

Vuurtoren Lange Jaap Kijkduin, Den Helder

**Onderzoeksrapport
Scheurvorming vloeren**



versie
vervangt revisie
rapportcode
datum
Opdrachtgever

4.0 (definitief)

LJ_R01_4.0
27 januari 2020
Rijkswaterstaat
[REDACTED] (CD)

Vuurtoren Lange Jaap

Schade onderzoeksrapport

Inhoud

1	Inleiding	3
1.1	Uitvraag	3
1.2	Samenvatting dossieronderzoek.....	4
1.3	Samenvatting buiteninspectie.....	5
1.4	Samenvatting bevindingen en vervolgadvis.....	6
1.5	Documentatie	7
1.6	Historische context [ref. 31 – 29-04-2011].....	8
1.7	Constructieve opbouw	10
2	Voorgaande onderzoeksrapporten.....	12
2.1	[1998-05-13] TNO scheuren inspectiebezoek kustlichttoren Huisduinen.....	12
2.2	[2010-09-09] IECRT onderzoek gietijzer kunstlichttoren de Lange Jaap.....	12
2.3	Advies Johan de Haan 11-11-14.....	15
2.4	[2012-12-01] Onderzoek Fopma.....	16
2.5	[2011-04-29] projectplan reparatie vloeren Den Helder.....	17
3	Brononderzoek (Ib Rotterdam)	18
3.1	Inleiding	18
3.2	Constructieve eisen Instandhouding	19
3.3	Analyse scheurgedrag	20
3.4	Bevindingen hoofdstuk 3.....	23
4	Aanvullende analyse.....	24
4.1	Rekenkundig onderzoek.....	24
4.2	Rekenkundig vervolgonderzoek.....	26
5	BIJLAGE FIGUREN	27
6	BIJLAGE VISUEEL SCHADE-ONDERZOEK TOREN	35
6.1	Inleiding	35
6.2	Bevindingen schouw:.....	35
6.3	Samenvatting en advies vanuit schouw:.....	36
6.4	Uitgevoerde inmetingen:.....	36
6.5	Onderzoek samenhang vloer wand/schacht-bouten.....	37

BIJLAGEN:

Bijlagen zelf niet meegeleverd bij rapportage aanbiederontwerp (redactioneel niet uitgewerkt)

B01	SCIA detailmodel
B02	Geometrische gegevens van de toren

1 INLEIDING

1.1 Uitvraag

De vuurtoren Lange Jaap staat in Den Helder (Kijkduin) dateert uit 1878 en is uitgevoerd in gietijzer. Sinds geruime tijd is sprake van zware scheurvorming in een aantal tussenvloeren. Naar de oorzaak van de scheurvorming zijn inmiddels meerdere onderzoeken uitgevoerd.

De uitgevoerde onderzoeken zijn daarbij niet gelijkgestemd in de duiding van de oorzaak van de scheurvorming en in het instandhoudingsadvies.

Er zijn slechts in zeer beperkte mate verslagleggingen en evaluaties van eerder uitgevoerde werkzaamheden. Er is geen vastlegging van waar/wanneer er bouten en/of vloerdelen zijn uitgenomen en op welke wijze dit is gerepareerd.

Aan Ingenieursbureau Gemeente Rotterdam (IbR) is gevraagd om een desk-studie uit te voeren naar de resultaten van eerdere analyse-rapporten en deze vervolgens te verwerken in een eigen zienswijze op de oorzaak van de opgetreden scheurvorming.

In het verlengde van de vraagstelling is:

- Een globale rekenkundige analyse uitgevoerd met als doel het effect van vastgestelde zettingsvervorming en temperatuurgradiënten op de constructie te onderzoeken.
- Een schouw van de constructie uitgevoerd waarbij op alle relevante plaatsen de aanhechting tussen wand en vloer in kaart is gebracht en waarbij de globale maatvoering, plaatdiktes en afmetingen van verstijvers zijn ingemeten.
- Een advies opgesteld voor vervolgonderzoek

Er zijn geen constructietekeningen of constructieve informatie vanuit ontwerp en bouw beschikbaar gesteld.

Afgeleide onderzoeksvragen in relatie tot de opgetreden gebreken:

- Wat is de invloed van specifieke eigenschappen van toegepaste materiaal gietijzer;
- Was/Is de constructie in staat de daarop uitgeoefende belastingen te dragen;
- Zijn er relevante belastingen of -effecten die niet in de toenmalige ontwerpen zijn meegenomen (denk bijvoorbeeld aan temperatuurgradiënten);
- Is de inwendige statisch onbepaaldheid (verhinderde vervormingen) van wezenlijke invloed op de krachtverdeling en stabiliteit van de toren;
- Wat is de invloed van de toegepaste detaillering op de werking van de toegepaste verbindingen;
- Wat is de mogelijk invloed van het uitvoeringsproces (met mogelijke passingsafwijkingen en/of fabricage- en bouwtoleranties)
- Zijn er tijdsafhankelijke invloeden van belang (zoals: corrosie, verlies aan voorspanning, lekkage van afdichtingen, zettingen)
- Is de schuinstand van een aantal verdiepingsvloeren tussen schacht en buitenwand van invloed en/of oorzaak van de opgetreden schades.
- Zijn de lokale sparingen in vloeren (trappenhuis) en wanden (ramen) van invloed op de stijfheidsverdeling en krachtwerving en daarmee op de scheurvorming.
- Is er sprake van onbedoeld en onvoorzien gebruik (expositie met groepen mensen op vloeren)
- Kan uit de aard en omvang van de opgetreden scheurvorming (scheurlengte, oriëntatie, startpunt, scheurwijdte) informatie worden herleid die van belang is bij het vaststellen van de oorzaak.
- Wat zegt de ontwikkeling van de scheurvorming in de tijd over de oorzaak?
- Er zijn vloerpanelen verwijderd. Dit is door de hoge mate van verklemming van bouten en vloerdelen slechts met grote moeite gelukt (snijbrander). Wat zegt dit over de werkelijke spanningsverdeling in de vloer in relatie tot de voorziene situatie.
- Is er specifiek vervolgonderzoek noodzakelijk om beter inzicht te krijgen in de oorzaak van de scheurvorming.
- Is monitoring van de scheuren van belang voor de oorzaakduiding
- Zijn er directe maatregelen vereist om de integriteit en constructieve veiligheid van de toren te borgen (bijv. wegvallen kniksteunfunctie buitenwand als vloeraansluiting gedeeltelijk wegvalt)
- De scheurvorming is overwegend beperkt tot de vloeren in de midden en hogere vloeren. Kan uit deze respons informatie worden herleid inzake de oorzaak.

1.2 Samenvatting dossieronderzoek

In het verleden zijn een aantal onderzoeken uitgevoerd naar de oorzaak van de zware scheurvorming (radiaal, tangentieel) in de vloeren 6 t.m. 16 van de vuurtoren Lange Jaap.

Karakteristiek voor de eerder uitgevoerde bureau onderzoeken (en enkele destructieve onderzoeken op locatie) is dat ze alle een aantal mogelijke oorzaken voor de scheurvorming benoemen zonder dat er hiervoor op enigerlei wijze overtuigende, kwantitatief onderbouwde bewijslast is opgevoerd.

Opgemerkt dient te worden dat de vuurtoren karakteristiek is voor een omvangrijke serie gietijzeren torens uit dezelfde periode met een gelijke constructieve opbouw. Vooral in Engeland was in de tweede helft van de 19e eeuw de gietijzeren vuurtoren in zwang. Op internet en in publicaties is geen concrete informatie gevonden over gelijksoortige scheurvorming zoals in dit specifieke geval is vastgesteld. Wel is er meerdere malen sprake van gerapporteerde corrosieaantasting bij gelijksoortige torens.

In vergelijking tot andere gietijzeren torens is de Lange Jaap een relatief hoge toren. De afmeting van de toren heeft echter naar verwachting geen directe relatie met de opgetreden scheurvorming maar kan indirect wel een rol spelen (secundaire spanningsniveaus, verhinderde vervormingen, grotere maatafwijking en afmeting van voegvullingen).

Vastgesteld is dat vrijwel alle, in de eerdere onderzoeken, opgevoerde oorzaken op meerdere of mindere mate bijgedragen hebben aan de opgetreden scheurvorming. In hoofdzaak betreft dit:

- Gietmateriaal extreem ongunstige materiaaleigenschappen (breuktaaiheid, kerfslagwaarden) indien op trek of op stoot belast. Gerapporteerd is dat de toren substantieel heen en weer schudt bij storm.
- Een aantal van de vloeren zijn hellend aangesloten waarbij de verbinding tussen vloer en wand door klembouten sterk op buiging belast worden.
- Gerapporteerd is dat de bouten van de vloer-wandverbinding zwaar verklemd en opgestuikt zijn. Mogelijk is dit te wijten aan (passings-) problemen bij de montage. Er is geen concrete indicatie dat de constructie zich recentelijk heeft gezet.
- Er is geen vervormingscapaciteit in de toren aanwezig tussen vloer en wanden. Dit betekent dat opgedrongen verschilvervormingen (temperatuur, wind, zettingen of bouwvervormingen) resulteren in hoge secundaire spanningen
- Sommige vloeren zijn relatief zwaar belast geweest (expositie op bepaalde verdiepingen) echter vóór dit moment zijn er al scheuren gerapporteerd.
- De toren is beduidend van mindere kwaliteit in maatvastheid dan de andere gietijzeren torens, dit is te zien bij de ramen in de schachten en de gescheurde vloeren, deze liggen niet horizontaal in de toren, ze liggen duikend of stekend naar de binnen schacht toe. [ref. 31]

Bij het uitgevoerde vervolgonderzoek is in aanvulling op bovenstaande met name gericht op:

- Kwantitatief onderzoek naar de grootte van spanningen in relatie tot de gedocumenteerde verhinderde vervorming bij temperatuur en vloerscheefstanden
- Analyse naar afwijkingen van lokale krachtwerking bij de verbindingen van vloeren op wanden door uitvoeringstoleranties, maatvoeringsproblemen en detaillering van de verbindingen (verborgen (inklemeffecten en lokale stijfheidsverschillen.)

De scheuren die optreden in de vloeren hebben een grote lengte. Lopen in sommige gevallen door over plaatveldelingen (inclusief verstijvingen).

Vele scheuren hebben een opvallend grote scheurwijdte (tot 6 mm). Dit betekent dat de vloeren onder normale omstandigheden (geen zware zon-, storm- of vloerbelasting) onder grote spanning (verhinderde vervorming) staan die als vervorming vrijkomt nadat scheurvorming optreedt.

1.3 Samenvatting buiteninspectie

Op 26 augustus 2019 is een visuele inspectie van de toren uitgevoerd. De inspectie is uitgevoerd zonder hulpmiddelen (steigers, kraan) en is daarmee beperkt tot de binnenzijde van de toren. De inspectie met bijbehorende opname is specifiek gericht op het in kaart brengen van de scheurvorming met als achterliggende doelstellingen:

- Vast te stellen of de scheurvorming toeneemt in de tijd (vorige opname is van 1999)
- Vast te stellen in welke mate er onthechting optreedt tussen vloeren en wand als input om rekenkundig na te gaan of deze onthechting van invloed is op de constructieve samenhang van de toren en daarmee de constructieve veiligheid.

Constructieve noodmaatregelen:

- Bij alle vloeren (6 tm 16) met scheurvorming is de draagwerking van de vloer verzekerd door het aanbrengen van 4 opleglijpjes per vloerpaneel die de vloerbelasting opnemen in geval de bestaande verbinding volledig faalt.
- Bij specifieke panelen zijn op de vloer overlappaten toegepast als noodmaatregel. Deze platen overbruggen de scheurvorming en herstellen de horizontale fixatie van vloer aan wand. De platen zijn niet ontworpen om verticale belasting over te dragen. Ter plaatse van de overlappaten is geen inspectie van onderliggende scheurvorming meer mogelijk. Uitgangspunt is aangehouden dat de oorspronkelijke vloer hier volledig onthecht is van de wand.
- Op een drietal verdiepingen is een vloerpaneel uitgenomen. Dit is met geweld gebeurd omdat de vloerdelen sterk verklemd waren. De uitgenomen vloerpanelen liggen nog in de toren. De hierdoor ontstane gaten zijn niet opgevuld maar simpelweg afgezet.
- Op een verdieping heeft een aantal radiale scheuren geresulteerd in een mogelijke bedreiging voor de lokale draagcapaciteit van de vloer. Hier zijn stut-jukken (totaal 3 portalen bestaande uit 2 kolommen en onderslaglijgger) toegepast ter ondersteuning van de vloer.

Bevindingen van de buiteninspectie:

- Scheurpatroon komt grotendeels overeen met gerapporteerde scheurlocaties in 1999, zij het dat de scheuromtrek lengte per vloer groter is en dat over meerdere vloeren scheuren vastgesteld zijn. In totaal wordt de toename van de omtreksscheuren geschat op 10 – 30%
- Sommige scheuren staan ver open (tot 10mm). Er is niet na te gaan of dit toegenomen is omdat de scheuropening bij de inspectie van 1999 niet is vastgelegd.
- Nieuw is dat er beginnende scheurvorming is vastgesteld in de wandverstijvers (buiten vloerlocaties) over de gehele doorsnede van de randverstijver ter plaatse van boutgaten. Deze scheuren zijn niet eerder gerapporteerd.
- Er is sprake van toenemende lekkage door de ijzer-cementvoegen van de wand. Hierdoor desintegreert de voeg waardoor de constructieve samenhang verandert en lekkage verder toeneemt. De lekkage resulteert in zoutaccumulatie in de verbinding van de vloerelementen tegen de wand waardoor deze op het contactvlak sterk corrosief aangetast worden.

1.4 Samenvatting bevindingen en vervolgdadvies.

- De eerste terugkoppeling van scheurvorming dateert uit de jaren 80. Vanaf de jaren 90 zijn er onderzoeken en inspecties uitgevoerd en zijn er plannen voor renovatie ontwikkeld.
- Er zijn in de tussentijd enkele noodmaatregelen doorgevoerd, maar geen structurele maatregelen om eventuele ongunstige effecten van de opgetreden scheurvorming te verhelpen.
- Het effect van scheurvorming op de constructieve veiligheid is tot dusverre niet onderzocht (lokaal, globaal). Er zijn geen as-built ontwerprapporten of gemaatvoerde tekeningen beschikbaar.
- Er is inmiddels een toegangsbeperking ingesteld (beperking personen) en vloeren met zware scheurvorming en uitgenomen panelen zijn afgezet met linten en kettingen

Conclusies inzake constructieve veiligheid:

- Zware scheurvorming in de verbinding van de vloeren aan wanden en schacht vormen geen directe bedreiging voor het veilig beloopbaar zijn van de vloeren omdat deze inmiddels afdoende met ondersteunings-lipjes zijn ondersteund
- De zware scheurvorming resulteert in grote zones waar vloer en wand (buitenwand en/of schachtwand) grotendeels of volledig onthecht zijn. Dit betekent dat constructieve samenhang verminderd is. Dit is een concreet constructief risico en moet rekenkundig worden onderzocht.
- Scheurvorming in de randverstijvers van de wand. Deze bedreigen de hoofddraagwerking van de wand bij verdere groei. Op dit moment zijn de scheuren niet kritisch maar deze moeten wel opgenomen worden in een monitoringprogramma .
- Lekkage wand. De aantasting van de voegvullingen resulteert in doorgaande spleten die watervoerend zijn. Op dit moment resulteert dit vooral in corrosieve aantasting van de wand-vloerverbinding. Belangrijkste risico is dat de voegvullingen versneld corrosief aangetast worden waardoor lokale ondersteunende draagwerking van de doorkoppeling van de wandelementen wegvalt. Dit zal vervolgens resulteren in lokale toename van spanningen in de wand omdat daar waar de voegondersteuning wegvalt tussen buitenwandelementen er zetting optreedt.

1.5 Documentatie

Er zijn een groot aantal documenten versterkt. Na het selecteren op relevantie en dubbelingen is onderstaande selectie-lijst opgesteld met documenten die op zijn minst enige relatie hebben met de opgetreden scheurvorming of informatie geven inzake functioneel gebruik, toestandsbeschrijving en constructieve werking van de toren:

1. 0000-00-00 de bouwwijze van de gietijzeren vuurtoren te Kijkduin (Den Helder)
2. 0000-00-00 reparatie vloeren Huisduinen, Den Helder, lasmethode kwalificatie
3. [1982] revisietekeningen plattegr. Bestaand
4. [1998-05-13] TNO scheuren inspectiebezoek kustlichttoren Huisduinen
5. [2000] repareren vloeren 2000-00-00 overeenkomst VMD nr 90-0-0012
6. [2001-06-26] advies herstellen gescheurde vloeren vuurtoren Den Helder
7. [2002-05-13] herstellen vloeren vuurtoren Den Helder (wijzigingsvoorstel lassen)
8. [2002-11-08] documenten reparatie vloeren klt Huisduinen
9. [2010-09-09] onderzoek gietijzer kustlichttoren de Lange Jaap te Den Helder (tekeningen)
10. [2010-09-09] IECRT onderzoek gietijzer kustlichttoren de Lange Jaap te Den Helder
11. [1983-01-xx] tekening plattegrond en doorsnede
12. [1958-10-03] tekening schets vuurtoren (overzichtstekening)
13. [1958-11-03] tekening plattegrond (overzichtstekening bemaat)
14. [1958-11-04] tekening dwarsdoorsneden
15. [1958-11-06] tekening vloeren
16. [1960-10-31] tekening plantekening (lichtkoepel)
17. [1961-02-24] tekening paalfundatie
18. [1962-02-01] tekening bestaande en nieuwe toestand
19. [1962-07-01] tekening betonvloer onder draaitafel
20. [1962-07-07] tekening betonvloer
21. [1978-10-11] tekening aanzicht en doorsneden (2)
22. [1978-10-11] tekening aanzicht en doorsneden (1)
23. [1981-07-30] Metingen Temperatuurs invloed Vuurtoren Den Helder
24. [1982-03-11] tekening revisie tekeningen (doorsneden)
25. [1982-03-11] tekening revisietekening plattegrond
26. [1992-10-29] tekening vervangen van het lichthuis basisring buitenring
27. [1992-12-23] tekening gevels
28. [1998-05-13] TNO RAPPORTAGE VLOEREN
29. [2010-08-31] Ebbers gieterij offerte GIETIJZEREN VLOEREN DE LANGE JAAP
30. [2010-09-09] IECRT bijlage 8.1 PN10005NED_L_01_06
31. [2011-04-29] projectplan reparatie vloeren Den Helder (historiebeschrijving scheuren)
32. [2011-07-22] ONDERZOEKSVORSTEL FOPMA - DEN HELDER (zie ook 36)
33. [2011-09-13] _ONDERZOEK Vuurtoren de lange jaap 110913 correctie
34. [2011-09-20] Kopie van Merkenlijst.def.110901.xls
35. [2011-11-10] _ADVIES OPSTELLEN REKENMODEL_RVB JOHAN DE HAAN advies
36. [2012-05-24] Brief gemeente REPARATIEMETHODE MONUMENTENZORG
37. [2012-12-01] Onderzoek Fopma (gelijk aan 32 en 34)
38. [2012-12-10] Rapport onderzoek Lilian Fopma lange jaap (gelijk aan 32 en 37)
39. Doorsneden

1.6 Historische context [ref. 31 – 29-04-2011]

De toren is gebouwd in 1877, het ontwerp is van Q. Harder en vervaardigd door de gieterij Penn & Bauduin te Dordrecht. De toren is met zijn 57 meter de hoogste gietijzeren vuurtoren in Nederland.

De toren is geheel uit gietijzer opgetrokken d.w.z. de 16 kantige buitenschacht, de ronde binnen schacht, de vloeren, de trappen, de lichthuis kuip, het grote omloopbordes en het bordes rondom het lichthuis.

De toren telt 17 gietijzeren vloeren, de vloer van het lichthuis is uitgevoerd in beton.

De toren is beduidend van mindere kwaliteit in maatvastheid dan de andere gietijzeren torens, dit is te zien bij de ramen in de schachten en de gescheurde vloeren, deze liggen niet horizontaal in de toren, ze liggen duikend of stekend naar de binnen schacht toe. In het verleden zijn reparaties uitgevoerd aan de vloeren d.m.v. platen over de scheuren aan te brengen en met bouten te bevestigen.

In december 1991 is een bestek gemaakt door de vaarwegmarkeringsdienst voor het herstellen van 51 vloerplaten (voor zover bekend) d.m.v. het vervangen door identieke stalen platen, het plan is nooit doorgegaan.

Op 16 december 1992 is het lichthuis vervangen door een RVS lichthuis met PMMA beglazing en op de RVS koepel is een radarinstallatie geplaatst.

De buiten schacht is in 1993 gestraald en voorzien van een polyurethaan coating en het grote bordes is voorzien van nieuwe platen, leuningen, en consoles.

Op 10 februari 1998 is door de vaarwegmarkeringsdienst een inspectie op de toren uitgevoerd i.v.m. uit te voeren groot onderhoud in 1999 aan de Kustlichttoren waarbij de gescheurde vloeren sterk in het oog sprongen.

Op 3 maart 1999 is opdracht gegeven voor het geheel kaal stralen en het daarna conserveren van de gehele binnenzijde van de toren en het herstellen van de 11 gescheurde vloeren

Het herstellen van de vloeren hield in; het stralen van de bovenzijde van de vloeren en het daarna voorzien van een polyurethaan vloer met een strekmetaal en de scheuren geheel dicht zetten met polyurethaan. De vaarwegmarkeringsdienst heeft geen schriftelijke aanvraag in gediend voor het herstellen van de vloeren middels kunststofvloeren

Op 27 april 1999 is mondeling door de gemeente Den Helder geen toestemming gegeven om de 16 vloeren te repareren, te voorzien van polyurethaan vloeren.

Door TNO industrie is op 30 maart 1999 een inspectie uitgevoerd naar de aanwezigheid van scheuren in de vloeren. In het rapport kwam naar voren dat de scheuren veroorzaakt zijn door

- a. windbelasting.
- b. uitzettingsverschillen door temperatuurverschillen in de schachten.
- c. bezoekers.

In 1999 is door de vaarwegmarkeringsdienst aan de gemeente gevraagd de toren te sluiten voor bezoek wat ook is gebeurd. Het contract met de aannemer (Bolidt) voor het aanbrengen van de kunststofvloeren is op 2 juli 1999 ontbonden, de conservering van de binnenzijde is uitgevoerd zoals overeengekomen en is op 14 september 1999 opgeleverd.

Op 3 mei 1999 deelde de gemeente per brief mede dat geen vergunning wordt verleend voor de reparatiemethode met kunststofvloeren (polyurethaan) en dat de aanvraag voorgelegd wordt aan de Rijksdienst voor Monumentenzorg.

Op 25 juni 1999 antwoordt van de Rijksdienst voor de Monumentenzorg ontvangen dat de toren van monumentaal belang is en dat het uitgevoerde onderhoudswerk van professioneel gehalte is maar dat reparatie van de gescheurde vloeren op een ambachtelijke manier uitgevoerd dient te worden in ijzer en staal. De RGD zou contact leggen met gespecialiseerde bedrijven, maar verder is het niet gekomen.

Vuurtoren Lange Jaap

Schade onderzoeksrapport

De vaarwegmarkeringsdienst is daarna met een reparatievoorstel gekomen om de gescheurde platen op te vangen d.m.v. platen onder de boutkoppen aan te brengen waardoor de platen toch voldoende oplegging hebben, aan de daadwerkelijke scheuren zou niets gedaan worden, er is nog wel een scheur gerepareerd door het inbrengen van speciale parkers in de scheuren en daarna af te slijpen zodat de scheur gevuld is met metaal. In bestek nr. 2000/101 is de reparatie beschreven.

Op 12 september 2000 is de overeenkomst vaarwegmarkeringsdienst nr. 90/0/0012 gesloten tussen VMD en MFK.

De werkzaamheden zijn door Machinefabriek Kortenoord (MFK) uitgevoerd met uitzondering van die bouten in de buitenschacht, die niet uit de constructie waren te verwijderen, diverse methoden zijn uitgeprobeerd, waarbij in acht moest worden genomen dat het gietijzer een broos materiaal is en er dus geen brute krachten op de flensen van de buiten schacht mogen worden uitgeoefend.

Op 12 januari 2001 ontvangt Rijkswaterstaat een e-mail van MFK waarin wordt vermeld dat een groot gedeelte van de bouten niet uit de torenwand zijn te verwijderen, diverse bedrijven zijn benaderd voor een oplossing, gereedschap voor een alternatieve oplossing en de aannemer doet een verzoek tot uitstel van oplevering.

Op 19 maart 2001 doet MFK een alternatief voor het bevestigen van de platen aan de bouten middels laswerk, dit houdt in dat de oorspronkelijke plaatjes niet onder de boutkoppen worden geplaatst maar worden gelast aan de boutkoppen. Middels een e-mail wordt de Gemeente Den Helder gevraagd om in te stemmen met de gewijzigde reparatiemethode.

Op 26 juni 2001 gaat een brief van met verzoek tot instemming van de gewijzigde reparatiemethode naar de Gemeente Den Helder.

Op 13 mei 2002 wordt een brief van de Gemeente Den Helder ontvangen waarin vermeld wordt dat de gewijzigde reparatie de goedkeuring heeft.

28 augustus 2002 oplevering van bovengenoemde werkzaamheden.

Vervolg:

Op 7 juli 2010 is een onderzoek gestart naar de huidige situatie van de Vuurtoren, door onderzoeksbureau International Engineering Consultants for Restoration Technology B.V.

Het onderzoek bestaat uit; Inventarisatie. Technisch herstel. advies Rapportage.

Het **rapport met nummer 10404** (niet beschikbaar), is toegevoegd aan het Inkoopdossier met nummer 31043264.

Voorafgaand aan de definitieve werkzaamheden zal aan een constructiebedrijf worden gevraagd, om op een nader aan te geven aantal vloeren één vloerdeel te demonteren, zodat ervaring wordt opgedaan, en men weet of er problemen kunnen ontstaan met het los halen van de bouten of vloerdelen. Er zal een rapportage/ verslag worden gemaakt van de werkzaamheden. Wanneer bestek en onderzoek zijn afgerond wordt een afspraak gemaakt met het Atelier Rijksbouwmeester.

Het werk wordt verdeeld in twee percelen:

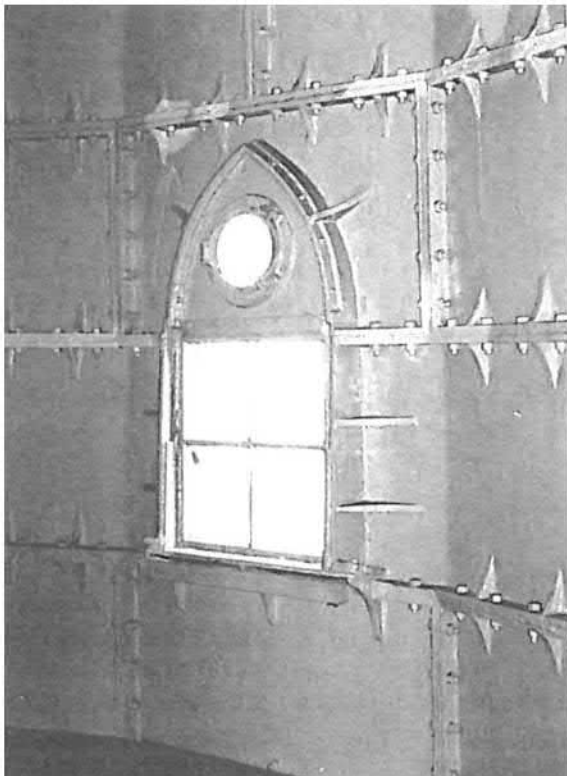
Perceel 1: Werkzaamheden binnenzijde waaronder vervangen vloerdelen, aanpassen raamconstructies, herstellen naden binnenzijde en aanbrengen conservering.

Perceel 2: Werkzaamheden buitenzijde waaronder herstellen naden en aanbrengen coating.

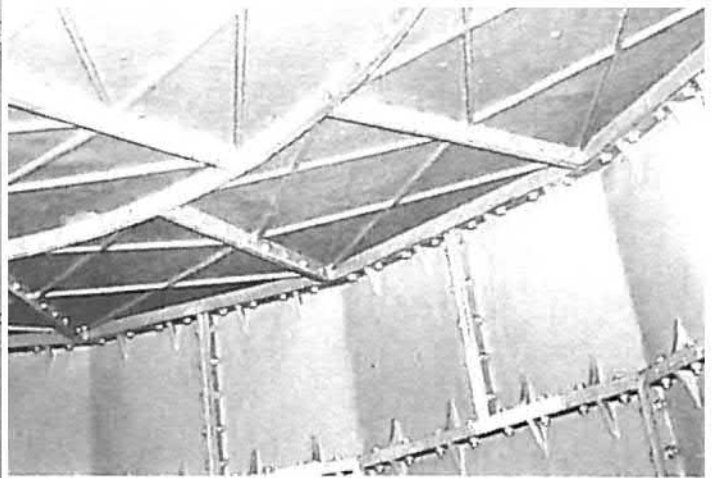
1.7 Constructieve opbouw

De constructieve opbouw van de toren kent vele discontinuïteiten. Deze zijn van belang omdat hier ongunstige spanningspieken kunnen optreden die initiërend of katalyserend kunnen zijn voor het optreden van scheurvorming:

- Gevouwen wandplaatvelden (tbv 16 hoeken van de doorsnede).
- Toepassing halfsteensverband in gevel en vloer.
- Sparingen in wand (raampartijen) en vloer.
- Excentriciteit van de stuikverbindingen met eenzijdige randverstijvingen en bouten.
- Niet duidelijk is of de vlakke stuikverbindingen van de ringen over de gehele omtrek gelijkmatig aanliggen en dragen omdat tussenruimten gevuld en afgedicht zijn met ijzercement.
- Er zijn dwangvlakken voorzien in de stuikverbinding. Bij het spannen van de bouten treedt er rotatie op van de verbindingsschroeven met mogelijk ongunstige invloed op het stuik-contactvlak



Verbindingssysteem wandelementen



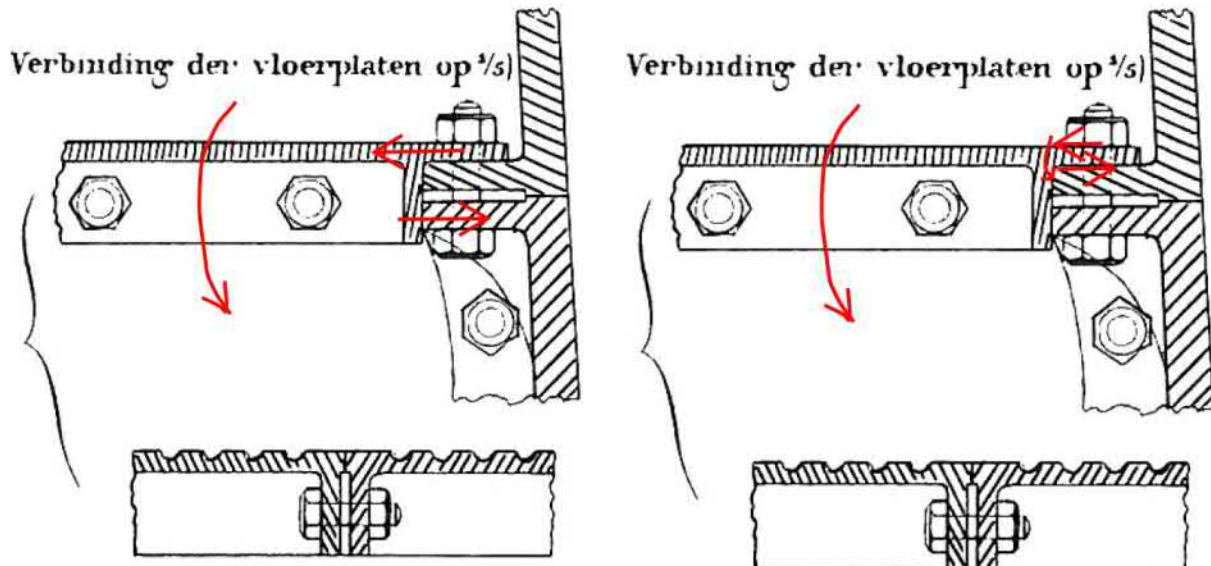
Verbindingen en verstijvingen vloerelementen
Primaire randverstijvers vloerpanelen
Secundaire (X-vormige) tussenverstijvers vloerpanelen

Vuurtoren Lange Jaap

Schade onderzoeksrapport

Mogelijk ongunstige consequenties van de detaillering van de verbinding van vloer met wand

- De verbinding is bij juiste uitvoering theoretisch in staat om bij uitvoering van een overmaatse gatmaat van de bout membraanopspanning van de vloer te verhinderen. Echter vanuit eerdere rapportages wordt duidelijk dat de bout onder grote passings-spanning in het gat zit (zware stuikligging). Hierdoor is horizontale vervormingscapaciteit van de verbinding volledig verhinderd en moet de vloer als opgespannen worden aangemerkt.
- Bij belasting van de vloer wordt de belastingen via de randverstijvingen van de vloerelementen overgedragen op de wand. De vloer zal als gevolg van de bovenbelasting (bezoekers) willen doorbuigen. Bij juiste schematisering wordt de vloer als ideaal scharnierend op de wand aangesloten waardoor zich geen geconcentreerde steunpuntsmomenten in de wandbevestiging zullen voordoen. Echter bij onderstaande detaillering is er geen sprake van een scharnierende werking. Er zijn twee mogelijke werkingen van het detail die beide zorgen voor een rotatieverhindering en hoge lokale krachten, omdat de stijfheid relatief hoog is maar de sterkte van de verbinding laag:
 - Situatie 1 Het onderste contactpunt ligt aan. Er ontstaat een tegenwerkend koppel overeenkomstig de beide pijlen. Omdat dit tegenwerkend koppel alleen optreedt ter plaatse van de vloerverstijvers (onderste plaatje) resulteert dit in hoge geconcentreerde spanningen
 - Situatie 2 Het onderste contactpunt ligt niet aan. In dat geval wordt de rotatie van de vloer verhinderd door de bout in de dekplaat. In dat geval wordt de dekplaat ter plaatse van het vrije overstek sterk belast op een opgedrongen rotatie vanuit de vloer wat reduceert in hoge geconcentreerde verbuiging van de vloerplaat en als gevolg hoge spanningsniveaus in de vloerplaat.



2 VOORGAANDE ONDERZOEKSRAPPORTEN

2.1 [1998-05-13] TNO scheuren inspectiebezoek kustlichttoren Huisduinen

Oorzaken: wind, temperatuurverschillen, bezoekers

Voor scheurvorming in aanmerking komende belastingen zijn:

1. beweging van de toren ten gevolge van de windbelasting
2. uitzettingsverschillen door temperatuurverschillen tussen buiten- en binnenschacht of zon- en schaduwzijde
3. door de bezoekers.

Tijdens de inspectie werden scheuren aangetroffen die reeds gerepareerd waren voordat groepen bezoekers werden toegelaten. Deze scheuren liepen in tangentiële richting bij beide schachten of scheuren die vanuit deze tangentiële scheuren ontstaan waren (en dwarsuit gegaan zijn, foto 1). De mate van scheurvorming nam toe van onder naar boven. Op basis van deze informatie moet worden aangenomen dat de windbelasting scheurvorming heeft veroorzaakt, waarschijnlijk nog geholpen door de spanningen die in de vloeren ontstaan ten gevolge van de uitzettingsverschillen.

Momenteel zijn er echter ook vele scheuren aanwezig die in radiale richting lopen. De meeste scheuren zijn aanwezig in de vloer tussen de verdiepingen 12 en 13. Ook zijn in deze vloer scheuren in tangentiële richting aanwezig in het midden tussen de twee schachten (foto 2). Dergelijke scheuren kunnen alleen zijn ontstaan ten gevolge van het gewicht dat wordt uitgeoefend door de bezoekers op de vloer. Het feit dat deze vloer veruit de meeste scheuren heeft kan verklaard worden uit het feit dat deze verdieping wordt gebruikt als een rustruimte waar tevens een expositie aanwezig is. Een gevolg hiervan is dat bezoekers relatief veel op deze verdieping vertoeven. Op basis van de toestand van de vloer tussen verdieping 12 en 13 moet gesteld worden dat het toelaten van bezoekers in overgrote mate heeft bijgedragen tot de scheurvorming in de vloeren.

2.2 [2010-09-09] IECRT onderzoek gietijzer kunstlichttoren de Lange Jaap

Oorzaken: hellende vloerplaten, gebrek aan expansie mogelijkheden, lekkage ramen

Onderzoek: materiaaleigenschappen gietijzer (hoog fosfor: gevoeligheid doorscheuren)

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).

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).

Vuurtoren Lange Jaap

Schade onderzoeksrapport

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	

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 onderhevig 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 onderhevig 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.

2.3 Advies Johan de Haan 11-11-14

Advies Johan de Haan Senior Adviseur Monumentenbeleid Atelier Rijksbouwmeester 11-11-14

Vooruitlopend op een gebundelde reactie van de RCE en de Rgd, stuur ik volgens afspraak alvast het commentaar van mijn collega's op de beide schaderapporten van De Lange Jaap. Jullie zien dat de conclusie overeenkomt met wat Michiel ook al suggereerde: laat een virtueel model maken. Bij de TU Delft (faculteit CITG) is inmiddels de vraag neergelegd wie daar een goed overzicht heeft van constructieadviseurs, die dit zouden kunnen. Zodra we namen hebben, melden we ons.

In het eerste rapport herkennen we de aard van het bedrijf (de aspecten waarin ze sterk zijn); dat betekent wel dat men ook de oplossing in een bepaalde richting denkt te zoeken. Die oplossing is daarmee niet verkeerd, maar de analyse van de problematiek is wellicht te weinig holistisch. Het tweede rapport gaat vooral in op de uitvoering en analyseert de problematiek niet verder, anders dan de constatering dat het probleem kennelijk in tussenliggende tijd in ernst is toegenomen.

Door de manier waarop de vuurtoren (kennelijk) is geconstrueerd, 'werkt' deze (in fysisch en mechanisch opzicht) als een bijna 70 m hoge monoliet van gietijzer. De bouten zijn ingelaten in gaten (ter plaatse geboord?) die **nauwelijks speling overlaten**. De naden zijn afgevuld met ijzercement, zodat ook daarin nauwelijks sprake is van enige bewegingsvrijheid.

Deze monoliet staat bloot aan spanningen (met bijbehorende vervormingen) die voortdurend wisselen. Belangrijkste oorzaken zijn wisselende dynamische belastingen (vooral wind) en wisselende temperaturen (dag-nachtritme, seizoensritme, met asymmetrie vanwege zonbestraling en een bij de buitentemperatuur na-ijlende binnentemperatuur). Bovendien zijn er kennelijk maatfouten gemaakt bij de vervaardiging van de elementen, waardoor vloeren hellen, boutverbindingen scheef zijn, en dus mogelijk van aanvang af al initiële spanningen (naast die van de statische belastingen) zijn geïntroduceerd. Voor zover sprake is van drukspanningen en verkortingen verwachten we daarvan bij deze gietijzermonoliet geen problemen; waar **sprake is van trekspanningen en rek ligt het juist voor de hand dat problemen (scheuren) ontstaan**. Door de scheuren ontstaat een zekere bewegingsvrijheid, waardoor spanningen zich verplaatsen, en het probleem van scheuren zich in de loop van de tijd zal (moeten) verplaatsen of verergeren.

De conclusies zijn de volgende:

De gesuggereerde oplossingen, voornamelijk bestaand uit het vervangen van gescheurde platen, hoeven niet verkeerd te zijn. Nu is echter op grond van aangetroffen schade aangewezen om welke platen het moet gaan. Geen rekening is gehouden met de mogelijke (eigenlijke) oorzaak. Wie weet zijn er andere maatregelen nodig om te voorkomen dat de schade zich in de toekomst weer gaat voordoen (of wellicht zelfs tijdens de werkzaamheden toeneemt). Zijn alle voorgestelde vervangingen wel noodzakelijk? Kan bijvoorbeeld de spanningsverdeling niet worden beïnvloed door het aanbrengen van voorspanning waardoor (potentiële) plekken met trekspanningen onder druk worden gezet?

De aanbeveling is daarom de volgende:

Laat een daartoe geëquipeerd constructieadviseur de vuurtoren in de computer (virtueel) modelleren. Werk dit virtuele model bij tot temperatuurschommelingen en windbelastingen redelijk adequaat trekspanningen veroorzaken waardoor er een met de praktijk overeenkomend schadebeeld ontstaat (waarbij met name de initiële spanningen door de maatfouten waarschijnlijk het lastigste zullen zijn). In dit virtuele model kun je vervolgens de voorgenomen reparaties en maatregelen inbrengen en op hun profijtelijkheid beoordelen. Dat is (uiteraard) stukken goedkoper dan een trial and error in de praktijk.

2.4 [2012-12-01] Onderzoek Fopma

Oorzaken: niet specifieke oorzaakanalyse

Op voorhand hebben we een aantal aannames gedaan van mogelijke oorzaken, het uit te voeren onderzoek is hierop gebaseerd:

- uitzetting door temperatuursverschillen,
- het "werken" van de vuurtoren (minimale bewegingen die spanning veroorzaken),
- vloerplaten zijn te krap (misschien zelfs onder spanning) gelegd,
- mogelijke verzakking van de vuurtoren, of de schacht, of de kuip,
- te weinig oplegging van de vloerplaten, door het schuin weglopen van de platen (te weinig draagvlak geeft puntbelasting),
- bouten zijn te strak aangedraaid,
- bouten corroderen,
- te weinig (bout)speling in de gaten.

Laag 6	vertoont de eerste scheurvorming ¹ aan de kant van de schacht.
Laag 7	laat een zelfde beeld zien waarbij de scheurvorming ernstiger is.
Laag 8	vanaf deze laag beginnen naast de schachtplaten de kuipplaten ook scheurvorming te vertonen.
Laag 9	laat de eerste scheurvorming in radiale richting van de platen zien, waarbij een scheur in de kuipplaat zich doorgezet heeft in een schachtplaat. Opmerkelijk is dat in deze laag de kuipplaten, afgezien van de scheur in radiale richting, verder intact is.
Laag 10	laat naast ernstige scheurvorming in de schachtplaten ook een aantal scheuren in de kuipplaten zien.
Laag 11	de schachtplaten vertonen ten opzichte van de vier onderliggende lagen beduidend minder scheurvorming, daarentegen vertonen vijf van de acht kuipplaten in deze laag scheuren in de lengterichting.
Laag 12	vertoont aanzienlijke scheurvorming in zowel de kuip- als de schachtplaten, de kuipplaten vertonen ook scheuren in de radiale richting waarbij één scheur doorloopt naar de schachtplaat.
Laag 13	hier is sprake van een grote breuklijn aan zowel de kuip- als de schachtzijde, opvallend is dat hier de eerste scheuren (in de tangentiële richting) waarneembaar zijn, die buiten het bevestigingsgebied van de bouten liggen. Eén plaat vertoont een scheur in radiale richting.
Laag 14	vertoont aan de kuipzijde één grote breuklijn en aan de schachtzijde loopt de breuklijn nagenoeg ononderbroken van plaat C tot en met plaat L.
Laag 15	laat, voor zover zichtbaar, een ononderbroken breuklijn aan de kuipzijde zien en behoorlijke scheurvorming aan de schachtzijde. Er zijn geen scheuren in radiale richting waargenomen. Opvallend is dat op deze verdieping een aantal aan elkaar grenzende platen juist geen scheurvorming vertoont.
Laag 16	een ononderbroken breuklijn aan de kuipzijde, ernstige scheurvorming aan de schachtzijde grenzend aan een ononderbroken breuklijn. Hier treffen we geen scheuren in de lengterichting aan.

Alle vloerplaten op de lagen 13, 14, en 16 vertonen in het bevestigingsgebied van de bouten een ononderbroken breuklijn over de gehele breedte van de plaat. Dit houdt in dat theoretisch op deze niveaus de schacht en de kuip niet meer met elkaar verbonden zijn.

De vloerplaten zijn bevestigd door middel van bouten en moeren. De naden zijn dichtgestopt met ijzercement en op enkele plaatsen uitgevuld met strookjes ijzer. De platen van laag 6, 7 en 8 lopen af van kuip naar schacht. Laag 9 is waterpas. Van laag 10 tot en met 16 lopen de platen af van schacht naar kuip.

Oorzaken

Naar het zich laat aanzien is een combinatie van de genoemde factoren (met uitzondering van corrosie) de oorzaak van de scheur- en breukvorming. Een en ander is pas goed te beoordelen na een technisch onderzoek.

2.5 [2011-04-29] projectplan reparatie vloeren Den Helder

De toren is beduidend van mindere kwaliteit in maatvastheid dan de andere gietijzeren torens, dit is te zien bij de ramen in de schachten en de gescheurde vloeren, deze liggen niet horizontaal in de toren, ze liggen duikend of stekend naar de binnen schacht toe. In het verleden zijn reparaties uitgevoerd aan de vloeren d.m.v. platen over de scheuren aan te brengen en met bouten te bevestigen.

3 BRONONDERZOEK (IB ROTTERDAM)

3.1 Inleiding

In de verstrekte referenties zijn verschillende onderzoeken opgenomen uitspraken over de oorzaak van de opgetreden scheurvorming.

Deze vallen in hoofdzaak uiteen in de volgende groepen:

- Materiaalspecificaties gietijzer
- Belastingen (wind, temperatuurgradiënten)
- Bezoekers
- Verklemming van boutverbindingen
- Schuinstand van een aantal vloeren

Gietijzer werd in het verleden vooral toegepast in lijnvormige elementen met een sterk statisch bepaalde krachtwerking. De toepassing in plaatvelden zonder vervormingscapaciteit tussen orthogonaal systeem van wand en vloer is uniek te noemen.

Bij deze statisch onbepaaldheid wordt in geval van opgedrongen maatafwijkingen en vervormingen een beroep gedaan op herverdeelcapaciteit. Hierdoor ontstaan extra inwendige spanningen die niet te relateren zijn aan een uitwendige belasting. Daar waar deze spanningen in geconcentreerde trek resulteert is het toegepaste materiaal extreem gevoelig.

Om het effect van specifieke belastingen zoals temperatuurgradiënten vast te stellen is een vereenvoudigd rekenmodel opgesteld. De resultaten en conclusies hiervan zijn in Hoofdstuk 4 opgenomen.

In de jaren 80 heeft er een expositie met bezoekers plaatsgevonden op een aantal van de vloeren waar nu scheurvorming optreedt. Er is geen specifieke informatie beschikbaar die een reconstructie mogelijk maken. Met name informatie ontbreekt ten aanzien van welke vloeren het betreft, hoeveel bezoekers zijn er tegelijkertijd aanwezig geweest en wat is de verstijvingsdetailering van de vloer (constructieve opbouw van de vloer met trappenhuisparingen ontbreekt).

Kwalitatief kan worden vastgesteld dat de vloer niet geschikt is voor het dragen van grotere groepen passanten:

- De plaatranden zijn in halfsteensverband gelegd waardoor er geen doorgaand verstijverpatroon tussen de buitenwand en schacht aanwezig is.
- De primaire en secundaire vloerverstijvers zijn slank uitgevoerd waardoor er relatief grote doorbuigingen op treden bij belasting. De is voldoende om de semi-ingeklemde bout-verbinding tussen vloer en wand in extreme mate te belasten.
- Daarbij zorgt toegepaste boutverbindingen door lokale discrete concentratie van belastingen. In combinatie met lekkage en corrosie (en andere oorzaakbijdragen) kan dit een grote kans op scheurvorming geven

Verklemming van de boutverbinding tussen vloer en wand is vastgesteld doordat de verbindingbouten in enige mate verklemd en gekanteld zijn aangetroffen. Voorts bleek het onmogelijk om de bouten niet destructief te verwijderen. Omdat er ten tijde van de registratie zich geen bijzondere omstandigheden voordeden (storm, temperatuur) lijkt de verklemming permanent van aard te zijn waarmee de oorzaak vooral gezocht moet worden in passingsafwijkingen tijdens de bouw, zettingen en gewichtsvervormingen vanuit de bouw

3.2 Constructieve eisen Instandhouding

Gietijzer is een bijzonder materiaal met sterk afwijkende eigenschappen ten opzichte van modern staal. Door de wijze van fabricage en toepassing van legeringselementen is het materiaal gevoelig voor brosse breuk (veroudering). Dit is terug te leiden tot slechte taaiheidseigenschappen van het materiaal.

Voor bestaande staalconstructies met oude materialen is een nieuwe NEN norm in voorbereiding (NEN-8703). In deze norm worden mechanische waarden voor verschillende staal en ijzersoorten vastgelegd op basis van bekende eigenschappen.

Voor oude gietijzeren draagconstructies wordt een bijzondere procedure voorgeschreven waarbij voornamelijk geldt dat op krachtniveau en doorsnede niveau geen elasto- plastische herverdeling is toegestaan ivm de extreme gevoeligheid (gebrek aan breuktaaiheid) van het materiaal.

Dit betekent in de praktijk dat het materiaal ongeschikt is om als draagconstructie te fungeren zelf als het in het verleden wel als zodanig is uitgevoerd.

In het kader van de constructieve betrouwbaarheid is naast het aspect van de scheurvorming ook het aspect van de functionele geschiktheid van het materiaal gietijzer in de gegeven toepassing aan de orde.

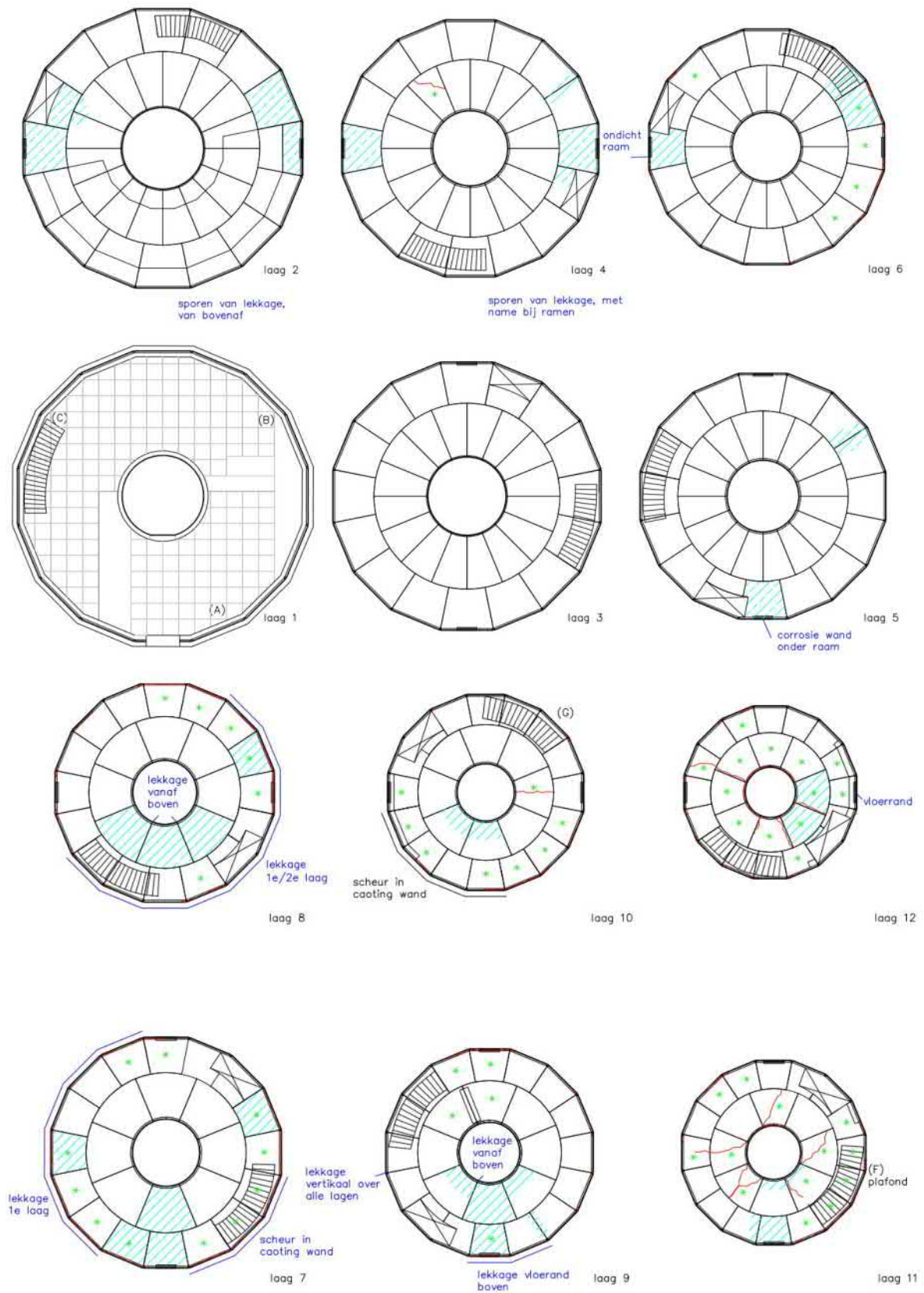
3.3 Analyse scheurgedrag

- De scheurvorming is niet uniform verdeeld over de vloeren en er is geen vast patroon herleidbaar:
 - Niet in alle vloeren treedt scheurvorming op. Scheuren treden zowel op in vloeren met een enkelvoudige ring van vloerelementen als bij een dubbele ring.
 - Scheurinitiatiepunt is verschillend voor de diverse scheuren (zowel bij wandaansluiting, verbinding tussenvloeren tangentieel en radiaal).
 - Scheurverloop en scheurrichting is verschillend.
 - Scheuren werken niet als ontlastscheur omdat op sommige plaatsen parallel aan elkaar lange scheuren optreden.
 - Er lijkt geen relatie met aanwezige discontinuïteiten in de vloer of wand als gevolg van trapdoorgangssparingen en ramen.
- Gemeenschappelijke eigenschappen van de scheuren zijn:
 - De scheuren ontwikkelen zich nagenoeg alle tot volledige scheuren met grote scheurlengte
 - De scheuren hebben over het algemeen een grote scheurwijdte hetgeen betekent dat er op zijn minst een aanleiding is te veronderstellen dan er sprake is van aanzienlijke opspanning van de vloer.
 - De scheuren lopen door over vloerverstijvingen en buigen veelal niet af langs de verstijver.
- Ontbrekende informatie ten aanzien van de scheuren:
 - Aanwezigheid van kleine scheuren of scheurinitiaties
 - Scheurgroei in de tijd (monitoring)
 - Indicaties ter plaatse van het ontstaan van de scheuren (bijvoorbeeld excentriciteiten, lokale passingsafwijkingen).

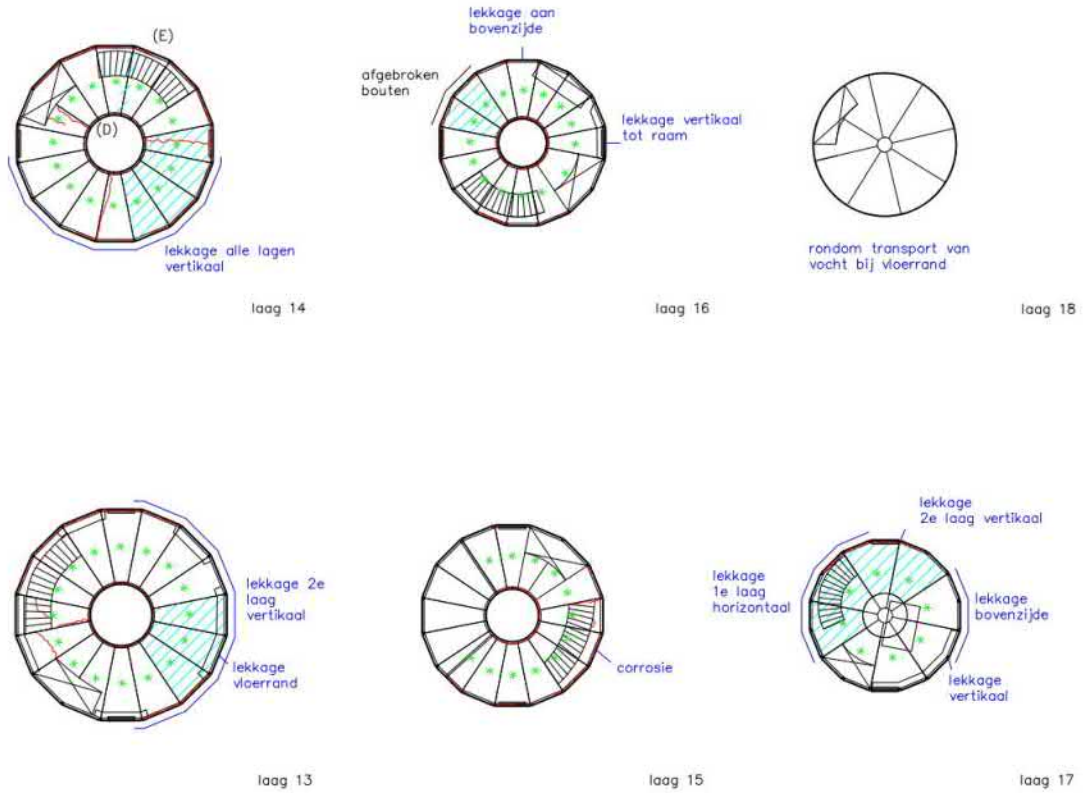


Foto's uit document 04

Vuurtoren Lange Jaap Schade onderzoeksrapport



Vuurtoren Lange Jaap Schade onderzoeksrapport



3.4 Bevindingen hoofdstuk 3

Bij het onderzoek naar de scheurvorming is vastgesteld dat er drie invloeden in meerdere of mindere mate verantwoordelijk zijn voor de opgetreden scheurvorming.

- Toegepaste materiaal
- Optredende hoge spanningen ter plaatse van de scheurinitiatie
- Lekkage met corrosieve aantasting van het materiaal.

Bij de optredende hoge spanningen zijn een aantal onderliggende invloeden van invloed:

- Ongunstige detaillering (sterkte/stijheidsverhouding) van de vloer-wandverbinding
- Schuinstand vloer tussen schacht en wand
- Hoge vloerbelasting door bezoekers
- Membraanspanning in de vloer door verhinderde vervorming
- Globale spanningseffecten vanuit de toren

In de bronliteratuur wordt aan de belastingkant sterk gerefereerd aan twee effecten namelijk:

- Ongelijkmatige opwarming van de buitenwand in combinatie met verhinderde vervorming
- Schuinstand van de vloer

Om enige kwantitatieve aanwijzing te hebben of deze beide aspecten ook daadwerkelijk als hoofdoorzaak kunnen worden aangemerkt is een vereenvoudigd rekenmodel opgesteld.

De resultaten hiervan worden in hoofdstuk 4 besproken

4 AANVULLENDE ANALYSE

In aanvulling op de vraag om een bronnenonderzoek te doen is aanvullend een globaal rekenmodel opgesteld om meer duidelijkheid te krijgen of onderstaande effecten als hoofdoorzaak voor de scheurvorming kunnen worden aangemerkt:

- Ongelijkmatige opwarming van de buitenwand in combinatie met verhinderde vervorming
- Schuinstand van de vloer

4.1 Rekenkundig onderzoek

- Er is een vereenvoudigd rekenmodel opgesteld van een vloerniveau (wanden, schacht en vloer) waarbij gekeken is naar het effect van temperatuurgradiënten ($dT=20$ graden over 180 graden omtrek) en een opgedrongen zetting van de schacht.
- Vastgesteld is dat er zich als gevolg van deze belastingssituaties geen hoge spanningen voordoen ($< 30\text{MPa}$)
- Het feit dat scheuren de neiging hebben zowel radiaal als tangentieel te verlopen en zich loodrecht op de hoofdspanning voortzetten geeft de indicatie dat de steunpuntsverbuiging van de ingeklemde vloerplaat op de wand niet doorslaggevend is. (anders zou de scheur zoals bij het openen van een conservenblik zich doorzetten langs de wand)
- Wat de lokale krachtswerking sterk kan beïnvloeden is het feit dat de stuiknaden in de wanden (verticaal – horizontaal) niet overal aanliggen (regelmatig lekkage) dit betekent dat als de vloerpanelen wel aanliggen er belasting vanuit de wand zich verplaatst naar de vloer. Onvolledig aanliggen over de omtrek kan dan resulteren in een afwijkende krachtswerking waardoor er bijkomende krachten in de vloer terecht komen.

Rekenmodel SCIA Engineer

Geometrie

Diameter buitenmantel	7000 mm
Diameter binnenbuis	2000 mm
Plaatdikte buitenmantel	20 mm
Plaatdikte binnenbuis	20 mm
Plaatdikte vloer	10 mm
Hoogte ringmodel	3000 mm

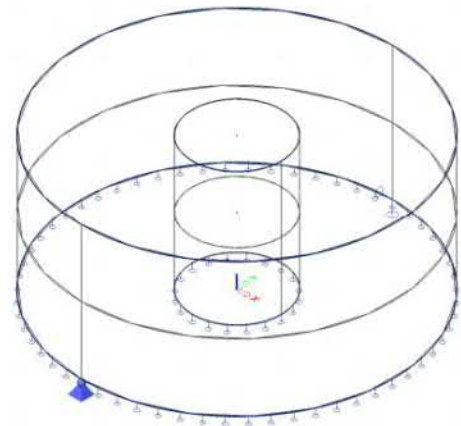
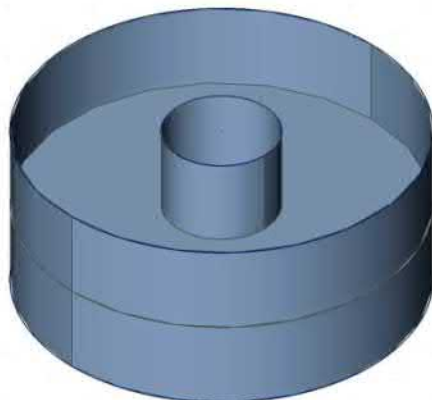
Gemodelleerde opleggingen

Vertikale lijnopleggingen onder onderste rand buitenmantel en binnenbuis

Een knoopoplegging x+y+z vast

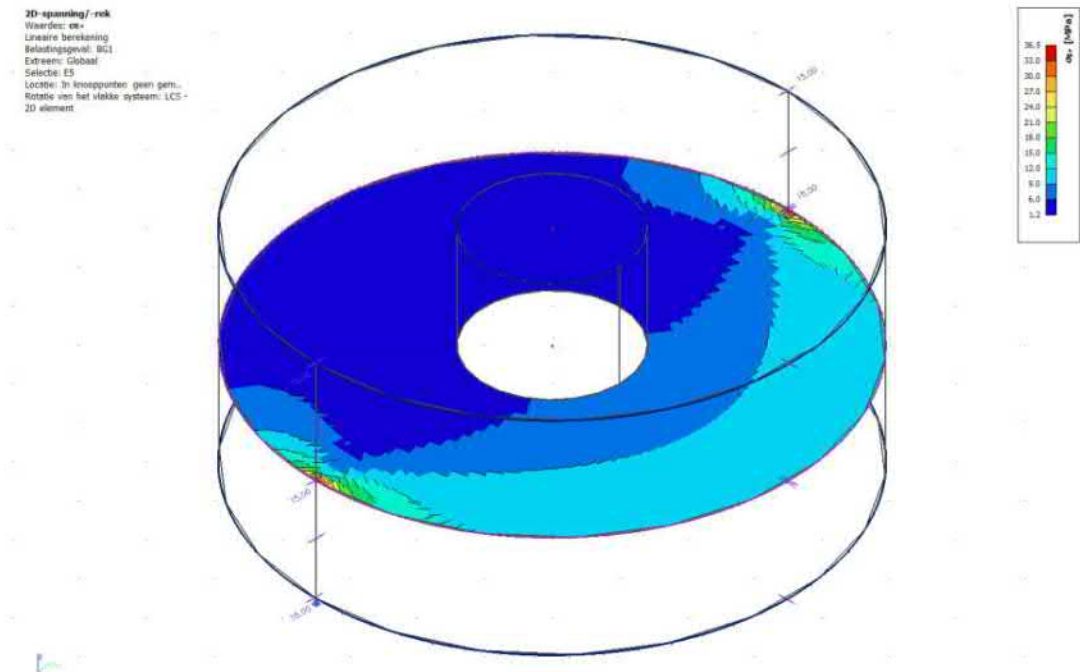
Een knoopoplegging x+z vast

Alle rotaties vrij



Toegepast deelmodel waarbij een enkele vloer met bijbehorende wanddelen is onderzocht. Alle verbindingen zijn verwaarloosd evenals de wand en vloerverstijvers. Uitgangspunt is een volledige inklemming van wand (buitenwand en schacht op de vloer)

Vergelijkingsspanning (bovenzijde van de vloerplaat)



Toelichting;

- De vastgestelde spanningsniveau liggen in de orde van 30 N/mm². Omdat het hier opgelegde vervormingen betreft kan de spanning aan de onderzijde van een vloerverstijver veel hoger zijn door de grotere afstand van de uiterste vezel tot de neutrale lijn. Dit laatste dient in een meer geavanceerd rekenmodel te worden vastgesteld.

Overige niet nader beschouwde invloedseffecten:

- Effect van pitting en corrosie op lokale buigtrekcapaciteit en spanningconcentraties bij boutverbindingen(ontstaan van scheurinitiatie)
- Opspaneffecten zorgen voor grote geconcentreerde stuik- en wrikkrachten (prying force) in niet volledig voorgespannen boutgaten
- Gelet op de verbindingsdetaillering zijn de bouten als niet volledig voorgespannen aan te nemen (zgn. stuikbouten).
- overhoekse raamwerkvertijvingsstrip wordt door de bouten in de haakse zijde overhoeks op trek belast. Dit in combinatie met corrosie door vochtconcentratie.
- Discontinuïteiten krachtlijnen plaatvelden door raampartijen en trapdoorsteken door de vloeren

4.2 Rekenkundig vervolgonderzoek

Voor gesteld wordt een gedetailleerd rekenmodel (ANSYS) op te stellen waarbij het werkelijke gedrag van de constructie (inclusief lokale verbindingen en verstijvingen) zo betrouwbaar mogelijk wordt meegenomen.

Doel van het vervolgmodel is drieledig:

- Verdere analyse oorzaak scheurvorming vooral op het aspect van de wand-vloerverbindingsdetailering
- Vaststellen van de standzekerheid en constructieve integriteit van de toren uitgaande dat over meerdere verdiepingen de verbinding tussen wand en vloer volledig is vervallen.
- Onderzoek naar effectieve versterkingsmaatregelen (optioneel)

Basis informatie opbouw vloeren:

- Diameter buitenwand en binnenring
- Opbouw vloer: plaatdikte , afmetingen secundaire en primaire verstijvers

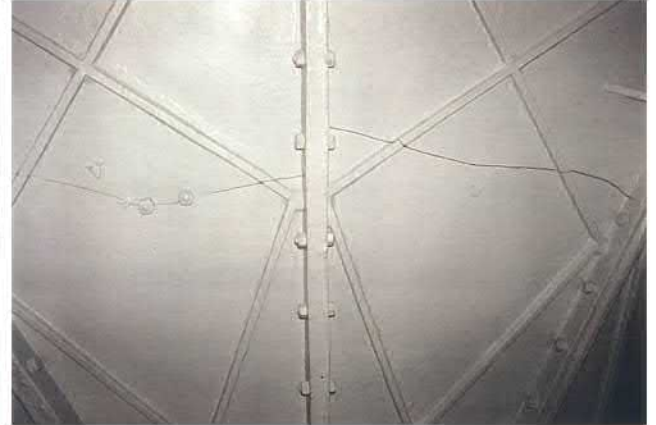
Het voorstel is om de onderste verdiepingen niet mee te modelleren omdat pas vanaf vloer 6 problemen optreden.

Voorstel voor de te onderzoeken belastingen

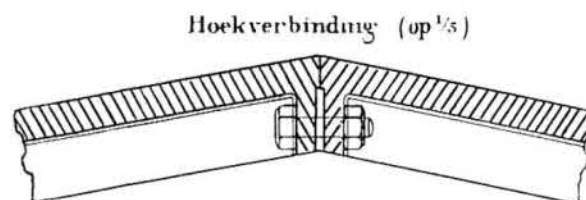
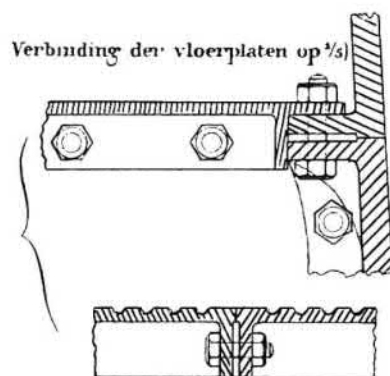
- Effect permanente belasting
- Effect slechte passing vloeren op wand (bijvoorbeeld door temperatuurbelasting op vloeren)
- Belasting op vloeren irt inklemming in wand
- Globale wind
- Temperatuurgradiënt op buitenwand

5 BIJLAGE FIGUREN

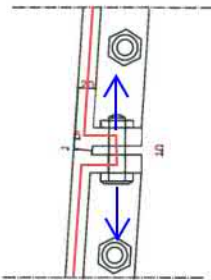
04_1998-05-13 ONDERZOEK TNO scheuren inspectiebezoek kustlichttoren Huisduinen



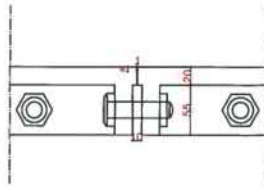
Uit document 04



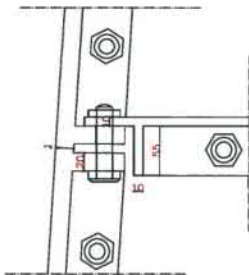
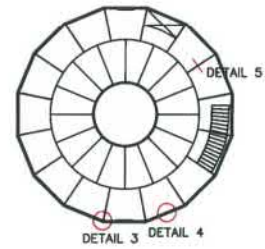
Vuurtoren Lange Jaap Schade onderzoeksrapport



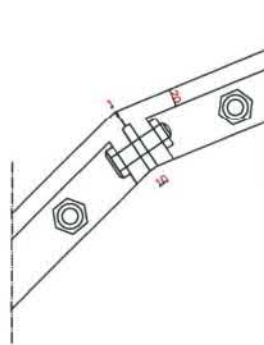
DETAIL 2
vertikale verbinding
schachtelementen



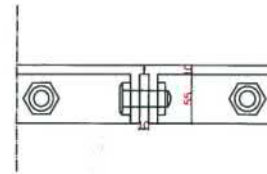
DETAIL 4
horizontale verbinding
schachtelementen



DETAIL 1
vertikale verbinding
vloerplaat-schachtelement

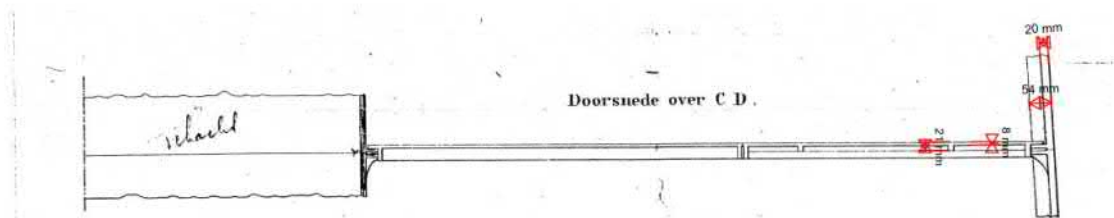


DETAIL 3
horizontale hoekverbinding
schachtelementen



DETAIL 5
vertikale verbinding
vloerplaten

Constructieve detaillering Uit document 09



Uit 39

4.1 Scheurvorming

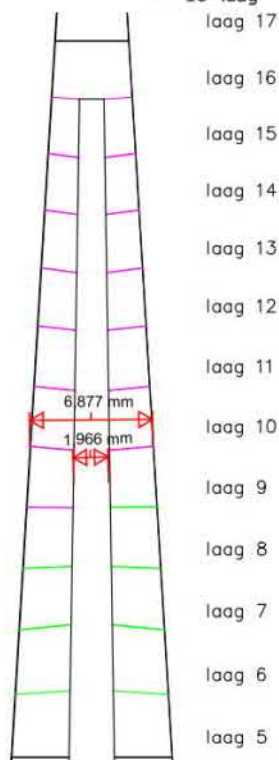
Scheurvorming in gietijzeren constructies is een bekend fenomeen. Gietijzer heeft een behoorlijke drukvastheid, maar kan in de regel slechts beperkt belast worden. Statische belastingen leiden al gauw tot breuk of scheurvorming. Zo ook hier bij deze toren. De scheurwijdte in de vloerplaten varieert van 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 veranderd 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.

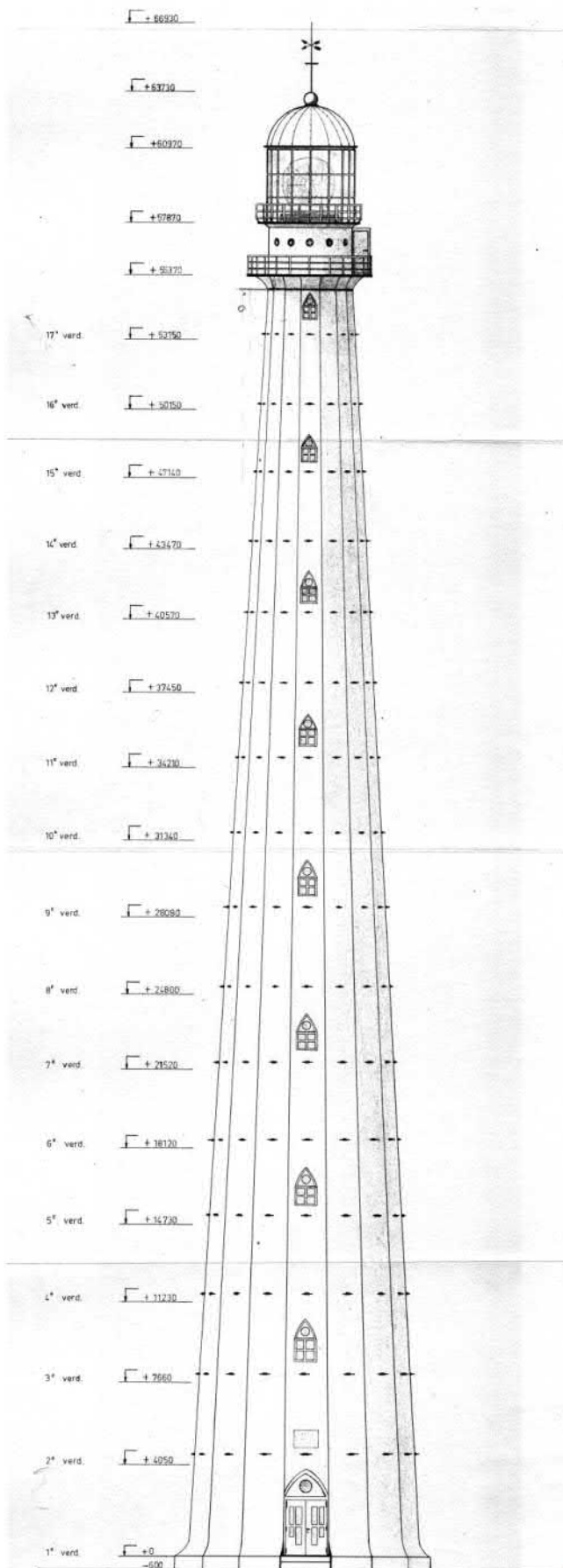
	minimaal	maximaal	(in millimeters)
• 06 ^e laag	40	50	
• 07 ^e laag	25	80	
• 08 ^e laag	10	50	
• 09 ^e laag	50	-20	
• 10 ^e laag	0	-60	
• 11 ^e laag	-80	-115	
• 12 ^e laag	-75	-150	
• 13 ^e laag	-110	-125	
• 14 ^e laag	-120	-180	
• 15 ^e laag	-105	-140	
• 16 ^e laag	-85	-120	

Uit doc 10_b1z 12



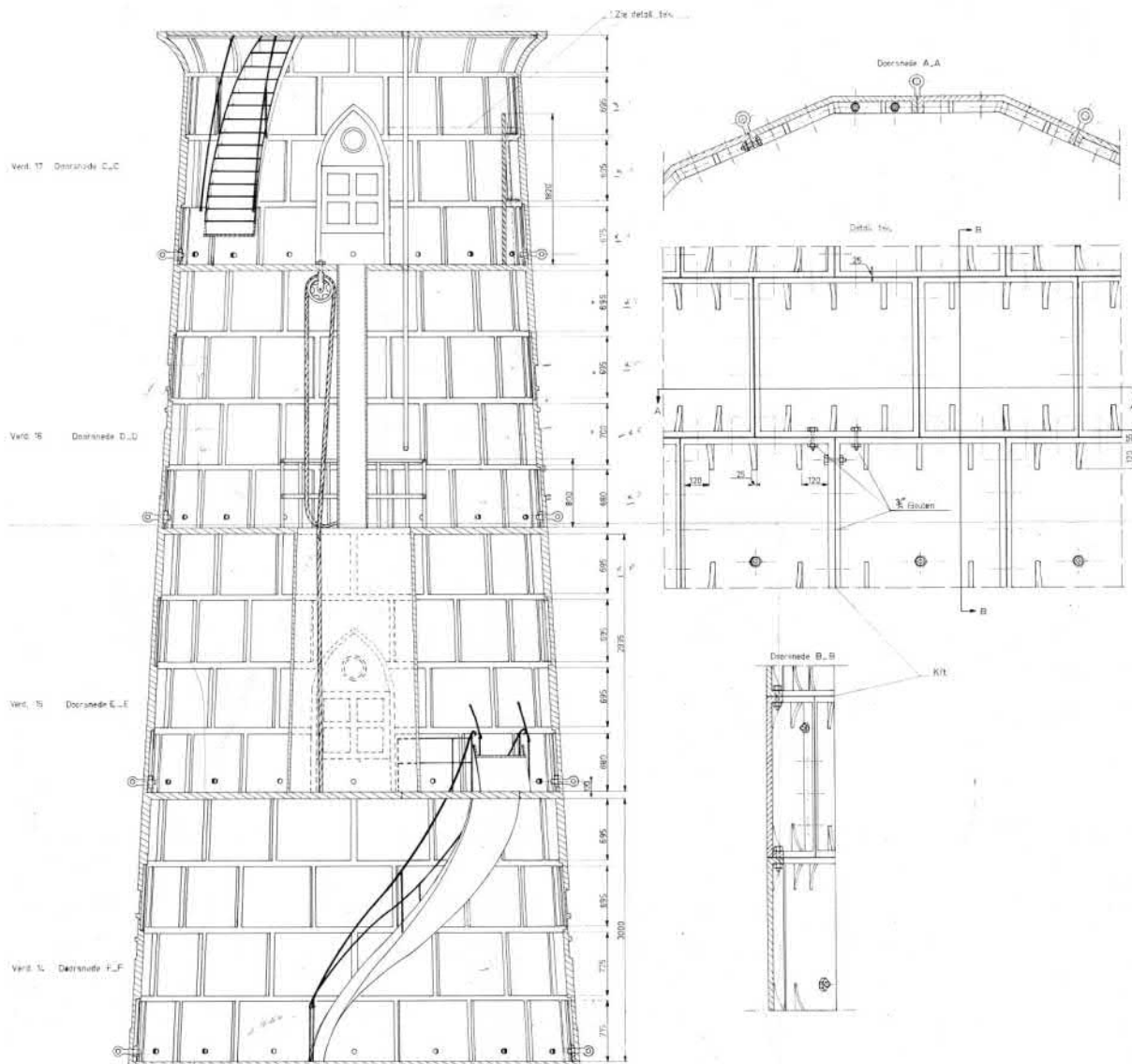
Hoogteverschillen vloer-schacht Uit doc 30

Vuurtoren Lange Jaap Schade onderzoeksrapport



Uit doc 13

Vuurtoren Lange Jaap Schade onderzoeksrapport



Uit doc 14

OPMERKING

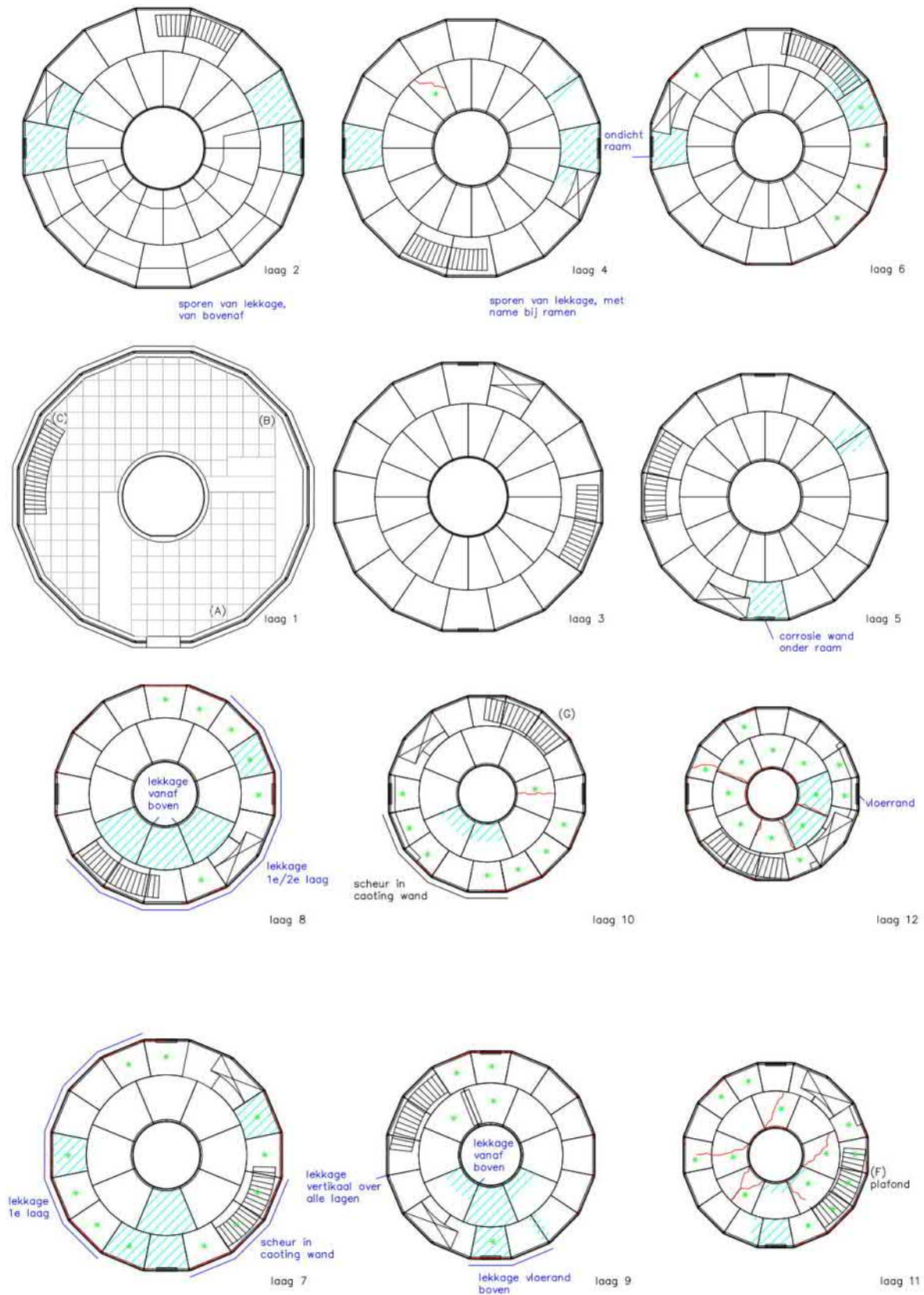
Ter plaatse werd vernomen dat bij stormweer de vuurtoren staat te schudden. Het gevolg hiervan is dat door de optredende materiaalspanningen verbindingsbouten afbreken.

Vuurtoren Lange Jaap Schade onderzoeksrapport

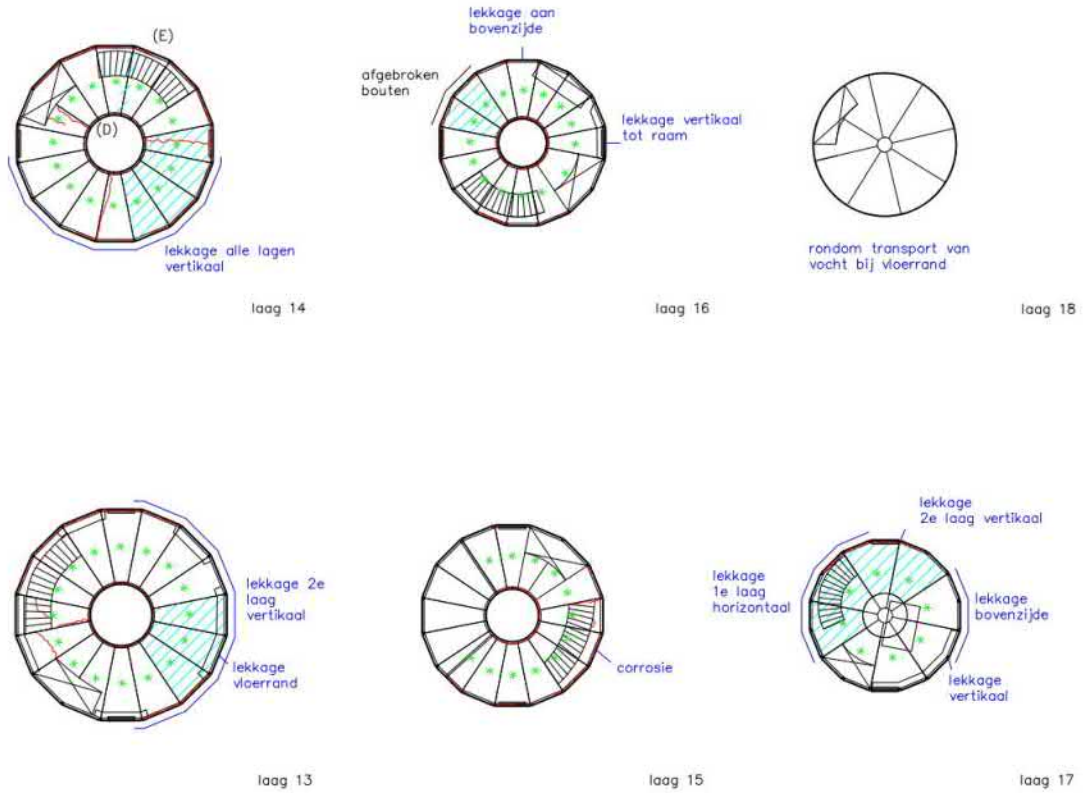
Tijdstip meting. (h)	Torsie Toren in Bakhoek. (g.m.s.)	Aflesing -X- (mm)	Aflesing -Y- (mm)	Temperatuur (°C)		
				Buiten.	Toren zonsijde.	Toren schaduwzijde.
5.	015°43'24"	-1	-5	15,1	15,1	15,8
5.30						
6.	idem	-1	-5	15	15	15,7
6.30						
7.	idem	-1	-5	15	15	15,7
7.30						
8.	idem	-1	-5	15,3	15,3	16
8.30						
9.	idem	-1	-5	15,7	15,8	16,4
9.30						
10.	idem	-1	-5	16,2	16,3	16,9
10.30	idem	-2	-5	16,6	16,9	17,4
11.	idem	-2	-5	17,0	17,3	17,6
11.30	idem	-3	-5	17,6	17,9	17,7
12.	idem	-5	-4	18,9	20,1	18,7
12.30	idem	-5	-4	19,3	20,9	19,8
13.	idem	-6	-2	20,0	21,5	20,0
13.30	idem	-11	+1	22,1	24,2	20,0
14.	idem	-12	+4	22,1	25,3	20,0
14.30	idem	-12	+5	22,1	26,1	20,1
15.	idem	-13	+10	22,0	27,2	19,6
15.30	idem	-13	+16	22,0	29,0	19,3
16.	idem	-10	+20		31,4	19,0
16.30						
17.	idem	-5	+25	21,2	33,9	19,0
17.30	idem	-1	+24	21,2	31,5	19,0

Uit doc 23 temperatuurgradiënten over de omtrek

Vuurtoren Lange Jaap Schade onderzoeksrapport



Vuurtoren Lange Jaap Schade onderzoeksrapport



6 BIJLAGE VISUEEL SCHADE-ONDERZOEK TOREN

6.1 Inleiding

Op 26 augustus 2019 is een schadeopname gedaan in de vuurtoren. Deze schadeopname heeft primair tot doel om vast te stellen in welke mate vloeren en wanden nog verbonden zijn. Uitgangspunt daarbij is dat de vloeren een functie hebben in de samenhang van de toren (kniksteun). In geval vloeren en wanden over meerdere verdiepingen ontkoppeld zijn ontstaat er een risico op het instabiel worden van wanden. De resultaten van de opname zijn vergeleken met eerdere schade-opname van 2010.

6.2 Bevindingen schouw:

1

Er is sprake van veel afgescheurde vloerdelen ter plaatse van de boutverbinding aan de wand. Op bepaalde verdiepingen zijn grote delen van vloer en wand onthecht. (De indruk is dat de situatie verslechterd is tov 2010 toen ook deze scheuren veelvuldig gerapporteerd zijn). De vloerscheuren rond bouten hebben weinig effect op de draagcapaciteit van de vloeren zelf omdat elke vloerplaat voorzien is van 4 opleglijpjes op alle verdiepingen met scheuren (enkele plaatsen zelfs stempelraam toegepast)

2

De vloerscheuren rond bouten hebben mogelijk invloed op de integriteit van de toren. Dit omdat de vloeren een kniksteunfunctie hebben op de wanden en in geval de aanhechting over een sector van de omtrek komt te vervallen en ook nog eens over meerdere verdiepingen dan kan instabiliteit optreden in de wand. Om dit rekenkundig na te kunnen gaan zijn alle vloerbouten vastgelegd als gescheurd of ongescheurd. In een ANSYS-rekenmodel kan vervolgens op basis van deze data de gevoeligheid voor wandinstabiliteit worden vastgesteld (aan het effect van deze scheuren is bij het onderzoek van 2010 niet expliciet aandacht gegeven)

Bij de verdiepingen 13-14-15-16 is sprake van een volledige ontkoppeling van vloeren met de schacht en bij verdieping 12 over driekwart van de omtrek. Dit betekent dat bij deze vloeren over de (volledige) omtrek de vloer doorgescheurd is. Deze situatie is in 2010 ook gerapporteerd en heeft zich sindsdien niet uitgebreid naar andere verdiepingen.

3

De vloerplaatscheuren (van buiten naar binnen) treden op een beperkt aantal plaatsen op. Bij deze scheuren is in de regel sprake van een grote scheuropening en een knikhoek tussen beide aansluitvlakken. Dit betekent dat verhinderde spanningen een grote rol spelen bij het optreden van deze scheuren (Deze scheuren zijn in 2010 goed vastgelegd. De indruk is dat deze scheuren ten opzichte van 2010 slechts in beperkte mate toegenomen zijn). Mogelijk is de lekkage van de wand waardoor vocht met een hoog chloridegehalte in de aansluiting van de vloer op de wand indringt reden dat deze scheuren pas de laatste decennia optreden (uitgenomen vloerplaten zijn op het verbindingsvlak aan de onderzijde sterk gecorrodeerd)

4

Vooraf op de hogere verdiepingen is sprake van lekkage in de buitenwand ter plaatse van voegen (en ramen). Dit tekent af door roestsporen langs de binnenwand en aantasting van de cement-ijzer voegvulling. Dit effect is op termijn bedreigend voor het voortbestaan van de toren. Ook de vloerverbindingen worden hierdoor verder aangetast (posities met wandlekkage zijn in 2010 goed vastgelegd. De indruk is dat het aantal locaties ten opzichte van 2010 toegenomen beperkt tot gemiddeld is toegenomen) Wel is de mate van aantasting van de cement-ijzer voegvulling sterk toegenomen. Op een aantal plaatsen is deze volledig verpulverd.

5

Een mogelijk gevolg van onvolledige dragende werking van de voegvulling is dat er in de randverstijvers van de wand op enkele plaatsen al scheuren zijn vastgesteld (zie foto) als deze doorgroeien in de wand is dit bedreigend voor het voortbestaan van de toren.

(dit type scheurvorming is in 2010 niet gerapporteerd, omdat deze scheuren minder open staan is het mogelijk dat ze bij het onderzoek in 2010 gemist zijn).

6

Enkele van de bouten van de uitgenomen plaatvelden zijn beschouwd. Deze zijn volledig bros bezweken. Dit betekent dat als er opgedrongen trek-spanningen in de bouten optreden dat er dan een progressive collapse over meerdere bouten kan optreden (een oorzaak van grote trekspanning is bijvoorbeeld het optreden van zwelroest in de voeg). (Dit effect is in 2010 niet expliciet gerapporteerd).



6.3 Samenvatting en advies vanuit schouw:

- de scheuren in de vloeren zijn niet direct bedreigend voor de vloerfunctie (door de lipjes)
- het effect van de scheuren in de vloeren op de stabiliteit van de toren wordt aanvullend rekenkundig onderzocht
- doorslag van vocht door de wand is een serieuze bedreiging en moet z.s.m. worden opgelost (Er is al met conserveringsspecialist van RWS contact gelegd (Carolien Nieuwland)
- de brosheid van de bouten is een aandachtspunt, zeker in combinatie met zwelroest van voegvullingen).
- scheuren in de randverstijvers van de wanden moeten goed gemonitord worden deze kunnen op termijn een bedreiging gaan worden voor de toren.

6.4 Uitgevoerde inmetingen:

NAP posities van de vloeren zijn beschikbaar vanuit literatuur.

Onderstaande uitgevoerde metingen zijn relatief onnauwkeurig omdat deze tussen obstakels door is verricht (indirecte meting).

Vloer	buitenwanddiameter	schachtdiameter
1	10650 mm	3250 mm
16	4600 mm	1300 mm
	Hoogte	breedte
Vloerplaat	10/14 mm (geribt)	
primaire vloerverstijver	55 mm	14 mm
secundaire vloerverstijver	14 mm	20 mm

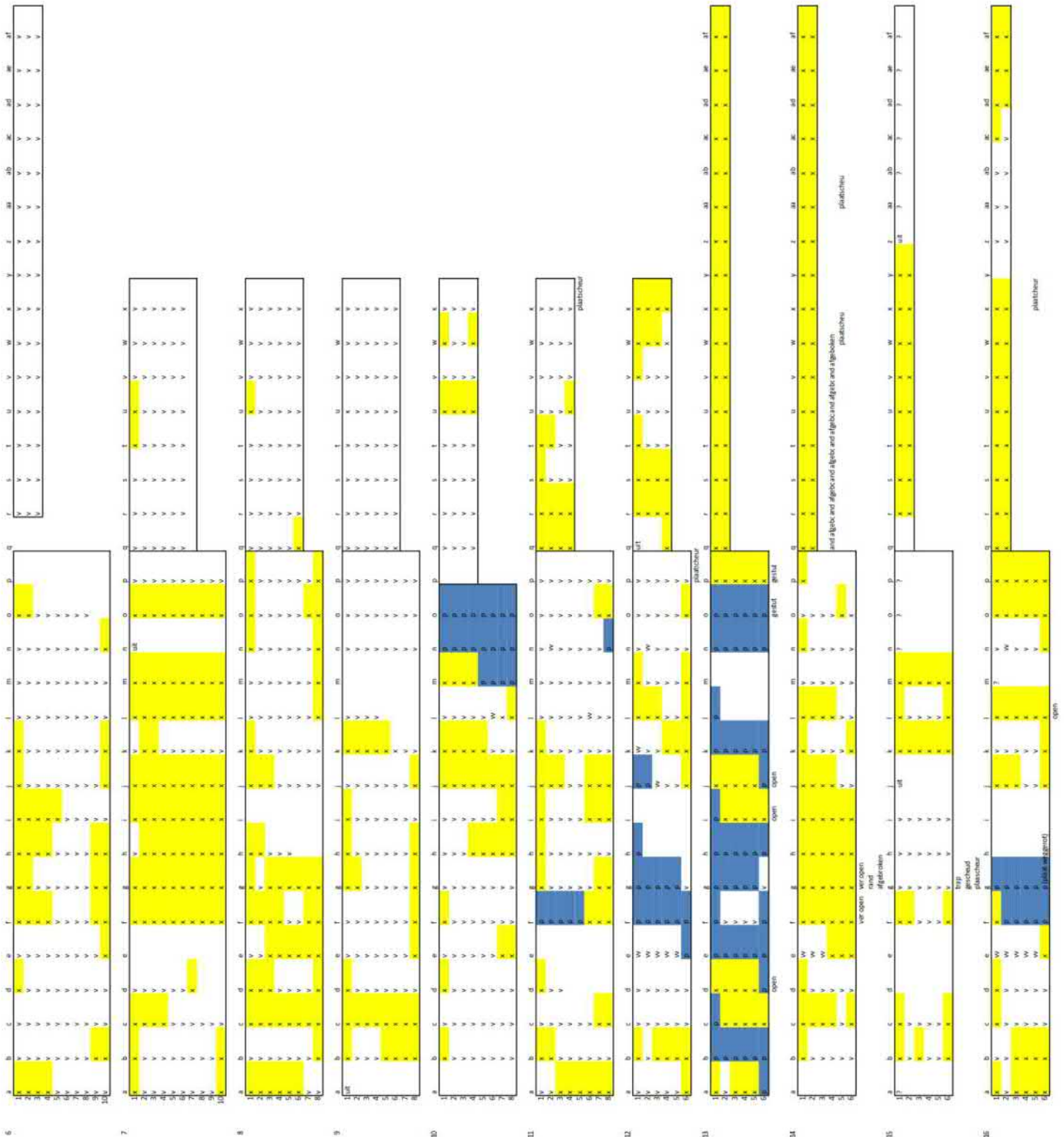
6.5 Onderzoek samenhang vloer wand/schacht-bouten

Per verdieping (1,2,3,4..16) is per vloerplaat (a,..,p) de bout (1,.., 10) uniek genummerd en gedocumenteerd of deze vloerplaat-boutverbinding wel (x) of niet(v) losgescheurd is van de wand.

Op volgend blad is het overzicht van de resultaten gegeven met:

- Geel gekleurde bout is afgescheurd
- Blauw gekleurde bout is in het verleden overbrugd door middel van een dubbelplaat op de vloer, voorzien van extra tapbouten in de vloer. Uitgangspunt is dat deze bouten in het verleden ook afgescheurd zijn. De reparatie-oplossing met dubbelplaten vertoont geen zichtbare gebreken.

Vuurtoren Lange Jaap Schade onderzoeksrapport



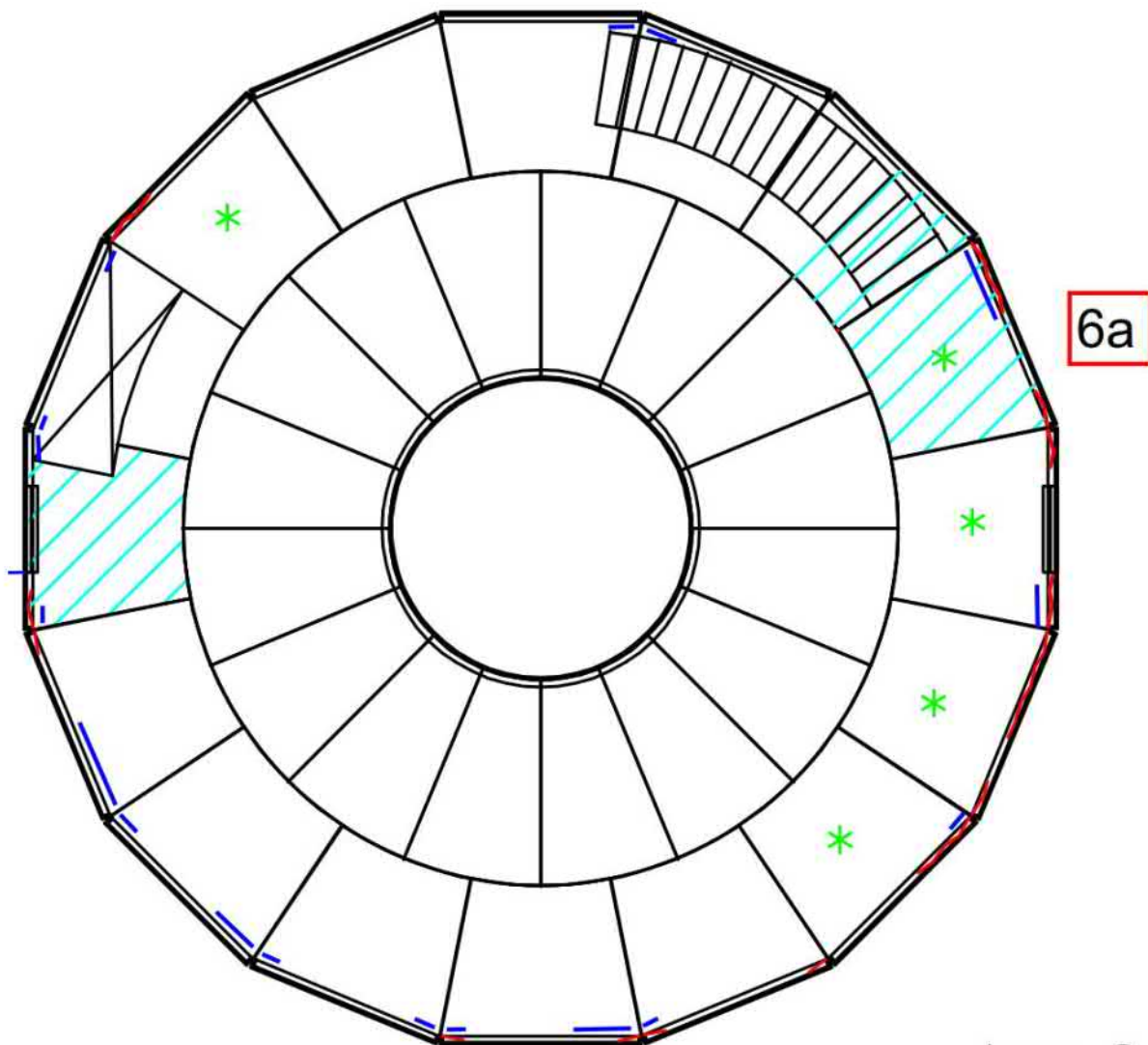
Vuurtoren Lange Jaap

Schade onderzoeksrapport

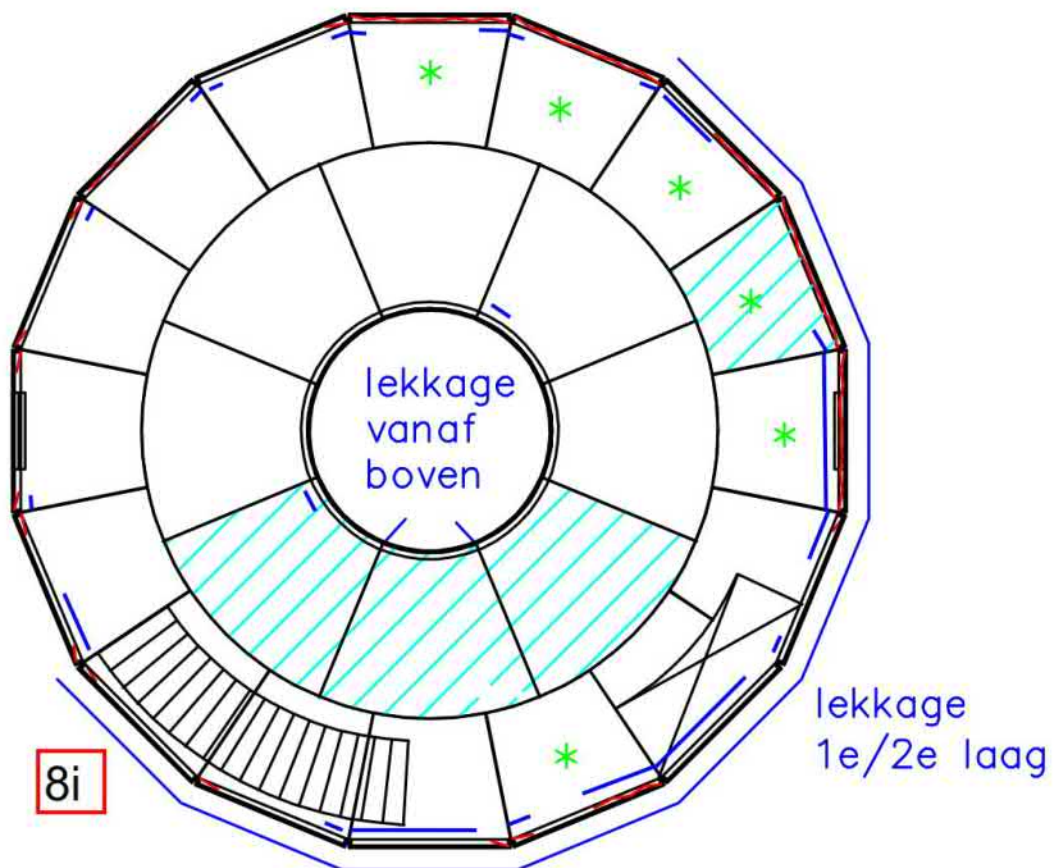
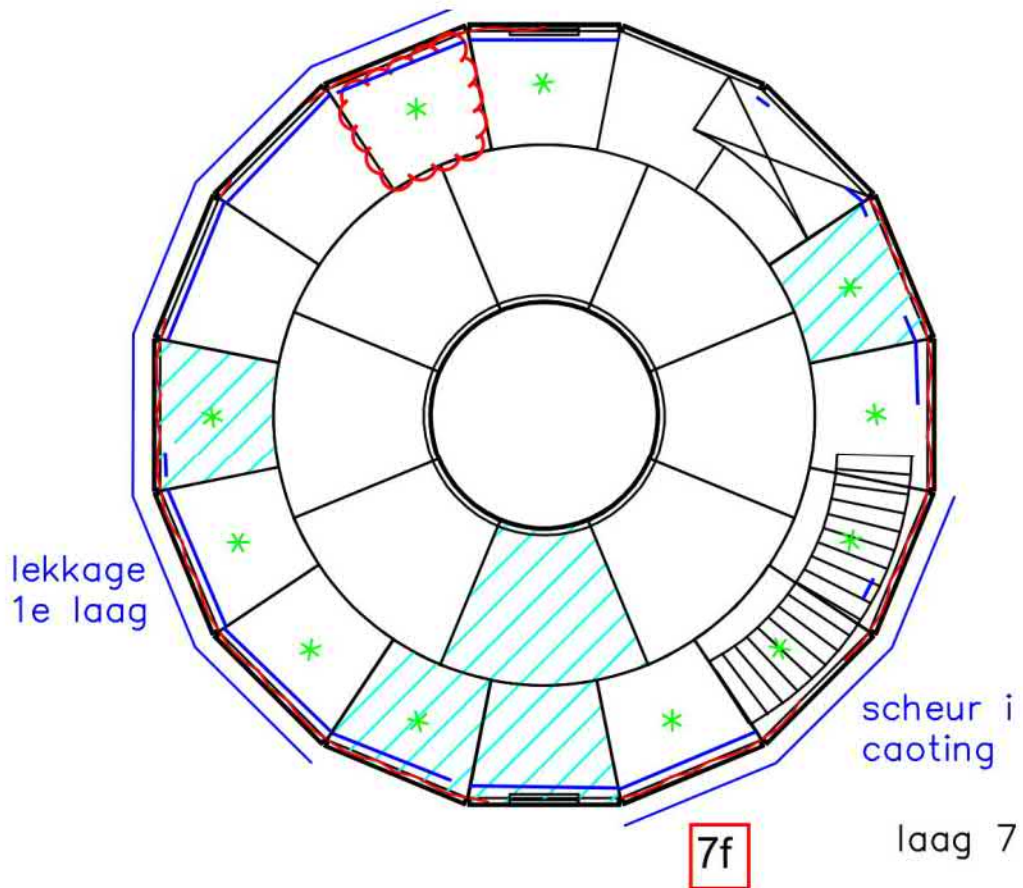
In 2010 is ook een schadeopname gedaan waarbij scheurvorming in rood op tekening is vastgelegd. Hierbij is niet specifiek gekeken naar het afscheuren van bouten. In deze tekeningen zijn bovenstaande gegevens verwerkt.

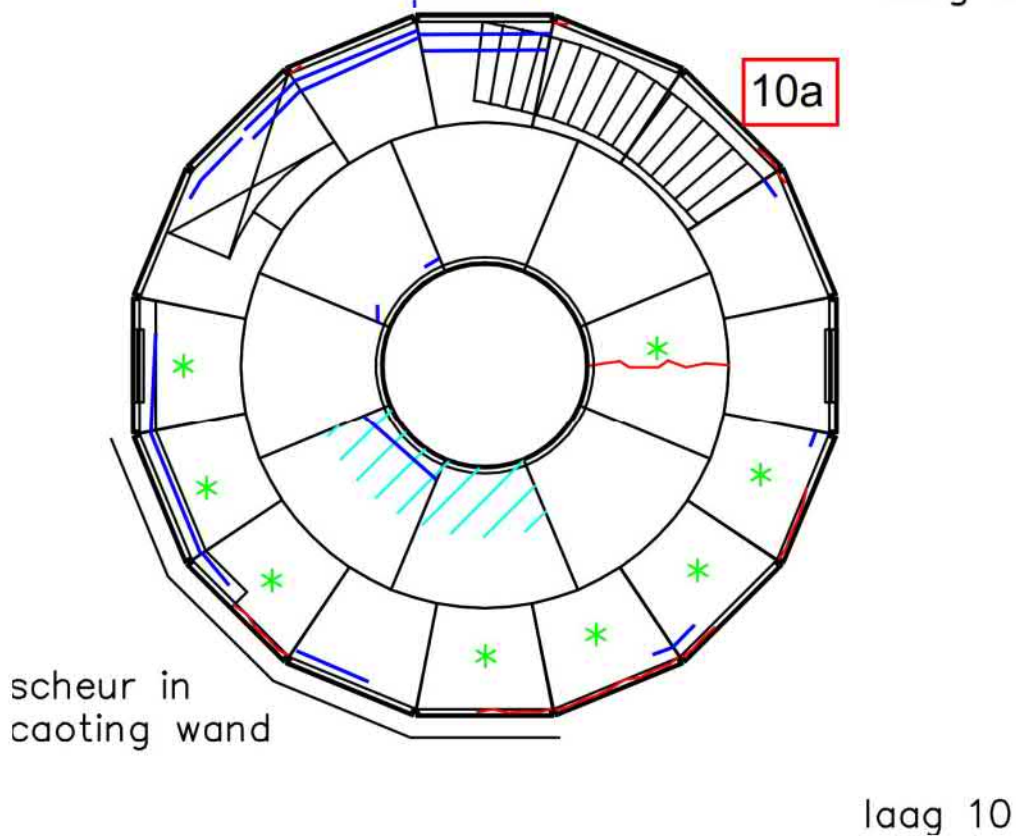
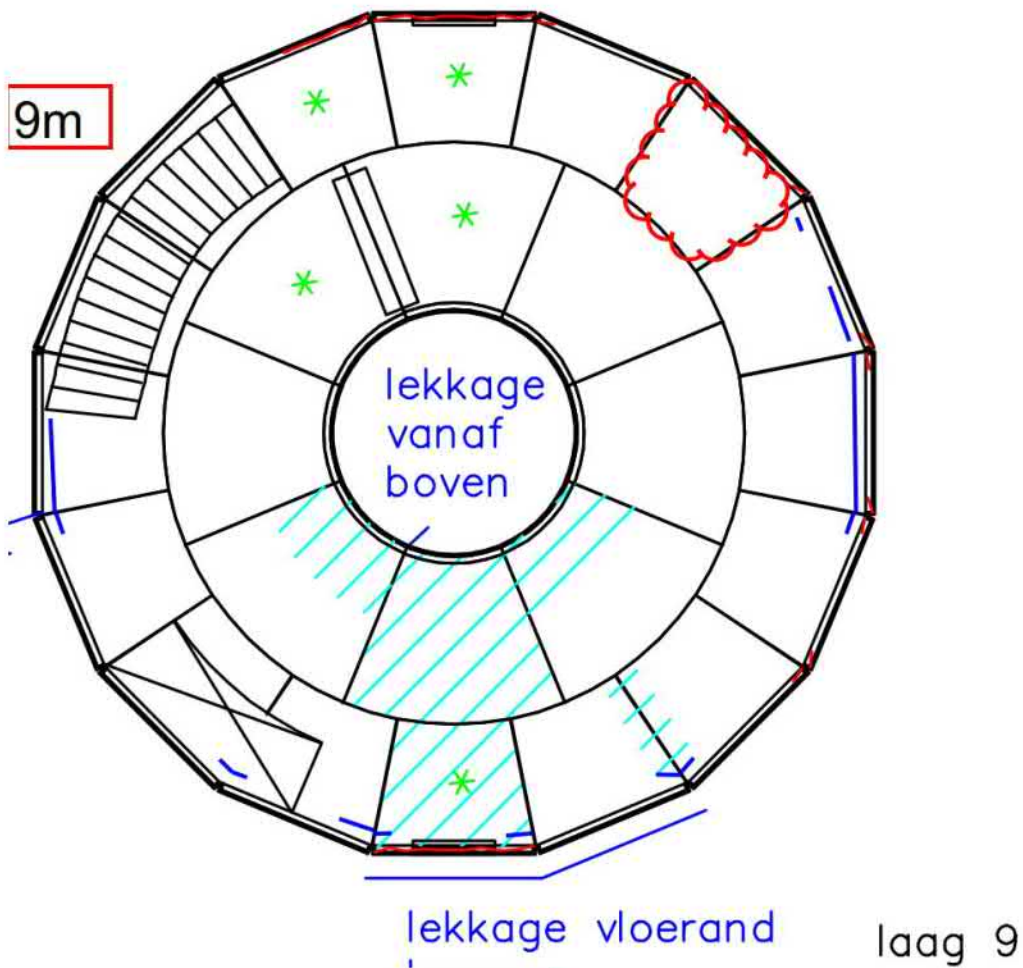
Opgemerkt moet worden dat:

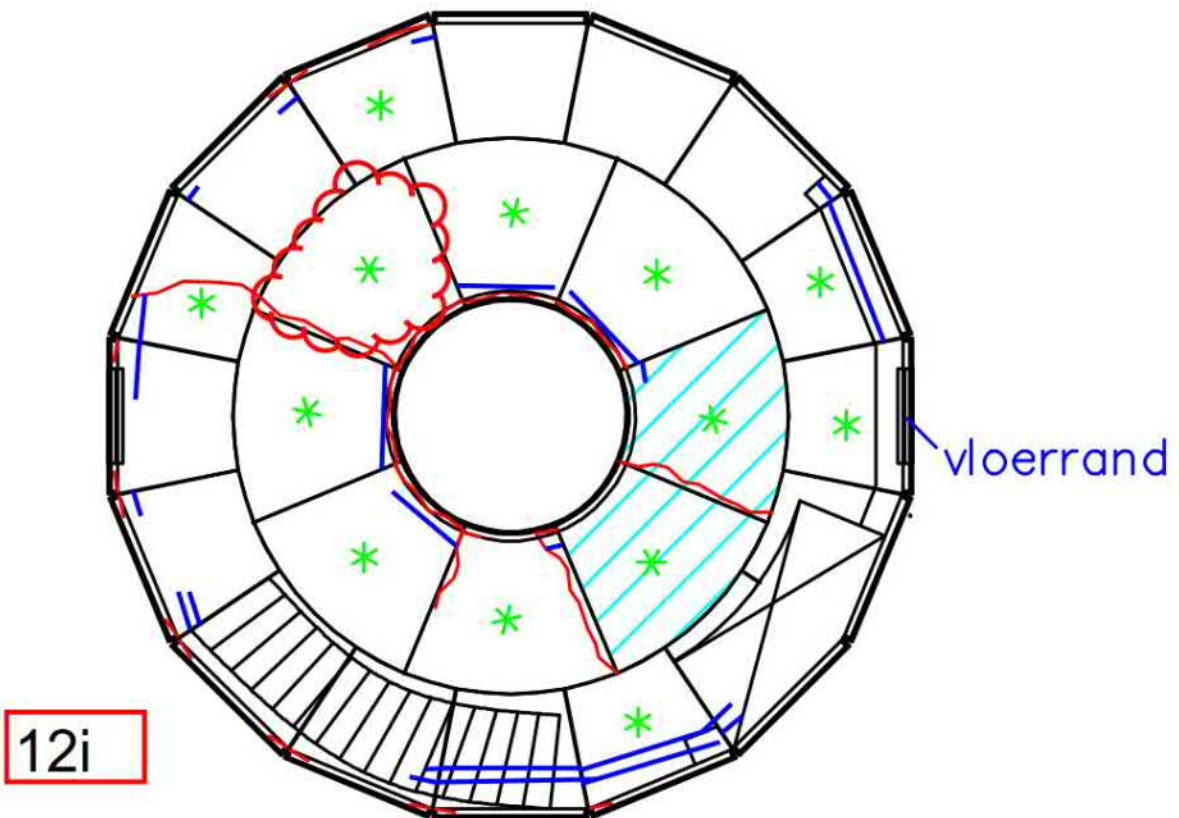
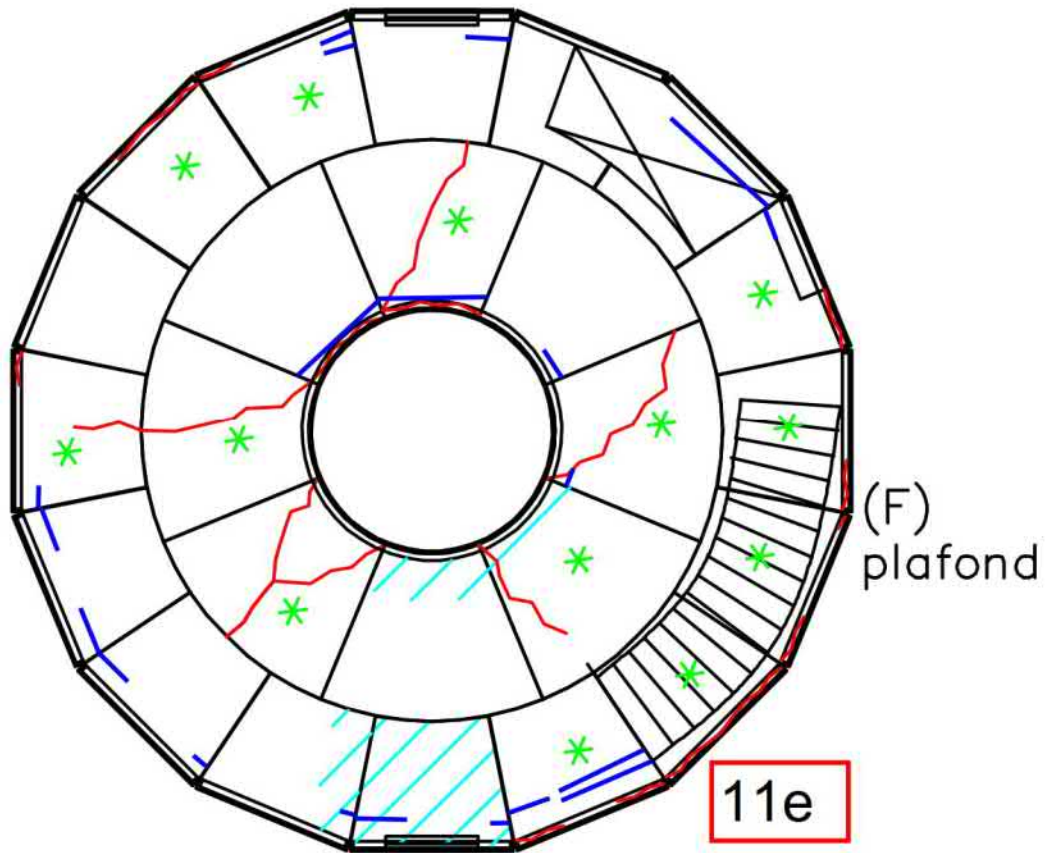
- Niet geheel duidelijk is of de opname 2010 een onderaanzicht of bovenaanzicht vormt. Voor de nieuwe scheuren is aangenomen dat de tekeningen bovenaanzichten zijn.
- In de oorspronkelijke (2010) opname zijn scheuren rood gemarkeerd
- De nieuwe opname zijn scheuren als [blauw gemarkeerd \(dubbele blauw gemarkeerde lijnen betekent dat een dubbelplaat is toegepast waarbij de samenhang tussen wand en vloer hersteld is\)](#)
- Bij de nieuwe opname zijn scheuren die niet resulteren in falen van een bout niet geregistreerd. In werkelijkheid zijn er dus meer scheuren in de vloer.



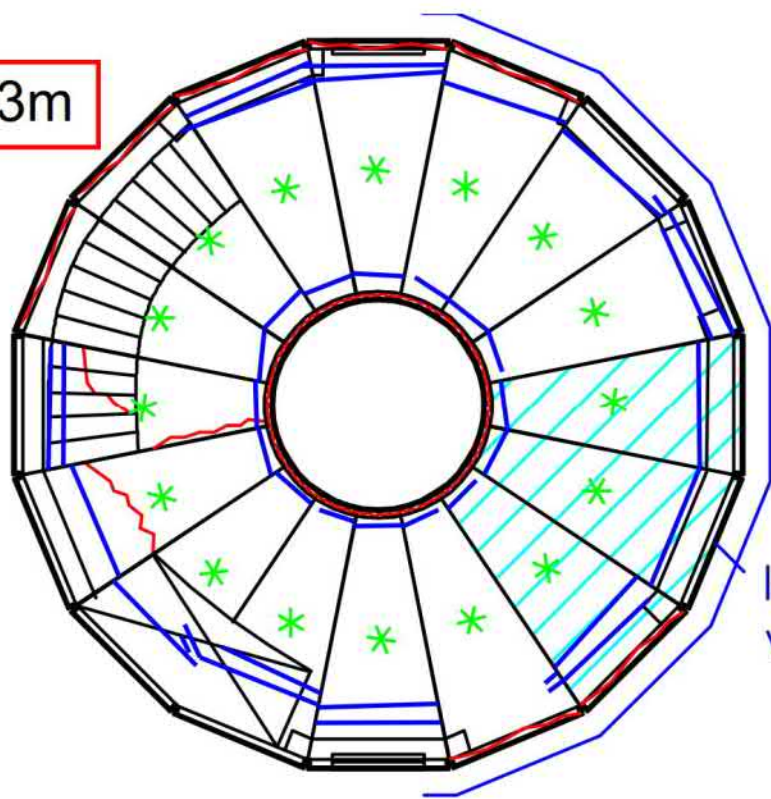
laag 6







13m

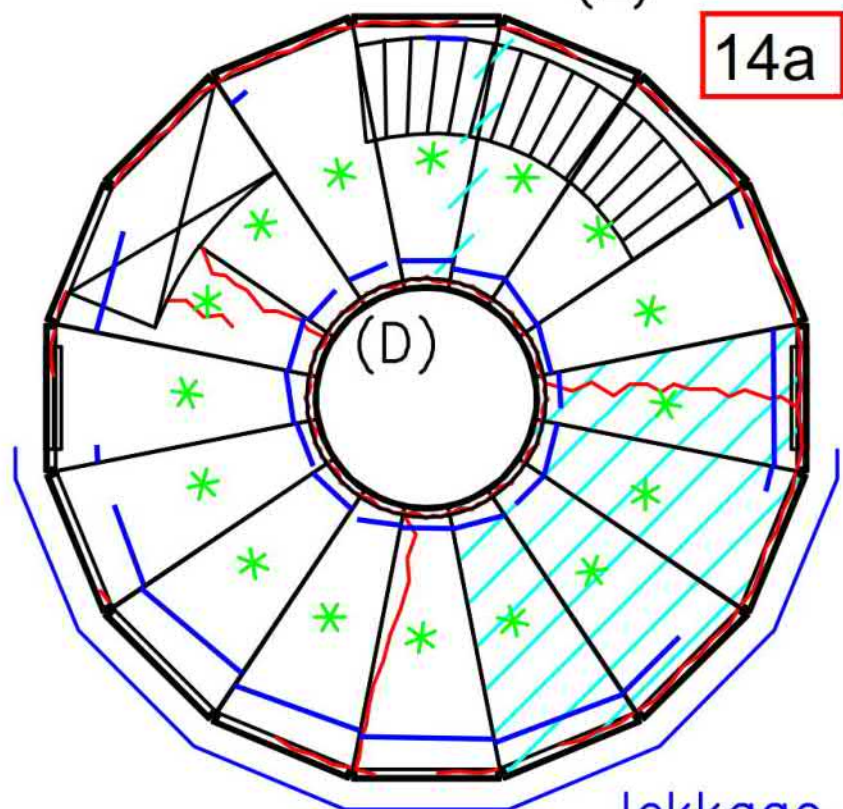


lekkage 2e laag
vertikaal

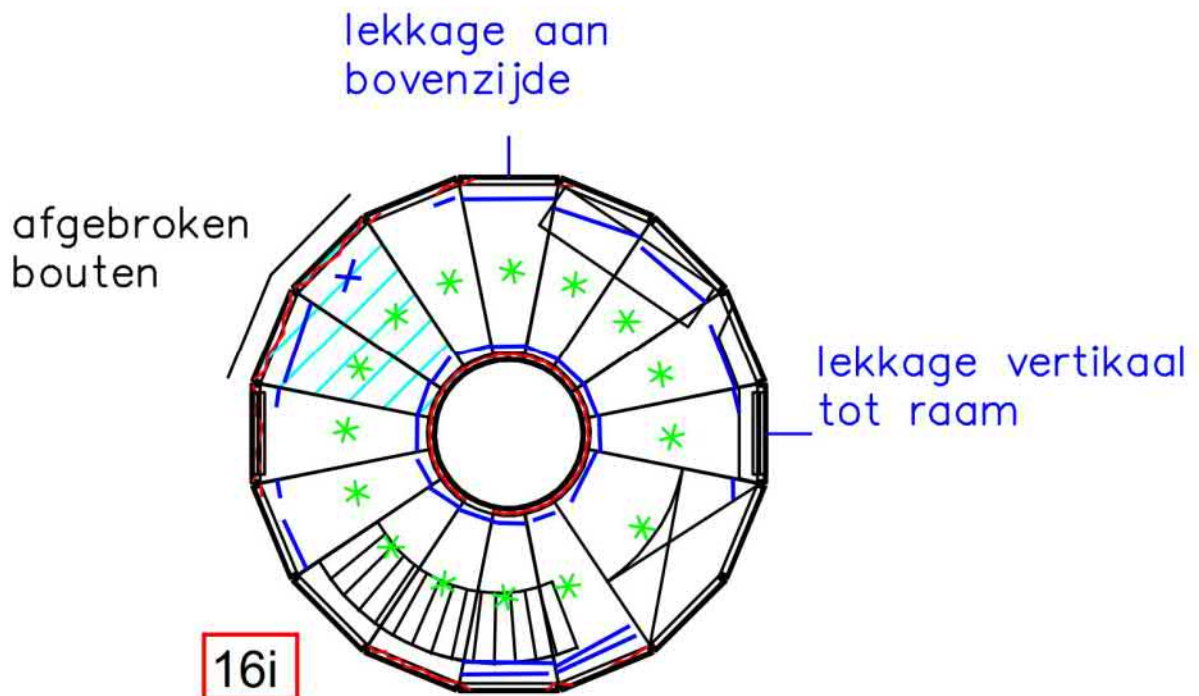
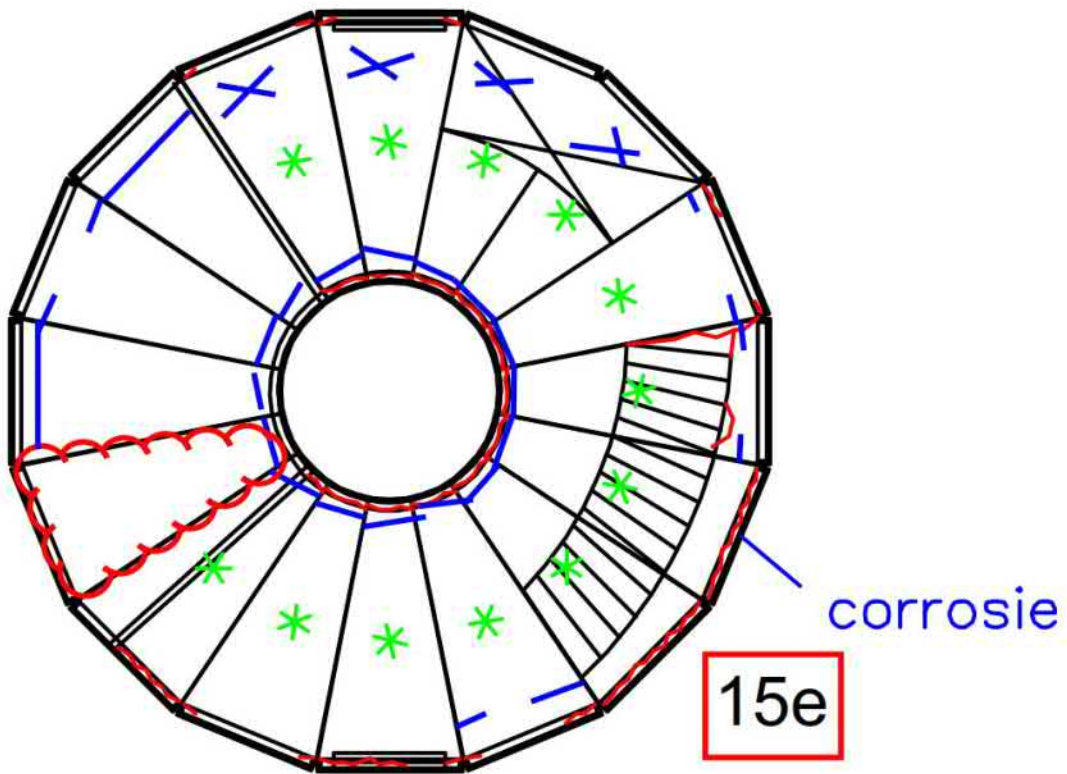
lekkage
vloerrand

(E)

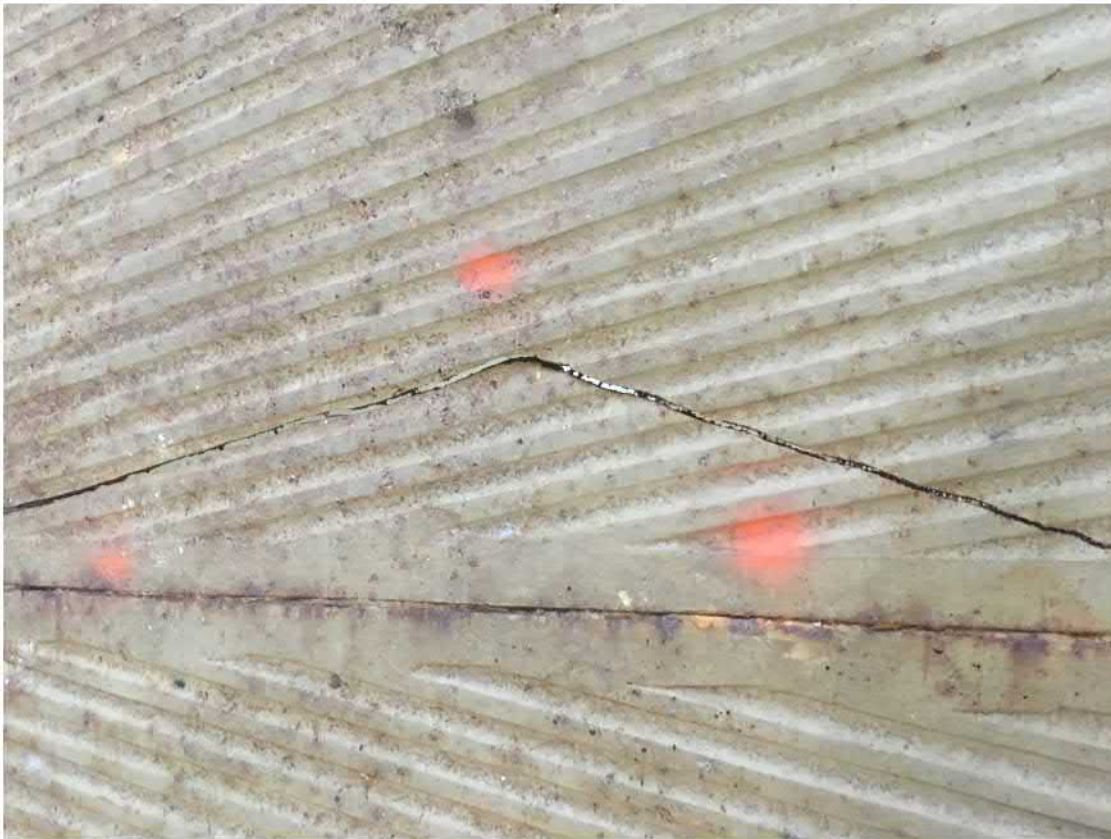
14a



lekkage alle lagen
vertikaal







Vuurtoren Lange Jaap Schade onderzoeksrapport

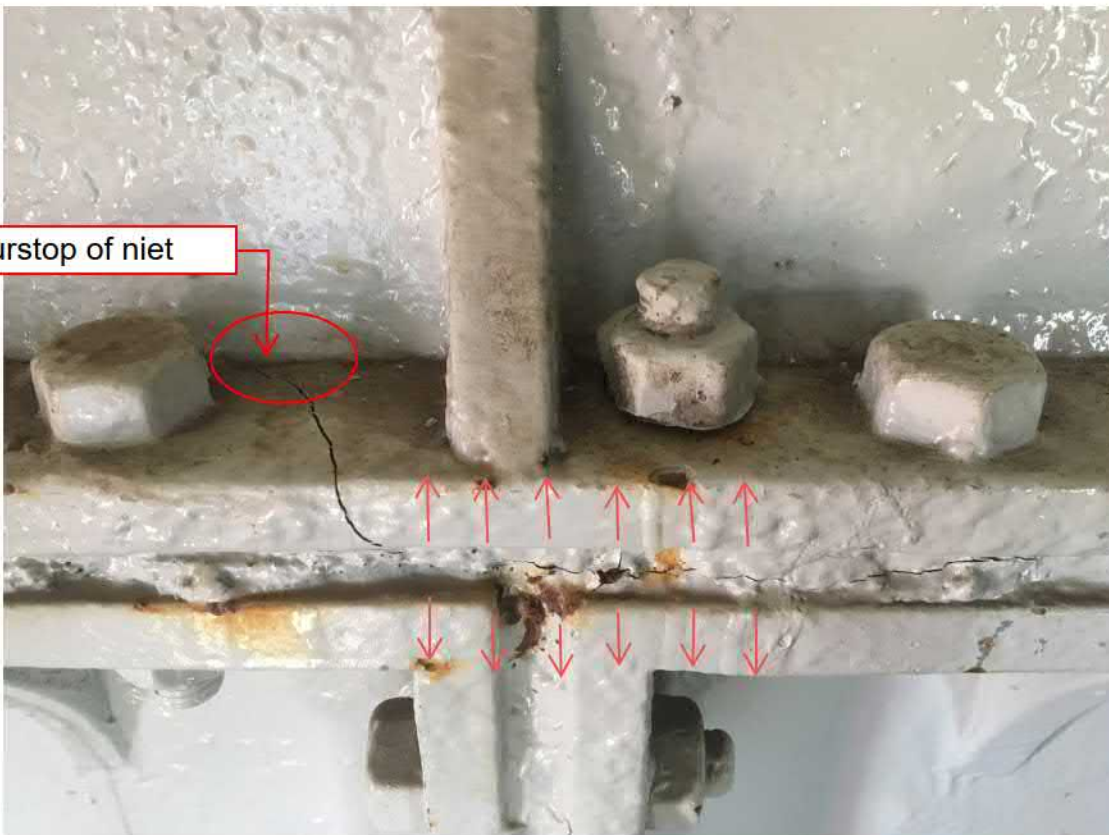








scheurstop of niet





Vuurtoren Lange Jaap

Schade onderzoeksrapport

B02 Geometrische gegevens van de toren

BESTEK EN VOORWAARDEN, waarnaar, voor rekening en onder nadere goedkeuring van het ministerie van Oorlog, in het gebouw van het Departement van Marine te 's Gravenhage, op den 1875. bij inschrijving, zal worden aanbesteed,:

het maken en stellen van een IJZEREN KUSTLICHTTOREN, ter vervanging van den kustlichttoren te Kijkduin; .met den aanleve van dien, zoals nader in dit Bestek en de Voorwaarden is omschreven

	ondervlak	bovenvlak (boven verdieping 17)	hoogte
hoogte schacht	0,5+	56,0+	55,5
middellijn schacht	10,5	3,9 m	
wanddikte schacht	35 mm	23 mm	
hoogte kuip	0,5+m	50,25+	49,75
middellijn kuip	3,0 m	1,5 m	
wanddikte kuip	25 mm	20 mm	

laaghoogte schacht

1-4	n=4	0,95
5-10	n=6	0,90
11-16	n=6	0,875
17-24	n=8	0,85
25-34	n=10	0,825
35-44	n=10	0,80
45-54	n=10	0,775
55-67	n=13	0,775
68	n=1	0,505

laaghoogte kuip

1-2	n=2	1,9
3-5	n=3	1,8
6-8	n=3	1,75
9-12	n=4	1,7
13-17	n=5	1,65
18-22	n=5	1,60
23-27	n=5	1,55
28-33	n=6	1,5

Aangeboden flenzen wanden en kuip:

Standaard	vloeren	onderrand
Breed 60 mm	70 mm	90 mm
Dik 20 mm		30 mm

Diepte Raveling randen toren 4 mm per zijde

Wandverstijvingen 200*20 mm

Vloeren:

Dikte 15 mm

Staande randen 60*16 mm

Vloerriibben 20*20 mm

Schroefbouten

T=16 mm

Vuurtoren Lange Jaap Schade onderzoeksrapport

