbindingen' en met het doel de effecten en werking te bepalen van bepaalde aansluitingen en (bedoelde) defecten op de prestaties van de coating, en vice versa.

De opgestelde objecten zijn identiek in vorm en kennen verschillende onderdelen en afwerk-niveaus (afb. 3 en tabel 1). Om eventuele maatregelen en gedrag te beoordelen, zijn hierbij 'defecten' die in de praktijk voorkomen, aangebracht. Te denken valt aan mouseholes, gebroken of rechte hoeken,

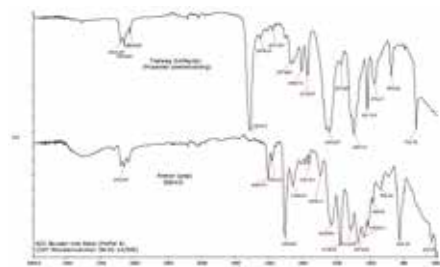
punt-, ketting- en volle lassen, lasspetters en te licht of te zwaar aanstralen van het thermisch verzinkte oppervlak. Ook zijn verschillende bevestigingsmiddelen (materialen) gebruikt om onderling te kunnen beoordelen. Het project is tweeledig, het eerste deel is reeds gedocumenteerd<sup>[1], [2]</sup>. Nu zijn ook de metingen van het tweede deel bekend.

#### Metingen op twee locaties

In totaal zijn twaalf kunstwerken (staaltypen A) gemaakt en gemonteerd, genummerd van 1 tot en met 12. Tien staan op het TNO-terrein in Den Helder (afb. 1) en twee op het huidige Tata-terrein in IJmuiden (afb. 2), de laatste twee zijn 'replica's' van twee uit Den Helder (kw 7 en 10). Het verschil tussen de objecten is het toegepaste verfsysteem, al of



Tabel 2b. Corrosiescore nulmeting (TÜV, 2000).



4. Voorbeeld van een spectrum van kunstwerk 9: primer en toplaag.

#### Sponsors en betrokken partijen ku(n)stwerken deel 1 (1999-2003).

Baril Coatings, Bedrijfschap Schildersbedrijf, Deege Metaalfinishing, Hempel Coatings, AKZO nobel, Jotun Paints, Nedcoatgroup, SigmaKalon, Verzinkerij Weert, Zandleven Coatings, Oostingh Staalbouw, Metaalbescherming Katwijk, Hoogovens, Stichting Doelmatig Verzinken, NIL, VOM, Rijkswaterstaat, NS, ABT, Telford Consult, Gemeentewerken Rotterdam, Rijksgebouwendienst, Iv-Consult, ECCS, Ter Steege, TNO Industrie en Techniek.

#### Sponsors en betrokken partijen ku(n)stwerken deel 2 (2014).

Staalfederatie Nederland, SNS, Tata Steel, Coatinc, Hillebrand, Drecht Coating Services, Kabecon, COT, OGOS/Rijkswaterstaat, M2i.

niet met een verzinkte onderlaag. De kennis van het gedrag van de coating is bedoeld voor de verfproducent zelf.

De twee locaties zijn gekozen om de corrosiebelastingklasse C5-M (maritiem) en C5-I (industriële) te vergelijken. Voortijds zijn de twee constructies in IJmuiden verplaatst van een locatie vlakbij de hoogovens naar een 2,5 km verderop gelegen terrein achter een kantoorgebouw. Een bedoeld vergelijk tussen I en M loopt dus spaak.

Het project heeft twee meetperiodes: 2000-'03 en '14. In het eerste tijdvak zijn de metingen gedaan door TNO Industrie en Techniek (nu TÜV Rheinland) en zijn specifiek bedoeld om de combinatie ontwerp-conservering te beoordelen met name op de detaillering. Eén kunstwerk valt buiten de boot,

## Literatuur

1. R. van der Kaaden en H.J. Tiemens, 'Duurzaamheidsproject verbindingen geeft resultaten', *Bouwen met Staal* 182 (februari 2005), p. 46-47.
2. W.H. Verburg, *Duurzame verbindingen. Corrosiebestendig en onderhoudsarm detailleren van staalconstructies*, Bouwen met Staal, Zoetermeer 2007.

Tabel 4. Laagdiktemeting (2014) thermisch verzinkt staal + verfsysteem (µm).

kunstwerk	gemiddelde	minimaal	maximaal	standaard deviatie	aantal metingen
1	382	127	560	105	41
2	270	131	669	96	36
3	-	-	-	-	-
4	381	223	488	70	43
5	547	274	761	111	47
6	391	269	636	75	44
7	286	177	551	82	47
8	429	241	634	91	60
9	394	284	567	67	40
10	298	164	471	62	47
11	-	-	-	-	-
12	-	-	-	-	-

Tabel 5. Laagopbouw microscopisch onderzoek (µm).

kunstwerk	1e laag	2e laag	3e laag	totaal
1	320-343	83-89		375-422
2	62-77	53-58		262-264
3	310-347	236-241		541-574
4	42-69	165-187	30-46	248-287
5	104-169	177-210	106-121	453-477
6	184-196	103-134		297-324
7	110-124	223-231		343-394
8	60-82	209-239	28-32	320-330
9	66-102	155-191		235-284
10	103-122	69-89		179-197
11	116-125	111-116		227-238
12	63-119	21-44		252

### Type bindmiddel

De bepaling van het type bindmiddel is uitgevoerd conform COT-werkinstructie 20.02.01 via een Fourier Transformatie Infra Rood Spectroscopie (FTIR). Hierbij is gebruik gemaakt van een Spectrum BX FT-IR-spectrometer met een Golden Gate Single Reflection Diamond ATR als accessoire. Van de primer en toplaag is een spectrum gemaakt (zie *afb. 2* voor een voorbeeld van kunstwerk 9). De spectra zijn vergeleken met alle in de digitale bibliotheek aanwezige spectra. De resultaten staan hieronder.

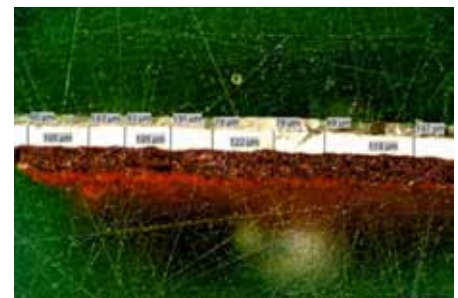
kunstwerk	primer	toplaag
1	epoxy	polyurethaan
2	epoxy	polyurethaan
3	epoxy poedercoating	polyester poedercoating
4	epoxy	polyurethaan
5	epoxy	polyurethaan
6	epoxy poedercoating	polyester poedercoating
7	epoxy poedercoating	polyester poedercoating
8	epoxy	polyurethaan
9	epoxy	polyester poedercoating
10	epoxy	polyurethaan
11	epoxy poedercoating	polyester poedercoating
12	epoxy	polyurethaan

daar is een interieurcoating op toegepast (kw 3). De elf andere zijn op 271 punten gemeten met een speciaal door TÜV ontwikkelde systematiek dat resulteerde in bijna 3000 beoordelingen met genormaliseerde vergelijksschalen en op sommige aspecten met weegfactoren. De nulmeting vond plaats in 2000, de tweede en derde inspecties in week 38/39, 2000 en week 38/38/39 van 2002. Het tweede deel is uitgevoerd eind 2014/begin 2015 door COT uit Haarlem in samenwerking met DCS (Drecht Coating

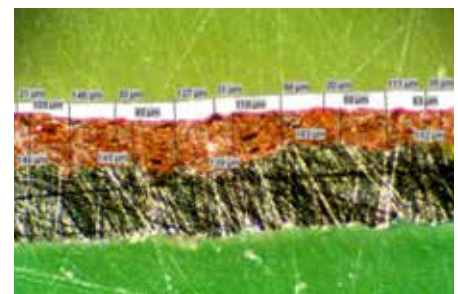
Services). Deze inspectie is specifiek ingericht op de praktische beoordeling van de coatings, en leidt tot enkele constatering over de gevolgen van een onjuiste applicatie en uitvoering.

### Conclusies eerste tijdvak

De conditie van afgeronde randen is beduidend beter dan die van gebroken en niet bewerkte randen. Gebroken randen presteren beperkt beter dan niet bewerkte randen. Het is nog niet duidelijk of de kosten van afron-



5a. Microscopische foto dwarsdoorsnede verfsystemen van kunstwerk 10 in Den Helder.



5b. Microscopische foto van hetzelfde kunstwerk (12) in IJmuiden.

den verantwoord zijn in relatie tot de te bereiken verbetering in de weerstand tegen corrosie. Mogelijk is een dergelijke nabewerking alleen zinvol voor zeer agressieve klimaten. Mouseholes veroorzaken een versterkte corrosie. De randen zijn niet goed bereikbaar voor een goede dekking. Een constructie zonder mouseholes is sterker. Lastechnisch zijn mouseholes niet meer nodig. Voor het thermisch verzinken zijn wel vaak mouseholes, in de vorm van drainagegaten noodzakelijk. Hechtlassen veroorzaken veel corrosie en

### Verzinkte delen

De onderdelen K2, E1 en E6 zijn in alle constructies thermisch verzinkt, waarna een verschillende nabehandeling heeft plaatsgevonden en daarna van een coating is voorzien. De specifiek voor verzinken interessante delen K2 (kolom), E6 (horizontaal H-deel) en twee delen E5 (tussenstuk met bouten). In kunstwerk 9 is het onderdeel E5 thermisch verzinkt zonder deklaag (afb. a). In kunstwerk 7 is een duplexstelsysteem toegepast op onderdeel E5.

### Kolomdeel K2

Van alle kunstwerken zijn de onderdelen K2 geïnspecteerd op roestvorming. Bij geen van deze onderdelen is werkelijk roest waargenomen. Wel heeft de bovenliggende constructie invloed door middel van doorlopende bruinverkleuring. Een aantal voorbeelden.

1. Slijtage aan het verfsysteem op de lasspeters, maar geen roestvorming (kunstwerk 1).
2. Vanuit bovengelegen voetplaat P9 treedt verkleuring op maar van roest is nog geen sprake. (kunstwerk 2).
3. De bovenliggende roestvorming heeft veel verkleuring van het onderliggende verzinkte deel veroorzaakt (kunstwerk 5)

### Liggende delen E6

De delen E6 zijn over het algemeen nog in goede conditie. Daar waar echter te zwaar is aangestraald, wordt bruinverkleuring zichtbaar. Deze bruinverkleu-

ring wordt veroorzaakt door de ijzerdeeltjes uit de zinklegeringslagen (afb. b en c).

Duidelijk zichtbaar is dat het verfsysteem aan verandering toe is, maar dat het zink nog zijn beschermde functie aan het staal geeft. Wel moet opgemerkt worden dat de zinklaag door het te zwaar aanstralen lokaal zeer dun is en de beschermingsduur korter zal zijn. De verschillen in gemeten laagdikte zink zijn groot door het te zwaar aanstralen. Op sommige punten zijn slechts enkele  $\mu\text{m}$  zink aangetroffen terwijl op andere plaatsen de volledige zinklaag nog waarneembaar was.

### Onderdelen E5

In twee kunstwerken zijn de horizontale delen E5 verzinkt. In één constructie is een duplexstelsysteem aangebracht terwijl in de andere constructie enkel een verzinkte dwarsverbinding is geplaatst. Beide delen zijn na veertien jaar roestvrij. De bouten zorgen voor roestwatersporen, maar de eigenlijke delen zijn nog in zodanige staat dat de zinklaag niet geheel weg is. Dit is ondanks de zware omstandigheden waarin het zink zich bevindt zeer positief.

### Conclusie

De afgelopen jaren zijn de verfsystemen onder invloed van wet- en regelgeving sterk gewijzigd. Ook de verftechnologie is verbeterd. Om die reden heeft de proef voor verfsystemen alleen een historische waarde. Wel

kan de conclusie worden getrokken dat naarmate de preparatie van het constructiestaal beter is, door een goede afwerking en een passende voorbehandeling voor de conservering, het uiteindelijke resultaat sterk zal verbeteren.

Ten aanzien van de verzinkte delen kan worden geconcludeerd dat deze relatief ongevoelig zijn voor de afwerkingsgraad (let wel: er moet wel veilig verzinkt kunnen worden). De gebruikelijke voorbehandeling van constructiestaal voordat het verzinkt wordt, zal al een aantal hindernissen uit de weg nemen.

Daarnaast is nogmaals aangetoond dat door de legering van het zink er een zeer goede bescherming op de scherpe kanten ontstaat. Ook nog aanwezige lasspeters zijn door de zinklaag goed beschermd.

In veel gevallen wordt automatisch aangenomen dat een omgeving direct aan de kust een corrosieklasse C5 is. Deze opstelling in Den Helder geeft hier echter niet direct een bevestigend antwoord op. De vastgestelde zinkslijtage is minder dan de norm aangeeft voor deze corrosieklasse. De oorzaken kunnen verschillend zijn. Er is bijvoorbeeld weinig luchtvervuiling in deze omgeving of ook de SO<sub>2</sub>-belasting is laag. Dus, mogelijk is hier geen sprake van C5, maar van C4. Nader onderzoek is nodig om dit goed vast te stellen.

Paul ter Haar, Zinkinfo Benelux



kunnen beter niet worden toegepast in situaties met een corrosieve belasting. Kettinglassen zijn alleen onder voorwaarden bruikbaar en blijven riskant; de kwaliteit is sterk afhankelijk van de zorgvuldigheid bij het uitvoeren van de conserveringswerkzaamheden en de penetratie van de coating in de spleten tussen de lasrupen. Volledig lassen is de aanbevolen methode voor staalconstructies die in een corrosief klimaat worden toegepast. De kwaliteit van thermisch verzinkt staal met een organische deklaag (duplexstelsysteem)

is sterk afhankelijk van de wijze van aanstralen. Maar het dubbele systeem scoort duidelijk beter dan een bescherming zonder verzinkt oppervlak met enkel een verfsysteem. Op de naar het westen gerichte delen ontstaat iets meer corrosie dan op de naar het oosten gerichte delen, maar het verschil is niet bijster groot. De corrosie per kunstwerk blijkt duidelijk te verschillen, maar de niveaus zijn nog laag. De gemiddelde hoeveelheid corrosie is na drie jaar nog gering. De corrosie heeft een niveau

bereikt dat overeenkomt met ongeveer Re 1 (0,05% corrosie van het oppervlak), en concentreert zich meestal rond zwakke punten in de detaillering van de constructie. Ook moet worden gemeld dat in de uitvoering van de kunstwerken fouten zijn ontstaan: op enkele delen zijn 'licht aangestraald' en 'zwaar aangestraald' verwisseld, de hoeken zijn soms wel of niet 'aangezet' (voorbehandeling met kwast) en de boutvolgorde week af. Ook zijn enkele volgringen vergeten, en zijn niet alle bouten even krachtig aangedraaid.

### Bepaling metalen

De bepaling van de concentratie aan metalen is met een AAS-analyse (Atomaire Absorptie Spectroscopie) uitgevoerd. Hierbij is gebruik gemaakt van een Shimadzu 6300 AA-spectrometer met een automatisch verdunningssysteem. Van de twaalf profielen is monsternormaal verzameld van de primer. Voor de meting is (een deel van) het materiaal gekookt in een mengsel van geconcentreerd zoutzuur en salpeterzuur. De zure oplossing is na filtratie gemeten. De analyse is uitgevoerd in enkelvoud, de gevonden waarden staan hieronder.

kunstwerk	Pb	Cr	Zn	Cu	Fe	Mg	Ca	Al	totaal (m%)
1	< 0,1*		0,3	< 0,1	0,4	1,4	< 0,1	0,2	2,6
2	< 0,1		12,7	< 0,1	0,6	1,0	0,1	0,5	14,2
3	**			< 0,1	1,2	< 0,1	11,1		12,5
4	< 0,1	< 0,1	0,5	< 0,1	3,4	4,0	0,1	0,4	8,7
5			< 0,1	< 0,1	11,2	1,0	0,1	0,9	13,4
6	< 0,1		0,7	< 0,1	0,2	< 0,1	3,1	0,4	4,7
7		< 0,1	0,2	< 0,1	0,7	0,1	4,3		5,5
8	0,2		29,6	0,1	6,8	1,5	0,7	0,4	39,3
9			0,1	< 0,1	< 0,1	0,1	0,1	0,2	0,7
10	< 0,1	< 0,1	11,6	< 0,1	4,4	0,5		3,1	19,9
11			0,2	< 0,1	0,4	0,1	0,5	0,4	1,7
12			15,1	< 0,1	5,1	0,5		3,1	23,9

\* Alle waarden betreffen de ondergrens van de bepaling, < 0,1 mg/l in de vloeistof.

\*\* Het metaal is niet aanwezig in de vloeistof.

Noot: er is kans op enige verstrooiing in de metingen, veroorzaakt door restanten van de verzinkte ondergrond.

### Metingen tweede tijdvak

De objecten zijn op locatie visueel beoordeeld op hoeveelheid corrosie (tabel 2a en tabel 2b voor een vergelijk met de nulmeting uit 2000). De kunstwerken als geheel vertonen teveel corrosie voor een exacte meting. Daarna zijn monsters genomen en in het lab aan meerdere tests onderworpen. Omdat van slechts twee kunstwerken (Baril en Coatic) van de twaalf (feitelijk tien) de exacte conservering bekend is, is een goede vergelijking niet mogelijk. Bij aanvang van het project (in 1999) hebben de partners, veelal coatingproducenten, afgesproken om deze (bedrijfsgevoelige) informatie niet naar buiten te brengen. De typen en de merken zijn onbekend, maar de soorten wel; die zijn naar voren gekomen uit FTIR-proeven (kader p. 50) inclusief spectra (afb. 4) en een AAS-analyse (kader boven). Ook zijn de laagdiktes van de verschillende systemen gemeten met een elektronisch-magnetische

laagdiktemeter (tabel 3 en 4 en afb. 5a en 5b) en een optische lichtmicroscop (tabel 5). Tabel 6 toont de laagdiktes gemeten in 2000.

### Constateringen

Over het algemeen is, logischerwijs, geconstateerd dat er sprake is van meer corrosie dan elf jaar geleden. Sommige kunstwerken zijn 'onbruikbaar' geworden, terwijl andere nog ruim voldoende scores. Over het algemeen kan ook, wederom logischerwijs, worden gesteld dat de prestatie van willekeurig welke coating staat of valt met een zorgvuldige applicatie en voorbehandeling, maar ook door montagewerkzaamheden. De kunstwerken in IJmuiden zijn nagenoeg onaangetast. Dat komt waarschijnlijk door de ligging, in de luwte achter een kantoorgebouw.

De oriëntatie naar of van de zee af heeft wel effect op het corrosiegedrag maar deze is minder sterk dan aanvankelijk gedacht. De

laagdiktes verschillen per constructie al sterk, maar kunnen ook per kunstwerk plaatselijk verschillen. Kunstwerk 3 is niet verzinkt en compleet gecorrodeerd. Geconstateerd is (al in 2000) dat met name een aantal oplegbeschadigingen aanwezig waren op de randen van kolommen en een enkele keer op randen en hoeken van hoekprofieltjes. Deze beschadigingen zijn, naar het zich laat aanzien, ontstaan tijdens de applicatie van de verfsystemen, op het moment dat versgespoten onderdelen zijn omgedraaid om de andere zijde te spuiten. Bij dunne laagdiktes is vaak sterke corrosie zichtbaar, ook daar waar veel poriën zaten (bij niet-verzinkte oppervlakken), maar ook bij te dikke lagen die braken of scheurden. Volgens specificatie diende de zinklaag sterk te worden aangestraald. Dit effect is niet zichtbaar op kunstwerk 3, 6, 7 en 9. Te sterk aanstralen leidt tot grote verschillen in totale laagdikte. De sterk aangestraalde oppervlakken roesten in IJmuiden, maar zijn in Den Helder vrijwel intact.

Bewuste lasspeters corroderen bij een dikker verflaag minder. Oppervlakken met slijpsel corroderen sneller en sterker. De ongecoate thermisch verzinkte laag van het middendeel (E5) van kunstwerknummer 9 vertoont geen schade in de vorm van bruine corrosie. Onder sommige bouten was bij aanvang al blaasvorming of corrosie zichtbaar, waarschijnlijk door het te strak aandraaien van de bout (beschadigingen) of te vroeg (droogtijd verf) waardoor de verf oprimpelt.

### Ku(n)stwerken 3.0?

Momenteel lopen gesprekken met Rijkswaterstaat die de ku(n)stwerken wil adopteren, waarbij de gedachte is om de bruikbare constructies geheel schoon te maken en te voorzien van meer 'exotische' coatings, en opnieuw te onderwerpen aan langdurige blootstelling. Te denken valt aan zelfhelende en vuilafstotende coatings of verfsoorten met nanotechnologie, ook uit het buitenland. Een andere optie is soortgelijk, maar dan in samenwerking met Hogeschool Zeeland, waarbij studenten de schoongemaakte en opnieuw gecoate objecten in Vlissingen kunnen testen al of niet met verbeterde details, conservering en applicatie. •

Tabel 6. Resultaten laagdiktemetingen aan oostzijde kunstwerken, 2000 ( $\mu\text{m}$ ).

kunstwerk	deel	gemiddelde	minimaal	maximaal	standaard deviatie	aantal metingen
1	K8	350	252	444	70	13
	K3	507	368	638	98	11
	E6	247	196	628	117	14
	E1	431	353	528	50	12
2	K8	346	257	527	79	12
	K3	289	219	356	46	10
	E6	247	158	321	54	18
	E1	295	265	360	25	16
3	K8	285	134	474	106	13
	K3	184	140	233	34	12
	E6	346	192	488	84	13
	E1	303	220	411	59	13
4	K8	322	231	424	68	14
	K3	386	315	459	42	10
	E6	367	226	449	78	15
	E1	421	347	525	46	14
5	K8	391	250	566	96	16
	K3	594	423	764	119	11
	E6	473	294	719	119	19
	E1	589	460	767	90	14
6	K8	196	136	382	57	17
	K3	438	332	568	76	10
	E6	368	286	489	54	15
	E1	401	272	565	100	11
7	K8	213	141	442	79	16
	K3	289	232	333	29	11
	E6	347	288	561	70	14
	E1	224	179	272	26	14
8	K8	405	264	594	125	16
	K3	503	385	638	83	10
	E6	377	260	478	65	18
	E1	471	370	542	58	14
9	K8	293	216	431	65	16
	K3	401	319	563	67	12
	E6	367	295	476	57	14
	E1	397		525	66	11
10	K8	372	242	478	64	17
	K3	284	221	320	33	13
	E6	283	159	456	74	17
	E1	273	245	291	13	13
11	K8	164	88	379	79	12
	K3	405	337	457	34	9
	E6	313	244	459	61	14
	E1	234	182	306	40	11
12	K8	323	217	447	71	15
	K3	248	214	306	32	11
	E6	270	151	381	63	18
	E1	248	214	306	32	11

Onderdeel K8 gestraald staal; onderdelen K3, E6 en E1 verzinkt staal.

Kunstwerk 6: onderdeel K8 heeft een dun systeem; in hoeken corrosie.

Kunstwerk 7: verzinkte delen K3, E6 en E1 relatief dunne totale laagdikte.



Sterk aangestraalde verzinkte oppervlakken geven roest door slijpdeeltjes.



Een gepuntlaste mousehole geeft spleten die onvoldoende beschermd zijn.



Doorgaande poriën in de verflaag zijn herkenbaar door roestvorming.



Dunne verflagen bieden onvoldoende bescherming.



Blaarvorming vanuit een boutverbinding.