



| E | C | R | T

International Engineering Consultants
for Restoration Technology B.V.

Rapportnummer	:	10404
Object	:	Vuurtoren Lange Jaap
Plaats	:	Den Helder
Objectnummer	:	
Opdrachtgever	:	Rijkswaterstaat Directie Noordzee Afdeling HAB/MV Onroerendgoed beheer
Contactpersoon	:	<i>T.a.v.:</i> [REDACTED]
Adres	:	Lange Kleiweg 34 2288 GK RIJSWIJK
Datum	:	donderdag 9 september 2010

Deltageul 49
3251 NG STELLENDAM / THE NETHERLANDS

Phone : +31 (0)187 - 49 61 11
Fax : +31 (0)187 - 49 05 30

E-mail: info@iecrt.com
Internet: www.iecrt.com

INHOUDSOPGAVE

	Pagina	
1.	Voorwoord	3/26
2.	De vuurtoren	4/26
2.1	Algemene objectgegevens	4/26
2.2	Constructie	4/26
2.3	Gietijzer	6/26
2.4	Gewicht en hoeveelheid	7/26
3.	Inventarisatie	7/26
3.1	Binnenzijden	7/26
3.1.1	Lagen	7/26
3.1.2	Stootnaden	9/26
3.1.3	Bouten	10/26
3.2.	Buitenzijden	10/26
3.2.1	Lichtkoepel	11/26
3.2.2	Stalen oogjes	11/26
3.2.3	Coating	11/26
4.	Probleemstelling	12/26
4.1	Scheurvorming	12/26
4.2	Open en defecte stootnaden en flenzen	13/26
4.3	Beschadigde bouten	14/26
4.4	Beschadiging coating	14/26
4.5	Vochtoverlast	15/26
4.6	Vorming van corrosie	15/26
5.	Samenvatting	16/26
5.1	Kuip - en schachtconstructie	16/26
5.2	Raamconstructie	17/26
5.3	Vervolgschade	17/26
6.	Herstelwerkzaamheden	17/26
6.1	Het vervangen van vloerplaten	17/26
6.2	Raamconstructie	18/26
6.3	Naden aan de buitenzijde	18/26
6.4	Naden aan de binnenzijde	18/26
6.5	Coating	19/26
6.6	Hoeveelheden	19/26
6.7	Prijsvorming	21/26
6.7.1	Gietijzer	21/26
6.7.2	Coating	21/26
6.7.3	Steigerbouw	22/26
7	Resultaat laboratoriumonderzoek	22/26
7.1	Bouwchemische analyse	22/26
7.2	Metallisch analyse	25/26
8.	Tekeningen	Bijlage
8.1	Tekeningnummer L_01_06	Bijlage
8.2	Tekeningnummer L_07_12	Bijlage
8.3	Tekeningnummer L_13_18	Bijlage
8.4	Tekeningnummer D_01_05	Bijlage
9.	Offerte Ebbers Group Industries	Bijlage

Referentie : 2010/I101
Rapport : 10404
Betreft : onderzoek gietijzer kustlichttoren de Lange Jaap te Den Helder
3/26

1 . VOORWOORD

Geachte dames en heren,

Hierbij hebben wij het genoegen u ons rapport met nummer 10404 met betrekking tot de kustlichttoren de Lange Jaap in Den Helder te doen toekomen.

In de periode van 6 tot 15 juli 2010 hebben wij een aantal werkbezoeken gebracht om deze toren zo volledig mogelijk bouwkundig te inspecteren. Om ook de buitenzijde te beoordelen, hebben wij tevens gebruik gemaakt van een kraan.

Op basis van onze bevindingen ter plaatse, hebben wij tekeningen van de binnenruimtes vervaardigd met daarop aangegeven de juiste maatvoering en een overzicht van de gebreken zoals scheuren, lekkages en andere mankementen.

Tevens zijn er laboratoriumonderzoeken uitgevoerd van het gietijzer, het voegmateriaal waarmee de stootnaden zijn afgedicht en de verf die binnen en buiten is verwerkt.

Dit rapport biedt inzicht in de onderzoeksresultaten, de huidige bouwkundige status waarin de toren zich bevindt en aanbevelingen voor herstel. Voor de historische en technische achtergrond is ook gebruik gemaakt van openbare informatiebronnen zoals internet en beschikbare literatuur.

Stellendam, donderdag 9 september 2010

Referentie : 2010/I101
Rapport : 10404
Betreft : onderzoek gietijzer kustlichttoren Lange Jaap te Den Helder
4/26

2. DE VUURTOREN

2.1 Algemene objectgegevens

- Naam : Kustlichttoren Lange Jaap
- Adres : Zeeweg 5, 1783 AC te Den Helder
- Type : toren
- Bouwjaar : 1877-1878
- Ontwerper : Q. Harder
- Bouwer : Penn & Bauduin, Dordrecht
- Materiaal : gietijzer
- Torenkleur : rood
- Grondvorm : 16-kantig
- Torenhoogte : 63,45 m
- Verdiepingen : 17
- Treden : 284
- Monument : ja

2.2 Constructie

Deze vuurtoren is eigenlijk een eenpersoons "flatgebouw", dat 17 verdiepingen telt. Afgezien van de fundatie die bestaat uit 249 palen en de betimmeringen van het bovenste dienstvertrek, is het geheel vervaardigd uit gietijzer. Het heeft een 16-kantige vorm en een schacht bestaande uit 68 ringen/lagen met elk 16 segmenten met een hoogte van 75 tot 96 mm.

Gebaseerd op de bouw in steen, heeft men hier ook over de gehele hoogte op zorgvuldige wijze het zogenaamde halfsteens verband aangehouden, waarbij de verticale voegen per laag verspringen (zie fotonummer 002).

Voor de fabricage betekende dit een gecompliceerde opgave, immers bestaat elke ring uit vlakke platen die op te torenhoeken aan elkaar zijn gezet of uit hoekplaten die halverwege het schachtvlak zijn gekoppeld.

Referentie : 2010/I101
Rapport : 10404
Betreft : onderzoek gietijzer kustlichttoren Lange Jaap te Den Helder
5/26

Ook al weet men niets van de gieterijtechnieken kan men, dat dit een knap stukje passen en meten is geweest om 1088 platen van de schacht, die allemaal aangepast zijn aan het conische verloop van de toren en aan de plaatsing van de vensters, tot een strak geheel op elkaar aan te laten sluiten (zie fotonummer 003).

De tekening met nummer D_01_05, bijlage 8.4, toont enkele details van de flens-boutverbindingen, de vloerplaten onderling en de schachtelementen (zie fotonummer 004). De afstand tussen de bouten bedraagt circa 180 mm en men ziet dan ook in een oogopslag dat hiervoor vele duizenden bouten zijn gebruikt.

De voegen zijn gedicht met ijzercement, een speciaal mengsel van kalkmortel en ijzervijzel waarmee een duurzame en waterdichte aansluiting van de platen werd verkregen (zie fotonummer 005).

De kuip heeft de vorm van een naar boven smaller wordende koker die eveneens geheel uit gitijzeren segmenten is opgebouwd. De plattegrond is rond en de omtrek is in 8 platen verdeeld, thans echter 2 lagen per verdieping en wederom gestapeld in halfsteens verband. De kuipplaten zijn dus van een heel andere type dan de schachtplaten (zie fotonummer 006).

De 16 oorspronkelijke vloeren vormen een ware legpuzzel. Aan de buitenomtrek vinden zij aansluiting op de flenzen van de 16-kantige schacht en aan de binnenomtrek steunen zij op de flenzen van de ronde kuip. De vloersegmenten zijn volgens een identiek patroon samengevoegd, maar de afmetingen zijn voor elke vloer verschillend omdat de toren steeds smaller wordt naar mate je hoger komt (zie fotonummer 007) en geeft een indruk van deze bijzondere vloerconstructie, gezien vanaf de onderkant.

Tot slot nog terugkomend op de platen. Deze zijn voorzien van versterkingsribben en mede door de gekoppelde flenzen was de vloer dus "zelfdragend". Deze situatie is helaas gewijzigd. Inmiddels zijn er noodvoorzieningen getroffen die de zelfdragende vloerconstructie extra ondersteunen (zie fotonummer 008).

Referentie : 2010/I101
Rapport : 10404
Betreft : onderzoek gietijzer kustlichttoren Lange Jaap te Den Helder
6/26

2.3 Gietijzer

Om zo volledige mogelijke informatie te winnen over het gietijzer, is er een metalogisch onderzoek verricht met betrekking tot de samenstelling en identificatie hiervan. Deze gegevens achten wij van belang voor het opstellen van een herstelplan en het vervaardigen van nieuwe gietijzeren bouwelementen.

Het gietijzer heeft een soortelijk gewicht van circa 7.200 kg/m^3 , dit in tegenstelling tot staal, dat duidelijk zwaarder is. Staal heeft een soortelijk gewicht van 7.850 kg/m^3 .

Voordelen van gietijzer zijn onder andere de hoge drukvastheid en de vormvastheid, maar ook dat onbeschadigde gietijzer corrosiebestendig is tegen agressieve rookgassen en het zoutige zeeklimaat.

Voordelen van een gietijzeren toren ten opzichte van een gemetselde toren zijn bijvoorbeeld de lagere kosten, minder gewicht en een kortere bouwtijd. Ook een voordeel is dat het demonteerbaar is. Dit is al eens gebeurd met de buitentoren van IJmuiden (het lage licht) in 1909. De bovenste 10 meter zijn toen "simpelweg" losgeschroefd en naar Vlieland getransporteerd.

Uit de analyse komen naar voren dat het koolstof gehalte tussen de 2,78% en 3,05%, het zwavel gehalte tussen de 0,03% en 0,14% en het fosfor gehalte tussen de 0,51% en 1,48%, ligt. Zo komen we op het volgende materiaal: GG15 EN-GJL-150 met een wisselend maar zeer hoog fosfor gehalte.

In de jaren dat deze gietdelen gegoten zijn was dit fosfor nodig voor de vloeibaarheid van het vloeibare materiaal. De giettemperaturen waren toen nog niet hoog genoeg om hoger gekwalificeerde gietijzersoorten te gieten.

Een bijkomstigheid van dit hoge fosforgehalte is te zien op de vloeren, hier is porositeit te zien deels door een hoog slakgehalte, deels door slinkvorming, beide worden door te hoog fosfor geactiveerd.

Fosfor is een perlietvormer. Het gietwerk wordt dus vele malen breukgevoeliger en rek heeft het al helemaal niet bij deze gehalten. Dit is te zien bij de verbindingen, bij geringe belasting gaat het gietijzer scheuren. Deze scheuren zijn niet te lassen, de fosfor zorgt ervoor dat bij verwarming in een gebied van 5-20mm direct weer scheuren gaan ontstaan.

Reparatie is alleen mogelijk door nieuwe platen te gieten, materiaal EN-GJS-400-015 treksterkte 400-550 N/mm² en een 0,2% rekgrens van 250-350 N/mm². Dit houdt in dat bij belasting door montage de krachten door buiging worden opgevangen tot zeker 20% - 25% gelijk aan gietstaal terwijl de voordelen t.g.v. bijv. Van het niet roesten behouden blijven. Ander voordeel van dit materiaal is dat het bestaande materialen ter plaatse niet afbreekt.

Referentie : 2010/I101
Rapport : 10404
Betreft : onderzoek gietijzer kustlichttoren Lange Jaap te Den Helder
7/26

2.4 Gewicht en hoeveelheid

De platen van de schacht wegen in totaal 352.500 kg. Die van de kuip 66.700 kg en die van de vloeren 73.500 kg. De wenteltrap alleen al weegt 11.100 kg en in totaal is er een gewicht inclusief toegangsdeur, vensters, balustrade e.d., gemoeid van circa 506.100 kg gietijzer.

Om alles aan elkaar te schroeven zijn er 21.446 stuks moerbouten verwerkt. Hiervoor zijn voor elke bout 2 gaten geboord en zonder rekening te houden met de fundatiebouten, oogbouten en diverse montagebouten, is het niet overdreven om te stellen dat er meer dan 43.000 gaten zijn geboord.

3. INVENTARISATIE

3.1 Binnenzijde

3.1.1 Lagen

De begane grond

De begane grond biedt een royale en overzichtelijke ruimte. De vloer bestaat uit natuurstenen platen in de kleur van zwartachtige antraciet en heeft als maatvoering 500 x 500 mm. De vloer sluit aan op hardstenen sokkels waarop de gietijzeren schacht en de binnen gesitueerde kuip rusten. Deze kuip fungeert overigens als goederenlift. De voordeur als ook de ramen zijn ontworpen in gotische stijl.

Onregelmatigheden zijn aangetroffen aan de stootnaden tussen de hardstenen sokkels en de gietijzeren flens, deze zijn namelijk ondicht, waardoor delen van de voegen worden uitgespoeld. Ook is er scheurvorming aangetroffen ter hoogte van de gietijzeren deurophanging (zie fotonummers 009, 010, 011).

2^e t/m 5^e laag

Hier zijn oppervlakkige roestplekken op de zwart geverfde vloerplaten aangetroffen, meestal in de buurt van de ramen (zie fotonummer 012).

Vanaf de 5^e laag zijn extra noodmaatregelen getroffen door middel van stalen ophangingen waarmee de flenzen aan de kuip en schacht extra worden beveiligd. De stalen ophangingen zijn bevestigd met behulp van boutverbindingen. Dit heeft als taak om de vloerplaten voldoende steun en houvast te bieden voor de daaropvolgende lagen (zie fotonummer 013).

Referentie : 2010/I101
Rapport : 10404
Betreft : onderzoek gietijzer kustlichttoren Lange Jaap te Den Helder
8/26

6^e t/m 9^e laag

Ook hier zijn er roestplekken op het oppervlak van de grijs geleverde vloerplaten aangetroffen. Het lekwater is o.a. afkomstig van de ondichte ramen en open en defecte stootnaden van de schacht (zie fotonummer 014).

Vanaf de 7^e laag is er scheurvorming geconstateerd. Het betreft hier scheuren waarvan het scheurverloop in de hoeken van de vloerplaten begint en zicht uitbreidt via de aangrenzende boorgaten aan de schachtzijde van de vuurtoren.

De wateroverlast neemt toe tot aan de 18^e laag.

11^e t/m 14^e laag

Hier neemt de scheurvorming in de vloerplaten extreem toe. De scheuren bevinden zich niet alleen aan de rand van de schachtzijde, maar ook in de kuipzijde en de platen zelf. De scheurwijdte varieert tussen 3,0 mm in het midden van de vloerplaten tot maximaal 6,0 mm aan de buitenzijden. Op te merken is dat sommige scheuren reeds hersteld zijn door middel van een soldeertechniek. Deze herstellingen zijn onbetrouwbaar wat betreft de belastbaarheid (zie fotonummers 017, 018, 019, 020, 021, 022 en 023).

15^e laag

Het lijkt er sterk op dat gaandeweg de scheurvorming almaar toeneemt. Dit menen wij aan de hand van de reeds uitgevoerde herstelwerkzaamheden, die bestonden uit het vastzetten en ondersteunen van de gescheurde vloerplaten met behulp van plaatstalen boutconstructies, die voorkomen dat de vloerplaten naar beneden vallen (zie fotonummers 024, 025, 026, 027, 028, 029).

16^e laag

Scheuren in flenzen van de schachtplaten en gebroken bouten in noordwestelijke richting (zie fotonummers 030, 031 en 032).

17^e laag

Zeer opvallend is de huidige positie van de wenteltrap welke de 17^e en de 18^e laag met elkaar verbindt. Deze is volledig verdraaid en steunt op een soort hulpconstructie. Ook zijn er lekkages waarneembaar op het "plafond" van deze laag (zie fotonummers 033, 034 en 035).

18^e laag

Hier blijkt de buitenafdichting van de schacht on dicht te zijn, naast lekken die vanaf het lichthuis afkomstig zijn (zie fotonummer 036).

Referentie : 2010/I101
Rapport : 10404
Betreft : onderzoek gietijzer kustlichttoren Lange Jaap te Den Helder
9/26

3.1.2 Stootnaden

Er zijn door ons gedetailleerde onderzoeken uitgevoerd naar de kwaliteit van o.a. de hier gebruikte materialen, waaronder ijzercement, dat hier voor het afdichten van de stootnaden is gebruikt.

Er is 6000 kg ijzercement gebruikt voor het dichten van de voegen en flensverbindingen. IJzercement wordt omschreven als een mengsel van kalk en ijzeren vijlsel. Na onderzoek blijkt dat dit ijzercement bestaat uit een grijsachtige mengsel van kalk, cement en ijzer vijlsel.

Naden die permanent bloot worden gesteld aan vocht (met name verzuurde regen) hebben effect op de structuur van het opvulmateriaal. Dit betekent dat dit mengsel aangetast is en aan structuur verloren heeft en daardoor bros en water doorlaatbaar is geworden.

Tijdens de monsternamen zijn op de 15^e t/m de 18^e laag rood-, bruin- en witachtige naadvullingen gevonden. Het roodkleurige materiaal doet ons denken aan loodmenie. Niet alleen op 16e laag maar ook op andere locaties is er plamuur als naadvulling aangetroffen. Hieruit kan afgeleid worden dat niet alleen ijzercement als vulling is gebruikt, maar erover heen ook plamuur. Dit kan betekenen dat ook het plamuur tot de originele afwerking behoort.

De verfopbouw van de voegen is telkens verschillend. Bij het eerste monster is voor de eerste verfafwerking gebruik gemaakt van een "middelgrijze" olieverf, terwijl bij het tweede monster een meniekleurige olieverf is toegepast voor de eerste laag. Dit zou betekenen dat er in het verleden onderhoudswerkzaamheden zijn uitgevoerd, waarbij ook het voegwerk deels is vernieuwd. De laatste verfafwerking is grijs van kleur en is bij beide monsters gelijk.

Het eerste monster:

- 1^e laag middelgrijs
- 2^e laag menie
- 3^e laag lichtgrijs
- 4^e laag loodmenie
- 5^e laag donkergrijs
- 6^e laag lichtgrijs
-

Het tweede monster:

- 1^e laag loodmenie
- 2^e laag middelgrijs
- 3^e laag lichtgrijs

De breedte van de naad is circa 25,0 mm en de diepte circa 15,0 mm (zie fotonummers 037, 038, 039, 040, 041, 042, 043, 044 en 045).

Referentie : 2010/I101
Rapport : 10404
Betreft : onderzoek gietijzer kustlichttoren Lange Jaap te Den Helder
10/26

3.1.3 Bouten

Alle flensverbindingen van de kuip en schacht zijn geschroefd. Een goede schatting qua hoeveelheid komt uit op circa 21.500 stuks bouten en moeren. De lengte van de bouten varieert tussen 90 en 110 mm met een diameter van 18 mm.

Wat opvalt is dat een aantal van de hier verwerkte bouten een duidelijk asymmetrisch positie (zittinghoek) laten zien ten opzichte van de horizontaal lopende flensverbindingen. Met andere woorden, een klein deel van alle hier verwerkte bouten geven een zichtbare schreefstand aan. Wat de werkelijke oorzaak van deze scheefstand is, is ons niet bekend, maar wij vermoeden dat deze asymmetrisch gepositioneerde bouten tijdens de montage van de vuurtoren op deze manier zijn aangebracht.

Het is een feit dat scheef gepositioneerde bouten maar weinig houvast bieden aan de toelaatbare beweging van de toren. Door ongewilde dynamische bewegingen van het gietijzer, raken sommige bouten beschadigd. In dit kader hebben wij een drietal bouten nader beoordeeld op hun kwaliteit. Deze bouten waren simpelweg symmetrisch afgebroken, waarvan een deel in de boorgaten achter bleef en de rest inclusief de moer naar beneden viel. In dit kader willen wij u ook berichten dat bij alle drie bouten corrosie is aangetroffen. Hoewel de corrosie een niet onbelangrijke invloed heeft op de stabiliteit, is de ware oorzaak van de schade met name de afschuifkrachten. Deze ontstaan door de hoge en eenzijdige windbelastingen.

Wat de corrosie betreft, zijn er twee van de drie bouten aangetast. Op te merken valt dat de corrosie van deze twee bouten behoorlijk oud moet zijn. Dit baseren wij op de kleur en structuur van de corrosie. De derde bout is recent gebroken gezien de nieuw ogende breuk. Het breukvlak is namelijk metallisch schoon en zonder vuilresten (zie fotonummers 046, 047, 048, 049, 050, 051 en 052).

3.2 Buitenzijde

De inspectie aan de buitenzijde vond plaat met behulp van een 60 meter hoge kraan en is vanaf het westelijke deel rondom uitgevoerd. Ook van de buitenzijde zijn foto's gemaakt, wat goede visuele informatie geeft over de actuele stand van zaken (zie fotonummer 053).

Referentie : 2010/I101
Rapport : 10404
Betreft : onderzoek gietijzer kustlichttoren Lange Jaap te Den Helder
11/26

3.2.1 Lichtkoepel

De nieuwe lichtkoepel is volgens krantenberichten in november 1992 teruggeplaatst op de romp van de vuurtoren. Het gaat hierbij om een volledig nieuwe constructie, vervaardigd uit RVS. De lichtkoepel weegt 10.000 kg, is 6,5 meter hoog inclusief het lichthuis met een afmeting van 3 meter. De diameter van het geheel bedraagt 4,5 meter. Deze constructie is behandeld met een witte verf. Het loopvlak van de omloop is zwart geverfd en voorzien van antislip. Onregelmatigheden zijn hier verder niet geconstateerd (zie fotonummers 054, 055 en 056).

3.2.2. Stalen oogjes

Aan de buitenzijde van de schacht zijn rondom de toren stalen hooftstukjes vast gelast. Deze waren bedoeld als bijvoorbeeld hangbakken vast te koppelen voor onderhoudswerk. Tegenwoordig doen deze dienst om steigerwerken vast te zetten. Hoewel wij niet al deze oogjes hebben bekeken, zij wij van mening dat een groot aantal hiervan als onbetrouwbaar kunnen worden beschouwd omdat deze grotendeels zijn weggeroest en niet voldoende zekerheid meer bieden (zie fotonummer 057).

3.2.3 Coating

In 1993 is de buitenzijde van de vuurtoren geconserveerd met het Bolicoat D60 systeem, die afkomstig is van de firma Bolidit. Door de gietijzer ondergrond was is het standaard systeem iets gewijzigd. De gebruikte producten zijn een primer met de naam Bolidit Primer PU/LP 2580, de bulklaag Bolicoat D60 en de afwerking Bolicoat PU/LP 10488. In 1998 is een nieuwe toplaag aangebracht met de naam Bolidit Bekleding PU/SH-Y in een gemiddelde laagdikte van ongeveer 75 µm. Deze producten zijn van synthetische komaf die na uitharding niet meer vervormbaar zijn. Met andere woorden, deze coating is niet reversibel.

Voor de 1^e laag wat de schachtelementen betreft, is een fosforgeel verfsysteem toegepast. Waarschijnlijk gaat het om een zwaar oplosbaar systeem dat o.a. bestaat uit fosfaatzuur, fosfaten en harder. De 2^e laag (als ook de 3^e en 4^e laag op de herstelde plekken) is zoals reeds aangegeven de coating van de firma Bolidit. Deze kunststofdispersies zijn afdoende bestendig tegen anorganische zuren, logen, water, zoutig water en organische verbindingen. Onder ideale omstandigheden is een dergelijk systeem absoluut waterdicht. De totale laagdikte varieert van 1,0 tot 1,4 mm. Daar waar de coating van oorsprong is gespoten, zijn de herstellingen echter met een verfröller uitgevoerd (zie fotonummers 058, 059 en 060).

Referentie : 2010/I101
Rapport : 10404
Betreft : onderzoek gietijzer kustlichttoren Lange Jaap te Den Helder
 12/26

4. PROBLEEMSTELLING

4.1 Scheurvorming

Scheurvorming in gietijzeren constructies is een bekend fenomeen. Gietijzer heeft een behoorlijke drukvastheid, maar kan in de regel slechts beperkt belast worden. Statische belastingen leiden al gauw tot breuk of scheurvorming. Zo ook hier bij deze toren. De scheurwijdte in de vloerplaten varieert van 0,5 tot 6,0 mm. De vuurtoren is als "bouwpakket" in de fabriek vervaardigd en ter plaatse opgebouwd. Van element tot element en van bout tot bout. De montage verliep tot de 5^e laag volgens plan, met als resultaat dat de vloeren waterpas en zonder holling of bolling zijn gemonteerd. Dit verandert echter vanaf de 6^e laag. Vanaf hier zijn zo'n beetje alle vloerplaten hellend gemonteerd. Zo is er van de 6^e tot en met de 8^e laag duidelijk een afschot richting schacht zichtbaar. Vanaf de 9^e t/m de 16^e laag gaat de afschot richting kuip. Dit wordt veroorzaakt doordat de in de kuip en schacht geïntegreerde flenzen niet waterpas zijn gemonteerd en daarom ongelijke posities hebben. Het gevolg is zodra de vloerplaten eenmaal zijn gemonteerd er een niveauverschil ontstaat. Aan de hand van de tekening is dit goed zichtbaar. Desondanks zijn de hellende vloerplaten voorzien van bouten, die vast aangetrokken zijn terwijl een vaste oplegging ontbrak. Vanwege gebrek aan voldoende houvast van de vloerplaten op de onderliggende flenzen die als oplegging fungeren, zijn deze vloerplaten op termijn gebroken. Door het breken van de vloerplaten zijn deze gaan schuiven en hier en daar klemgeraakt tussen de kuip, schacht en naastgelegen vloerplaten.

Nadere controle heeft uitgewezen dat er nergens voldoende ruimte is voor expansie tussen de verschillende segmenten. De vloerplaten ondervinden zodoende druk-, schuif- en trekkrachten, mede ontstaan door thermische uitzetting tijdens periodes van opwarming en afkoeling, maar ook door de windbelasting, die op haar beurt voor trillingen zorgt (zie fotonummer 061).

Hieronder ziet u de gemeten hoogteverschillen, gemeten vanaf de 6^e verdieping.

	minimaal	maximaal	(in millimeters)
• 06 ^e laag	40	50	
• 07 ^e laag	25	80	
• 08 ^e laag	10	50	
• 09 ^e laag	50	-20	
• 10 ^e laag	0	-60	
• 11 ^e laag	-80	-115	
• 12 ^e laag	-75	-150	
• 13 ^e laag	-110	-125	
• 14 ^e laag	-120	-180	
• 15 ^e laag	-105	-140	
• 16 ^e laag	-85	-120	

Referentie : 2010/I101
Rapport : 10404
Betreft : onderzoek gietijzer kustlichttoren Lange Jaap te Den Helder
13/26

4.2 Open en defecte stootnaden en flenzen

Middelpunt van de wateroverlast zijn de vele ramen die deel uitmaken van de buiten gesitueerde schacht. Het lekwater stroomt via open en defecte ramen naar binnen en verspreidt zich vervolgens in horizontale en verticale richting via naden en vloeren.

De naden zijn op een aantal plaatsen voorzien van ijzeren afstandhouders welke dienen voor een gelijkmatige afstand. Deze afstand tussen de gietijzeren schachtelementen nauwelijks in acht genomen. Tevens blijkt dat de naden van de schacht niet overal dicht zijn, waardoor roestachtige lekwater diepe sporen achterlaat. Onderzoek van het ijzercement waarmee de naden en flenzen zijn gedicht, wijst uit dat ze in het huidige stadium vaak open en poreus zijn en hebben zodoende hun waterdichtheid verloren. Debet hieraan is de jarenlange belasting door vocht en schadelijke stoffen, die afkomstig zijn uit natuurlijke en antropogene emissies. De aanwezigheid van bouwschadelijke zouten beïnvloed en elimineert de eigenschappen van de vullingen, waaronder de binding, waterdichtheid en stabiliteit.

Een andere reactie dat het lekvocht teweeg brengt is roest van de 20% ijzervijzel die in het ijzercement is toegevoegd. Dit versnelt de aantasting van de naden. Wat de vochtbelasting betreft, blijkt uit de analyse dat de naden tussen de 0,5% en 18,0% belast zijn. Een waarde als 0,5% is prima. Echter is een waarde van 18% veel te hoog (zie fotonummers 062, 063 en 064).

4.3 Beschadigde bouten

Wij vragen ons af in hoeverre de hier verwerkte bouten (nog) betrouwbaar zijn. Het is niet of nauwelijks mogelijk om hier antwoord op te geven. Tijdens ons onderzoek hebben wij 3 bouten onderzocht, waarvan 2 corrosie ondervinden. Er zullen ongetwijfeld veel meer bouten zijn die onderhavig zijn aan corrosievorming.

Corrosie van ijzer is een bekend verschijnsel, vooral als het in aanraking komt met zuurstof en vocht. Het is niet mogelijk de kwaliteit en aantasting van de hier verwerkte bouten goed te beoordelen, omdat deze grotendeels in de flenzen zijn opgesloten.

Wij gaan er van uit dat de schade aan bouten vele maal groter is, dan momenteel aangenomen wordt.

Een indicatie wat de corrosiesnelheid van ijzer in de nabijheid van zee en industrie, is 0,15 tot 0,20 mm per jaar. (volgens de schaal van Richter) De corrosiesterkte van de 2 bouten die onderhavig zijn aan corrosie varieerde tussen de 5 en 10 mm. Dit betekent dat er al meer dan 10 jaar een corrosieproces aan de gang is.

Referentie : 2010/I101
Rapport : 10404
Betreft : onderzoek gietijzer kustlichttoren Lange Jaap te Den Helder
14/26

In dit kader willen wij ook opmerken dat zoals het lijkt, een groot deel van de originele bouten reeds in het verleden vervangen zijn. Deze vaststelling is gebaseerd op de waarneming van verschillende afmetingen van de bouten (zie fotonummers 065, 066 en 067).

4.4. Beschadiging coating

Plaatselijke schade die aan de coating is aangetroffen, is te wijten aan een aantal factoren waarbij corrosie centraal staat.

Foto's visualiseren duidelijk de situatie zoals deze is. Tevens is te zien dat er op de opengesneden defecte plaatsen water tevoorschijn komt en de vele waterlekkages die zich duidelijk kenbaar maken aan de buitenzijde van de toren. Deze plekken kleuren wit, grijs, bruin en zwart en worden veroorzaakt door vochtstrepen. Overigens is wel getracht om over de beschadigde plekken heen te verven. Noemenswaardige beschadigingen aan de coating, bijvoorbeeld door mechanische oorzaken, zijn niet aangetroffen. Alleen aan de onderzijde van het lichthuis, in zuidelijke richting, zijn beschadigingen die afkomstig zijn van de demontage van antennes (zie fotonummers 068, 069, 070, 071, 072 en 073).

Het schadeproces

1^e fase

Er ontstaan kleine verhogingen in de coating, hetgeen aangeeft dat deze losraakt van het gietijzer.

2^e fase

Vervolgens ontstaan er bubbeltjes in verschillende groottes, wat betekent dat er zich vocht achter de coating heeft opgehoopt.

3^e fase

De coating scheurt in verticale richting open. Dit proces versnelt in de wintermaanden, als het lekwater opvriest. Via deze scheuren kan neerslagwater gemakkelijk naar binnen sijpelen.

4^e fase

De vochtoverlast neemt gaandeweg toe waardoor de coating op meer plaatsen los raakt. Op fotonummer 85 is duidelijk een verontreiniging in het gietijzer zichtbaar.

(zie fotonummers 074, 075, 076, 077, 078, 079, 080, 081, 082, 083, 084 en 085).

Referentie : 2010/I101
Rapport : 10404
Betreft : onderzoek gietijzer kustlichttoren Lange Jaap te Den Helder
15/26

4.5 Vochtoverlast

Dus ook al is de vuurtoren behandeld met een waterdichte coating, via defecte ramen en naden vindt er alsnog een vochttransport plaatst, die zich als capillair en zakkend vocht in zowel horizontale als verticale richting verspreidt.

Ook als vloeren vochtig worden, kan het lekvocht naar onderliggende lagen sijpelen, waardoor daar eveneens vochtoverlast ontstaat. Dit effect neemt toe naar mate regen gepaard gaat met stormachtig weer. Tijdens een dergelijke situatie wordt de lucht in de toren naar buiten "geëvacueerd" en ontstaat er in de binnenruimtes een vacuüm die lager is dan de atmosferische luchtdruk aan de buitenzijde. Deze situatie is te vergelijken met een vacuümpomp waarbij de toren de taak van de pomp over heeft genomen om de buiten- en binnengelegen luchtdruk nog meer te laten reduceren. Het gevolg is dat door alle open en defecte kieren en naden vocht naar binnen wordt gezogen.

4.6 Vorming van corrosie

Zonder twijfel staat ook hier het effect van corrosie centraal wat de plaatselijke aantasting van de coating betreft. Het corrosieve medium is o.a. de atmosfeer met haar schadelijke stoffen en de nabijgelegen zee. Als er sprake is van vocht dan gaat het in dit geval om twee soorten, namelijk zeewater wat rijk is aan natriumchloride en zure regen wat mede zijn naam te danken heeft aan o.a. CO₂ en andere zwavelachtige stoffen. Dit proces wordt actief ondersteunt door de bovengenoemde corrosiesimulerende bestanddelen welke sterk hygroscopisch zijn. Een vochtige omgeving zorgt ervoor dat de zuurstof uit de lucht als oxidatiemiddel fungeert (zie ook chemische analyse). Hier is zeker sprake van een chemisch proces.

De definities van vorming van roest c.q. corrosie liggen blijkbaar heel dicht bij elkaar. Indien ijzer en staal in contact staan met agressief water en dit in combinatie met zuurstof, dan ontstaat er roest. Roest is poreus en biedt geen bescherming tegen verdere desintegratie van ijzer. Dit is een proces van jaren.

Tijdens het onderzoek zijn er duidelijke sporen van roest gevonden, namelijk in de binnen- en buitengelegen naden. De oorzaak van de roestvorming (zo blijkt uit de chemische analyse) is de 20% ijzervijlsel dat in het ijzercement verwerkt is. Hierdoor is het ijzercement bros en poreus geworden en daarom niet meer geschikt voor verder gebruik.

Omwille van het onderzoek zijn kleine onbeschadigde delen aan de buitenzijde van gietijzeren schacht vrij gemaakt van de aanwezige coating. Onmiddellijk na het blootstellen van het gietijzer aan de buitenlucht ontstond er een soort oxidatielaag die in staat blijkt te zijn het gietijzer tegen corrosie te beschermen. De bescherming van het gietijzer is te wijten aan een legering waarin naast koolstof ook andere anti- roest zijn verwerkt, die bekend staan als preventiemiddel tegen roestvorming (zie fotonummers 086 en 087).

Referentie : 2010/I101
Rapport : 10404
Betreft : onderzoek gietijzer kustlichttoren Lange Jaap te Den Helder
16/26

5. SAMENVATTING

Het onderzoek van de vuurtoren de Lange Jaap te Huisduinen is afgerond nadat alle facetten belicht en beoordeeld zijn. De vraag wat de feitelijke oorzaak is van de scheef liggende vloerplaten is beantwoord. Ook zijn er tal van analyses verricht die een juist antwoord geven over de samenstelling van het gietijzer en de problematiek rond de scheurvorming. Het bouwchemisch onderzoek heeft tevens aangetoond waarom de naden hun waterdichtheid verloren hebben. Doelmatig onderzoek is geen sciencefiction meer maar pure noodzaak ter kartering van het schadebeeld en hun oorsprong. In dit kader willen wij nog eens beklemtonen dat een visuele inspectie alleen niet afdoende is om de juiste conclusies te trekken, alleen in relatie met de hier in praktijk gebrachte onderzoekstechnieken kunnen de vele vragen beantwoord worden.

Als wij alles nog eens de revue laten passeren vanaf de opbouw van de vuurtoren. Dan zijn reeds tijdens de montage van de vuurtoren graviterende fouten gemaakt met name in de maatvoering van de kuipelementen in relatie tot de schachtelementen en in het ontwerp van de raamconstructie en de hiermee verbonden vervolgschades.

5.1 Kuip - en schachtconstructie

De verschillen in de maatvoering maken zich kenbaar vanaf de 6^e laag en neemt in de hoger gelegen lagen drastisch toe. Naast de hoogte verschillen van de in de schachtelementen aanwezige naden, zijn er ook hoogteverschillen geconstateerd in de kuip- en schachtelementen en varieert tussen 10 tot 50 mm. Een ongelijke hoogte van de flenzen van de kuip en de schacht zorgen voor een verschil in de totale maatvoering, waardoor de platen scheef zijn gemonteerd en de boutverbindingen van de kuip- en de schachtrand onvoldoende zitting hebben, met als gevolg breuk en scheurvorming. Een andere feit welke tot schade leidt is dat de vloerplaten vaak zonder tussenruimtes gemonteerd zijn. Het gevolg hiervan is dat tijdens een hoge windbelasting en/of hoge temperatuur de onderlinge vloerplaten niet de mogelijkheid tot expansie hebben, die ze wel nodig hebben om schadevrij te blijven.

De naden zijn deels voorzien van ijzeren afstandhouders, die dienden voor een gelijkmatige afstand van alle schachtelementen. Het is aantoonbaar dat deze afstandhouders maar deels toegepast zijn waardoor de juiste tussenmaat nauwelijks in acht is genomen. Er zijn verschillen gemeten tussen 10, 20 en 30 mm

Referentie : 2010/I101
Rapport : 10404
Betreft : onderzoek gietijzer kustlichttoren Lange Jaap te Den Helder
17/26

5.2 Raamconstructie

De waterdichtheid van de vuurtoren kan niet alleen gewaarborgd worden door dichte voegen en naden maar ook door intacte ramen. Zoals wij hebben vastgesteld zijn de meesten ramen ondicht en een verzamelplek voor lekwater. Deels zijn er plexiglas ruiten als gedeeltelijke voorzetramen toegepast, maar ook deze hebben weinig baat, het lekwater blijft stromen. Wij hebben gebruik gemaakt van de gelegenheid om ook de vuurtoren in Scheveningen te gaan bezoeken om een kijkje te nemen hoe de situatie aldaar is. Immers gaat het hier ook om een soortgelijke uit gietijzer vervaardigde vuurtoren. Opvallend is dat ook daar lekkende ramen aangetroffen zijn. Dit betekent dat ook in Scheveningen de ramen ondicht zijn, met alle gevolgen van dien. Weliswaar is de schade in Scheveningen tot nu toe beperkt gebleven. Het lekwater zorgt onherroepelijk ook hier voor vervolgschade (zie fotonummers 088, 089, 090 en 091).

5.3 Vervolgschade

Een andere problematiek is de aanwezigheid van lekvocht. Het mechanisme van het lekvocht en ook de gevolgen hiervan zijn uitvoerig in het rapport verwoord. Schade welke aan de vloerplaten en coating veroorzaakt is, is bekend en calculeerbaar. Dit in tegenstelling tot de schade die veroorzaakt is aan het ijzercement. De omvang van deze schade is in dit stadium nog niet volledig bekend. Wel gaan wij er vanuit dat de naden van de vuurtoren aan de buitenzijde voor tenminste 75% en aan de binnenzijde voor ca. 30% vervangen moeten worden.

6. HERSTELWERKZAAMHEDEN

6.1 Het vervangen van vloerplaten

- Voordat de vloerplaten gedemonteerd kunnen worden dienen alle bijbehorende bouten verwijderd te worden;
- Voorzichtig demonteren van de diverse vloerplaten.
- Gebroken vloerplaten afzonderlijk bewaren;
- Voor het produceren van de nieuwe vloerplaten kan de meest geschikte bestaande vloerplaat als mal te fungeren. Dit betekent dat voor elke afzonderlijke in maatvoering verschillende vloerplaat een mal moet worden gefabriceerd;
- Voor het fabriceren van de nieuwe vloerplaten zal gebruik worden gemaakt van het gietmateriaal EN-GJS-400-15 met een treksterkte van 400-550N/mm² en een 0,2% rekgrens van 250-350 N/mm². Dit houdt in dat bij belasting door montage de krachten door buiging kunnen worden opgevangen tot zeker 20 tot 25% gelijk aan gietstaal terwijl de voordelen voor een tamelijk corrosiewerende karakter gehandhaafd blijft. Een andere voordeel van dit soort gietmateriaal is dat het indifferent is met het bestaande gietijzer.

Referentie : 2010/I101
Rapport : 10404
Betreft : onderzoek gietijzer kustlichttoren Lange Jaap te Den Helder
18/26

Het spreekt voor zich dat de vloerplaten in een van te voren afgesproken schema gedemonteerd en monteert moet worden. Het mag niet zo zijn dat alle beschadigde vloerplaten in een keer verwijderd worden, als dit gebeurd zal de vuurtoren te veel aan stabiliteit en evenwicht verliezen.

Voor het monteren van de vloerplaten zijn er bouten nodig van een diameter van 18 mm met een lengte van tenminste 90 tot 112 mm.

In dit kader willen wij u ook berichten dat een aanpassing van het hoogteverschil tussen de kuip- en schachtflens niet mogelijk is, met andere woorden de schuinstand c.q. helling van de vloerplaten zal zich ook in de nieuwe situatie kenbaar maken met dien verstande dat een goede zitting van de vloerplaat gewaarborgd is.

6.2 Raamconstructie

Het eventuele aanpassen c.q. een verandering van de bestaande raamconstructie is mogelijk. Hierbij denken wij aan een constructie die vervaardigd is uit één stuk en niet uit diverse delen zoals de huidige situatie blijkt te zijn. Ook hier zal gebruik worden gemaakt van het gietmateriaal EN-GJS-400-15. Van belang is dat in de ramen waterdichte ventilatieopeningen worden gecreëerd die voor voldoende luchtcirculatie gaan zorgen. Voor deze aanpassingen zullen aparte ontwerpen nodig zijn.

6.3 Naden aan de buitenzijde

Ook over deze aanpassing is er zowel intern als extern overleg gepleegd. Het antwoord is dat de naden van de buitenzijde van de schacht geopend moeten worden, doormiddel van een zaag- c.q. slijpsneden van 4 mm en een diepte van ± 30 mm. Deze opening is aansluitend te dichteren met het product Wetseal fix van Shell of een ander gelijkwaardig product. Wetseal fix is een professionele plastische en elastische kunststof gedragen kitproduct. Het spreekt voor zich dat de open gesneden naden schoon, vetvrij en droog dienen te zijn voor dat deze hiermee gedicht worden. Het aanbrengen van de kit kan geschieden met professionele spuitapparatuur.

6.4 Naden aan de binnenzijde

Voor de naden aan de binnenzijde geldt dat de aangetaste c.q. verdacht uitziende voegen voorzichtig te verwijderen zijn. Deze werkzaamheden kunnen het best met een aangepaste beitel of dergelijke uitgevoerd worden. Vanzelfsprekend zal hier gebruik worden gemaakt van een passende industriële stofzuiger. Een aandachtspunt hierbij is dat de tussenruimte, tussen de flenzen en achter de bouten, volledig stofvrij moet zijn. Voor het opnieuw dichteren van de voegen tussen de flenzen zal hier gebruik worden gemaakt van het van oudsher bekende ijzercement. De verwerking van het ijzercement dient met de hand uitgevoerd te worden.

Referentie : 2010/I101
Rapport : 10404
Betreft : onderzoek gietijzer kustlichttoren Lange Jaap te Den Helder
19/26

6.5 Coating

In dit kader hebben wij contact opgenomen met de firma Bolidt, zoals bekend heeft Bolidt de vuurtoren ca.15 jaar geleden behandeld met de reeds in het rapport genoemde soort coating. Hun reactie op ons vraag "kan alleen volstaan worden met het bijwerken van plaatselijk herstelde naden of dient de vuurtoren in zijn geheel opnieuw behandeld te worden" luidde als volgt;

"Gezien echter onze kennis van de toren en zowel theoretische als wel praktische ervaring met het uitvoeren van coatingwerkzaamheden en de eigenschappen van een coating zoals de onze kan ik u wel een aantal ingrediënten noemen, die aantonen dat het gedeeltelijk behandelen van slechts de voegen niet de voorkeur geniet. Hier zit een economische, technische, optische en historische insteek in verwerkt.

- 1. overlapping van oud en nieuw is per definitie minder goed (vuil, onderliggend roest, aanhechtingsproblemen)*
- 2. ondergrond voorbereiding: slechts relatief kleine stukjes zullen moeten worden behandeld. Als de werkzaamheden goed zullen worden uitgevoerd, zal toch de gehele toren beschermd worden tegen weer en wind. In de praktijk wordt er tegen beter weten in sporadisch afgedekt wat uiteindelijk de kwaliteit niet ten goede komt.*
- 3. kleine reparaties die weer blinken in de zon zullen afsteken tegen een 15 jaar oude coatinglaag. Het misstaat.*
- 4. alle voorbereidende werkzaamheden die nodig zijn voor voegherstel, zullen in min of meer ook nodig zijn voor het aanbrengen van een totaal nieuwe coating (dus weggegooid geld)*
- 5. de technische conservering is beter als het geheel in een keer wordt gecoat."*

Daarnaast dient nog opgemerkt te worden dat het milieu waarin de toren zich bevindt, agressief is. Veel zout, een zuid/zuidwesten wind en relatief veel regen/vochtigheid. Een perfect samenspel om corrosie de vrije loop te laten gaan. In dit kader willen wij u aangeven dat wij deze opvatting delen. Plaatselijke herstel van de bestaande coating zal altijd tot problemen kunnen lijden. Immers is de coating van de vuurtoren ca. 12 jaar geleden ook al bijgewerkt. Het resultaat is gewoon slecht, dit heeft niets met de coating als zodanig te maken maar met het feit dat de roest en het lekwater van binnenuit de coating plaatselijke beschadigd heeft (zie fotonummers foto's 092 en 093).

6.6 Hoeveelheden

Voor het bepalen van de totale hoeveelheid, te vervangen vloerplaten, hebben wij op de tekeningen aangegeven welke vloerplaten er per laag vervangen dienen te worden. Het gaat hierbij om die vloerplaten welke scheuren, verder als de eerste bout t.p.v. de flens en/of scheuren dwars over de vloerplaat, bezitten. De vloerplaten welke alleen scheuren tot aan de eerste bout vertonen worden op dit moment niet vervangen, aangezien de nog voldoende draagvlak bezitten.

Referentie : 2010/I101
Rapport : 10404
Betreft : onderzoek gietijzer kustlichttoren Lange Jaap te Den Helder
 20/26

Hieronder ziet u een overzicht van het totaal aantal te vervangen vloerplaten.

Laag	Aantal te vervangen vloerplaten per laag	Aantal m ² per laag
4	1	2,27
6	5	10,73
7	11	20,46
8	6	10,80
9	3	4,83
	2	5,70
10	7	10,01
	1	2,52
11	8	10,00
	5	11,05
12	5	5,70
	8	17,16
13	16	35,20
14	16	29,60
15	16	24,48
16	16	21,08
17	8	22,20
Totaal	134	243,79
	Dikte vloerplaat	0,015
	m ³ gietijzer	3,660

Het soortelijke gewicht van gietijzer bedraagt 7300 kg/m³. Hiermee kom je op totaal zo'n 30.000 kg vloerplaten incl. de flenzen.

Voor het demonteren van de vloerplaten zullen eerst alle bijbehorende bouten moeten worden verwijderd. Dit komt neer op 2630 stuks bouten.

Voor het verwijderen van de voegen aan de binnenzijde en het uitslijpen van de naden aan de buitenzijde hebben we eerst het totaal aantal voegen en naden bepaald. Dit komt neer op in totaal zo'n 1180 m¹. Vervolgens gaan wij er bij de voegen aan de binnenzijde vanuit dat 30% vervangen dient te worden, wat neer komt op ongeveer 250 m¹ en bij de naden aan de buitenzijde dat 70% uitgeslepen dient te worden, wat neer komt op ongeveer 830 m¹.

Als we voor de coating van de buitenzijde van de schacht het totale oppervlakte aanhouden gaat het om ca. 900 m² welke voorzien wordt van een nieuwe coating.

Referentie : 2010/I101
Rapport : 10404
Betreft : onderzoek gietijzer kustlichttoren Lange Jaap te Den Helder
21/26

6.7 Prijsvorming

Wat betreft de prijsvorming is door ons contact opgenomen met 2 gerenommeerde bedrijven aangezien het verschillende werkzaamheden betreft. Daarnaast hebben wij het steigerwerk uitgelicht.

6.7.1 Gietijzerwerk

Voor het gietijzerwerk, de demontage en montage van de vloerplaten en het uitslijpen en dichten van naden is het bedrijf Ebbers Group Industries benadert. Het adres is:

Gieterij Neede b.v.
Bergweg 11
7160 AA Neede
Telefoon : 0545 - 29 14 41
Telefax : 0545 - 29 42 60

Opmerking betreffende de offerte nr. A010-0311/ HE/Vm d.d. 26 augustus 2010 is, dat de prijs van de hoogwerker vervalft gezien de werkzaamheden met betrekking tot het uitslijpen en het vullen van naden te combineren is met de straal- en coatingbehandelingen van de buitenzijde van de vuurtoren. Voor deze werkzaamheden lijkt het plaatsen van een hoogwerker zinvoller.

Een andere opmerking is dat de vullingen aan de binnenzijde van de toren als volgt uitgevoerd worden;

1^e laag zal gebruik worden gemaakt van wet Seal.
2^e laag zal gebruik worden gemaakt van ijzercement.

Deze opbouw is in lijn volgens de richtlijnen van de RCE (Rijksdienst Cultureel Erfgoed) zodat er geen afwijkende naadvulling ontstaan buiten het ijzercement.

6.7.2 Coating

Voor het verwijderen en vervangen van de coating adviseren wij u Bolidt, dit gezien hun ervaring op het gebied van oppervlakte technologie.

Het adres is:

Bolidt b.v.
Nijverheidsweg 37
3341 LJ HENDRIK IDO AMBACHT
Telefoon : 078 - 684 54 44
Telefax : 078 - 684 54 00

Referentie : 2010/I101
Rapport : 10404
Betreft : onderzoek gietijzer kustlichttoren Lange Jaap te Den Helder
22/26

6.7.3 Steigerbouw

Hier dienen 3 bedrijven een prijsaanbieding te verzorgen voor een systeemsteiger. De steiger dient Arbo gekeurd opgeleverd te worden en dient alle (veiligheids)voorzieningen te bezitten ter voorkoming van overlast, zoals netten om het stof en coatingresten tegen te houden en optimale werklagen.

7. RESULTATEN LABORATORIUMONDERZOEK

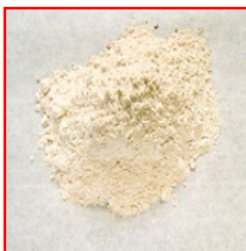
7.1 Bouwchemische analyse

De genomen monsters die wij hebben onderworpen aan een bouwchemische analyse zijn ijzercement (monster 1 en 4), vulzand (monster 2) en zout (monster 3).

Monster 1 is afkomstig van een voeg die sterk is aangetast door schadelijke stoffen. Het is instabiel en valt al gauw uit elkaar. Hier is een grote hoeveelheid calciumchloride, calciumnitraat en sulfaat gevonden. Dit in tegenstelling tot monster 4 wat afkomstig is uit een ander deel van de toren en vrij is van schadelijke stoffen. Monster 3 is genomen op de begane grond en blijkt puur zout te zijn. Dit zout bevond zich tussen de gietijzeren elementen en de hardstenen sokkel. Het zout is inmiddels gekristalliseerd en is afkomstig uit de nabij gelegen zee (zie fotonummers 094, 095, 096 en 097).

Bij alle monsters blijkt ook, dat het hygroscopisch vocht zeer hoog is. Hierdoor zal er steeds vocht aangetrokken worden en een permanente bron van corrosie zijn.

Het meten van de geleidbaarheid



De genomen monsters zijn door ons laboratorium onderzocht op de aanwezigheid van bouwschadelijke zouten. Daartoe werden de monsters in ons laboratorium fijngemaakt. Vervolgens werd van elk monster 5 gram afgewogen en hier wordt gedestilleerd water van 70° C aan toegevoegd. Na 24 uur wordt de geleidbaarheid gemeten. De meting van de geleidbaarheid geschiedt door de reciproke-weerstand van de elektrische stroom, die bestaat tussen twee elektroden die in het extract worden ondergedompeld, te meten. De geleidbaarheid is een maat voor de zoutbelasting van het betreffende monster. Hoe meer zoutionen in de vloeistof aanwezig zijn, hoe kleiner de weerstand tegen elektrische stroom is en hoe groter dus de geleidbaarheid.

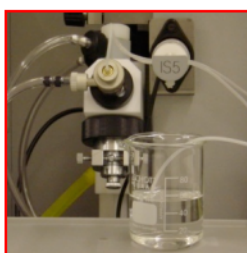
Referentie : 2010/I101
Rapport : 10404
Betreft : onderzoek gietijzer kustlichttoren Lange Jaap te Den Helder
 23/26

De volgende grenswaarden voor de geleidbaarheid zijn proefondervindelijk vastgesteld en gebaseerd op een rijke ervaring. Bij een extractie-oplossing van 10 gram monstermateriaal in 100 ml gedestilleerd water betekent een geleidbaarheid van:

- < 500 $\mu\text{S/cm}$ Niet/weinig zoutbelast.
De zoutbelasting is niet bouwschadelijk.
- tussen 500 en 1100 $\mu\text{S/cm}$ Mogelijk hoge zoutbelasting.
De zoutbelasting is mogelijk bouwschadelijk
- > 1100 $\mu\text{S/cm}$ Hoge zoutbelasting.
De zoutbelasting is bouwschadelijk.

Monster	Omschrijving	Geleidbaarheid (μS)
1	IJzercement	1900
2	Vulzand	100
3	Zout	46100
4	IJzercement	1200

Het meten van de aanwezige bouwschadelijke zouten



Tenslotte wordt deze oplossing aangewend ter bepaling van de diverse concentraties bouwschadelijke zouten. De concentratie chloride en sulfaat wordt bepaald met behulp van een digitale spectrofotometer. De bepaling van de concentratie kalium, calcium, magnesium en natrium geschiedt met behulp van de atomic absorbtion spectrometer "AAS Vario 6" en nitraten met behulp van de aantoningsreactie "indicator". De resultaten geven de zoutbelasting weer.

Monster	Chloride mg/kg	Sulfaat mg/kg	Nitraat mg/kg	Calcium mg/kg	Kalium mg/kg	Natrium mg/kg	Magnesium mg/kg
1	1298	2492	0	2524	53	33	109
2	619	0	0	205	59	0	45
3	15612	7958	1000	146	5161	11086	45
4	710	1742	0	748	119	129	40

Referentie : 2010/I101
Rapport : 10404
Betreft : onderzoek gietijzer kustlichttoren Lange Jaap te Den Helder
 24/26

Het meten van het vocht, hygroscopisch vocht en de zuurgraad

Bepaling vochtgehalte



Van de genomen monsters is het massapercentage van het aanwezige vocht bepaald. Dit geschiedt door nogmaals 5 gram fijngemaakt monstermateriaal in een vochtbakje in te wegen en gedurende 2 uur in een droogstoof bij 110 ° C. te laten drogen. Het droge materiaal wordt vervolgens teruggewogen. Uit het gewichtsverlies en de ingewogen hoeveelheid wordt het gewichtspercentage van het vocht berekend.

Bepaling hygroscopisch vocht

Na het drogen wordt het monstermateriaal in een omgeving geplaatst met een relatieve luchtvochtigheid van circa 70%. De eventueel in het materiaal aanwezige hygroscopische zouten zullen dan opnieuw vocht aantrekken. Door de weegbakjes met het monstermateriaal na stabilisatie opnieuw te wegen, kan het opgenomen gewicht aan hygroscopisch vocht worden vastgesteld, alsmede het gewichtspercentage.

Bepaling zuurgraad (pH)

De zuurgraad (pH) van de monsters wordt bepaald door, met behulp van een pH-meter, de pH te meten van de extractievloeistof. Indien de pH-waarde 14 is, geeft dit een extreem basisch milieu weer. Een pH-waarde van 0 geeft aan dat het milieu extreem zuur is en pH-waarde van 7 betreft een neutrale oplossing, dat wil zeggen noch zuur, noch basisch.

Monster	Vocht %	Hygr. vocht	pH
1	1,4	1,8	7,7
2	1,6	1,3	7,8
3	16,5	26,2	11,4
4	1,6	3,3	9,4

Referentie : 2010/I101
Rapport : 10404
Betreft : onderzoek gietijzer kustlichttoren Lange Jaap te Den Helder
 25/26

7.2 Metallische analyse

Ten behoeve van het metallisch onderzoek, zijn er 4 monsters (D,E,H en I) afkomstig van het gietijzer en 1 (F) van de voeg beoordeeld. De samenstelling van het gietijzer, dat tussen 1877 en 1878 is gefabriceerd, is enigszins variabel en verschilt onderling ietwat.

Destijds ontbrak het weliswaar aan de nodige ervaring, maar desondanks was het eindproduct goed en verwerkbaar in alle vormen en technieken. Niet alleen vuurtoren konden uit gietijzer opgetrokken worden, maar ook bruggen en andere constructieve delen van gebouwen.

De samenstelling van het ijzer in combinatie met de verschillende elementen, maakte het mogelijk om ijzer gietbaar te maken. Door middel van gietmallen konden er veel verschillende vormen worden gecreëerd. Deze elementen hadden bovendien als voordeel, dat deze het gietijzer bescherming boden tegen de verschillende weersomstandigheden en corrosie. Het gaat hierbij om o.a. aluminium, koolstof, vanadium, titaan, silicium en fosfor.

	C	C	S	Al	Ca	Co
Monster	Ppm	%	%	%	%	%
Binnen D		2,84	0,144	<0,020	<0,020	<0,050
Binnen E	57		0,04	<0,020	<0,020	<0,050
Binnen F						
Binnen H		3,05	0,115	<0,020	<0,020	<0,050
Binnen I		2,78	0,125	<0,020	<0,020	<0,050

	Cr	Cu	Fe	K	Mg	Mn
Monster	%	%	%	%	%	%
Binnen D	0,04	<0,020	91,6	<0,020	<0,050	0,79
Binnen E	<0,020	<0,020	99,8	<0,020	<0,050	0,02
Binnen F						
Binnen H	0,03	<0,020	91,4	<0,020	<0,050	0,67
Binnen I	0,04	<0,020	92,5	<0,020	<0,050	0,84

	PBOnr
Monster	
Binnen D	JC000
Binnen E	JC000
Binnen F	JC000
Binnen H	JC000
Binnen I	JC000

Referentie : 2010/I101
Rapport : 10404
Betreft : onderzoek gietijzer kustlichttoren Lange Jaap te Den Helder
 26/26

	Mo	Na	Ni	Oxidische deel	P	Si
Monster	%	%	%	%	%	%
Binnen D	<0,050	<0,100	0,03	0,7	1,34	2,34
Binnen E	<0,050	<0,100	0,04	0	0,51	<0,020
Binnen F						
Binnen H	<0,050	<0,100	0,02	0,6	1,41	2,55
Binnen I	<0,050	<0,100	0,03	0	1,48	2,45

	Sn	Ti	V	C	S	Al₂O₃
Monster	%	%	%	%	%	%
Binnen D	<0,050	0,11	0,07			
Binnen E	<0,050	<0,020	0,03			
Binnen F				18,9	0,295	1,44
Binnen H	<0,050	0,11	0,07			
Binnen I	<0,050	0,1	0,08			

	CaO	Fe₂O₃	MgO	MnO	P2O5	SiO₂
Monster	%	%	%	%	%	%
Binnen D						
Binnen E						
Binnen F	26,7	20	0,52	0,022	0,12	4,01
Binnen H						
Binnen I						

	TiO₂	CuO	Zn	MoO₃	SnO₂	BaO
Monster	%	%	%	%	%	%
Binnen D						
Binnen E						
Binnen F	1,05	0	0,36	0	<0,01	0,05
Binnen H						
Binnen I						

verklaring genoemde chemische Symbolen

C	Koolstof	Co	Kobalt	K	Kalium
S	Zwavel	Cr	Chroom	Mg	Magnesium
Al	Aluminium	Cu	Koper	Mn	Mangaan
Ca	Calcium	Fe	Ijzer	Ti	Titaan
Mo	Molybdeen	Si	Silicium	V	Vanadium
Na	Natrium	Sn	Zin	P	Fosfor
Ni	Nikkel				