

## Rapportage

# Praktijkproef gecombineerde robotinspectie



Versie: 1.0  
Datum: 14 mei 2019

## Colofon

### Status

Dit document is op 10 oktober 2019 vastgesteld door het Centraal College van Deskundigen (CCvD) / Accreditatiecollege Bodembescherming, ondergebracht bij de Stichting Infrastructuur Kwaliteitsborging Bodembeheer (SIKB) te Gouda.

### Eigendomsrecht

Dit document is opgesteld in opdracht van en uitgegeven door de Stichting Infrastructuur Kwaliteitsborging Bodembeheer (SIKB). Het Centraal College van Deskundigen (CCvD) / Accreditatiecollege Bodembescherming, ondergebracht bij SIKB, beheert dit document inhoudelijk. De actuele versie van het document staat op de website van SIKB ([www.sikb.nl](http://www.sikb.nl)) en is op elektronische wijze tegen ongewenste aanpassingen beschermd. Het is niet toegestaan om wijzigingen aan te brengen in de originele en door het CCvD / Accreditatiecollege Bodembescherming goedgekeurde en vastgestelde teksten met het doel hieraan rechten te (kunnen) ontnemen.

### Vrijwaring

SIKB is behoudens in geval van opzet of grove schuld niet aansprakelijk voor schade die bij de gebruiker of derden ontstaat door het toepassen van dit document.

### © Copyright 2019 SIKB

Overname van tekstdelen en beeld is toegestaan met bronvermelding. Alle rechten berusten bij SIKB.

### Bestelwijze

Dit document is in digitale vorm kosteloos te verkrijgen bij SIKB. Een ingebonden versie kunt u bestellen tegen kosten, op te vragen bij SIKB.

### Updateservice

Door het CCvD / Accreditatiecollege Bodembescherming vastgestelde mutaties in dit document zijn te verkrijgen bij SIKB. Via [www.sikb.nl](http://www.sikb.nl) kunt u zich aanmelden voor automatische toezending van mutaties. U kunt u via [www.sikb.nl](http://www.sikb.nl) ook opgeven voor de gratis digitale nieuwsbrief.

### Helpdesk/gebruiksaanwijzing

Voor vragen over inhoud en toepassing van dit document kunt u terecht bij uw certificatie-instelling, accreditatie-instelling of bij SIKB. Voor geschillen zie de klachten- en geschillenregeling via [www.SIKB.nl](http://www.SIKB.nl).

## Inhoud

<b>1</b>	<b>Inleiding</b>	<b>4</b>
1.1.	Aanleiding van het project	4
1.2.	Doel van het project	5
1.3.	Vastgestelde criteria	5
1.4.	Onderzoeksvragen	6
<b>2.</b>	<b>Trainingsdagen uitleg, informatieverstrekking en testen van de apparatuur</b>	<b>7</b>
<b>3.</b>	<b>Vorbereiding praktijkproef</b>	<b>9</b>
3.1	Gegevens van de tanks	9
3.2	Tankreiniging	9
3.3	Inspecteurs	9
3.4	Opzet praktijkproef	10
3.5	Point clouden	11
<b>4.</b>	<b>Verloop van de inspecties</b>	<b>12</b>
<b>5.</b>	<b>Resultaat metingen wanddikte, putdiepte en combinatie wanddikte en putdiepte</b>	<b>13</b>
5.1	Overzicht metingen wanddikte en putcorrosie	13
5.2	Vergelijk metingen wanddikte	16
5.3	Vergelijking putcorrosie-metingen	18
5.4	Beschrijving van de meetresultaten	20
<b>6.</b>	<b>Ervaringen inspecteurs uitvoering robotinspectie</b>	<b>21</b>
<b>7.</b>	<b>Analyse van de resultaten van de praktijkproef</b>	<b>22</b>
<b>8.</b>	<b>Samenvatting en conclusies</b>	<b>23</b>
<b>9.</b>	<b>Aanbevelingen voor doorontwikkeling van de techniek en uitvoering proces robotinspecties</b>	<b>24</b>
<b>10.</b>	<b>Overige aandachtspunten voor het vervolgtraject</b>	<b>25</b>
<b>11.</b>	<b>Betrokkenen bij de praktijkproef</b>	<b>26</b>
<b>Bijlage 1.</b>	<b>Projectplan</b>	<b>27</b>
<b>Bijlage 2.</b>	<b>Camera-inspectie van niet 100% inwendig gecoate tanks, AECOM</b>	<b>28</b>
<b>Bijlage 3.</b>	<b>Pitting tank floor inspection, Olympus Nederland</b>	<b>29</b>
<b>Bijlage 4.</b>	<b>Camera-inspectie van niet 100% inwendig gecoate tanks, SIKB-test, AECOM</b>	<b>30</b>
<b>Bijlage 5.</b>	<b>Impressie gecombineerde robotinspectie ondergrondse ongecoate tanks, SIKB</b>	<b>31</b>

# 1 Inleiding

Dit document beschrijft de resultaten van een Praktijkproef robotinspecties die volgt uit 'Projectplan, Praktijkonderzoek gecombineerde robotinspectie' d.d. 11 januari 2019 (zie bijlage 1). In dit Projectplan is de aanleiding en opzet van deze praktijkproef beschreven. In de praktijkproef zijn de resultaten van een tankinspectie zonder betreding (hierna robotinspectie genoemd) vergeleken met een tankinspectie met betreding (hierna: visuele inspectie). Doel was om vast te stellen of de resultaten van een robotinspectie minimaal gelijkwaardig zijn aan de resultaten van een visuele inspectie, zoals beschreven in SIKB AS 6800 en protocol 6811. Het gaat hierbij om inspecties van stalen ongecoate tanks.

Deze rapportage beschrijft de uitvoering en resultaten van de praktijkproef. Hieronder is omschreven wat de aanleiding en doel van het project zijn en ook welke criteria en onderzoeksvragen hierbij werden gehanteerd.

## 1.1. Aanleiding van het project

In april 2017 heeft praktijkonderzoek plaatsgevonden naar het inspecteren van ondergrondse tanks met behulp van een camera (project 'robotinspectie'). Uit dat praktijkonderzoek bleek toen dat de betreffende robotinspectie bij ongecoate stalen tanks geen betrouwbaar beeld gaf van de conditie van de tanks. Ook werd toen aangegeven dat het niet uit te sluiten was dat verbetering van de robot en overige techniek in de toekomst wel tot een positief resultaat kon leiden.

Mede op basis van ervaringen in het buitenland is er vanuit de markt gevraagd om criteria waaraan technieken voor robotinspecties bij ongecoate tanks moeten voldoen om geaccepteerd te worden als minimaal gelijkwaardig aan een visuele inspectie, zoals beschreven in SIKB AS 6800 en protocol 6811. Het AC Bodembescherming heeft op 31 mei 2018 criteria vastgesteld voor de vereiste kwaliteit bij robotinspecties, op basis van de criteria die eerder zijn gebruikt bij het praktijkonderzoek robotinspecties in 2017. Wanneer een marktpartij een techniek heeft ontwikkeld die voldoet aan deze criteria, dan kan door middel van een praktijkvalidatie worden bepaald of de techniek kan worden geaccepteerd binnen de scope van AS SIKB 6800.

Bij SIKB heeft zich een partij gemeld die stelt dat ze een techniek heeft ontwikkeld die ten minste voldoet aan bovengenoemde criteria.

*Overeenkomstig hoofdstuk 1.5 van AS 6800 moet bij een voordracht van een nieuwe techniek ten minste:*

- een beschouwing worden gevoegd waaruit blijkt dat de techniek doet wat men claimt dat het doet. Die beschouwing moet door een onafhankelijke partij zijn opgesteld of voorzien zijn van een second opinion die door een onafhankelijke partij is opgesteld;*
- validatie: proefondervindelijke vaststelling dat de techniek voldoet (een of meer praktijktesten) waarmee wordt aangetoond dat er vergelijkbare resultaten worden behaald.*

Het Accreditatiecollege (AC) Bodembescherming besloot op 11 oktober 2018 om de voordracht te accepteren en over te gaan tot het samenstellen van een begeleidingscommissie bij de begeleiding en beoordeling van de voordracht en praktijkvalidatie. Het project kreeg als naam 'gecombineerde robotinspectie'. In het projectplan is invulling gegeven aan dit besluit.

## 1.2. Doel van het project

Het doel van het project is het beoordelen van de beschouwing en het uitvoeren van een praktijkevaluatie (en -validatie) van het toepassen van de voorgestelde nieuwe techniek bij het inspecteren van ongecoate stalen tanks zonder betreding en het op basis daarvan waar mogelijk voorbereiden van een wijziging van AS 6811.

Het project bestaat op hoofdlijnen uit:

- beoordelen beschouwing: het beoordelen van de voorgestelde techniek door middel van een presentatie en discussieronde met de initiatiefnemers;
- uitvoeren praktijkonderzoek: het vergelijken van prestaties bij gebruik van de conventionele methode en de nieuwe methode;
- aanpassen van protocol 6811 (en waar nodig AS 6800) op een wijze die voldoet aan de eisen van ISO 17020 en aan wettelijke eisen (Activiteitenbesluit en Besluit Bodemkwaliteit);
- uitvoeren validatie-onderzoek (conform eisen T-33): komen inspectie-instellingen bij het gebruik van de voorgestelde nieuwe tekst tot een eenduidige conclusie;
- communicatie: het informeren van inspectie-instellingen en anderen over de nieuwe tekst van AS 6811.

## 1.3. Vastgestelde criteria

Zoals vermeld heeft het AC Bodembescherming op 31 mei 2018 criteria vastgesteld op basis van de criteria die eerder zijn gebruikt bij het praktijkonderzoek robotinspecties in 2017. Het uitgangspunt van de kwaliteit van een robotinspectie zonder tankbetreding is dat deze minimaal even betrouwbaar is als een inspectie met tankbetreding. In het project Robotinspecties (2017) zijn hiertoe vijf criteria vastgesteld:

1. Reproduceerbaarheid<sup>1</sup> meting putdiepte
2. Reproduceerbaarheid<sup>1</sup> meting wanddikte
3. Vindbaarheid van corrosieputten<sup>2</sup>
4. Bereikbaarheid van corrosieputten

Aanvullend is door de begeleidingscommissie een extra criterium toegevoegd:

5. Reproduceerbaarheid<sup>1</sup> meting lasnaden.

Bij bovengenoemde criteria gelden de volgende randvoorwaarden.

Putdieptemeter: De putdieptemeter heeft een minimaal meetbereik van 0-5 mm en een absolute nauwkeurigheid van 0,1 mm.

Wanddiktemeter: De wanddiktemeter is ultrasoon en justeerbaar met behulp van een gekalibreerd stappenplaatje. Het bereik van de meter is minimaal 0-25 mm met een absolute nauwkeurigheid van 0,1 mm.

Kalibratieplaat: De kalibratieplaat voor putdieptemeter en wanddiktemeter is gekalibreerd door een geaccrediteerde instelling.

Randinkarteling: De diepte van de randinkarteling kan bij de lasranden gemeten worden.

---

<sup>1</sup> Onder reproduceerbaar is door de begeleidingscommissie bepaald dat in dit project een percentage van 95% of meer van de metingen als reproduceerbaar wordt beschouwd.

<sup>2</sup> De begeleidingscommissie benadrukte dat de diepste put in het segment gevonden en bepaald moet worden.

Beeldweergave: Het beeld van de camera is betrouwbaar en reproduceerbaar. De kwaliteit van het beeld is dusdanig dat op basis hiervan (ook eerder aangetroffen) gebreken te zien en terug te vinden zijn.

Besturing: Het is bij de besturing van de camera steeds duidelijk waar deze zich in de tank bevindt. Ook kan de camera naar de gewenste locaties in de tank worden geleid.

#### 1.4. Onderzoeksvragen

Bij het project moest ten minste antwoord gegeven worden op de volgende vragen:

- a. Voldoet de nieuwe techniek aan de vijf afzonderlijke criteria zoals genoemd in hoofdstuk 3 van het Projectplan?
- b. Welke reinheid van de tankwand is nodig voor een gecombineerde robotinspectie? Wat zijn bij deze werkwijze de eisen aan het reinigen van de tanks voorafgaand aan de inspectie?
- c. Kunnen de inspecteurs – gebruikmakend van de middelen – een oordeel geven over de tank ('goed- of afkeur') conform protocol AS 6811?
- d. Moet – gebaseerd op het resultaat van het project 'gecombineerde robotinspectie' – AS 6811 aangepast worden om inspecties met behulp van deze techniek bij ongecoate tanks (zonder betreding) mogelijk te maken?

Deze vragen werden beantwoord door inwendige inspecties met behulp van mechanische middelen zoals putdieptemeter, ultrasone wanddiktemeter en lichtbron die bevestigd waren op een robot. Bezien werd of met deze inspecties minimaal hetzelfde resultaat werd verkregen als die door een inspecteur die de tank inwendig inspecteert.

Uitgangspunt hierbij was dat een volledige inwendige tankinspectie werd uitgevoerd volgens Protocol AS 6811 versie 2.0. De praktische invulling vond echter plaats volgens de beschrijving in het projectplan, waarin ook kwalitatieve waarden zijn aangegeven.

Aspecten die van belang waren bij de 'gecombineerde robotinspectie' betreffen lichtbron, uitvoering putdieptemeter, ultrasone taster, opname-apparatuur en mechanische besturing van de wagen. Daarnaast kon de reiniging van het oppervlak een belangrijke rol spelen en ook de kennis en ervaring van de operator en de inspecteur.

## 2. Trainingsdagen uitleg, informatieverstrekking en testen van de apparatuur

Voorafgaand aan deze praktijkproef vonden op dinsdag 15 januari en woensdag 16 januari 2019 trainingsdagen plaats voor het toepassen van robotinspectie. Doelen van deze trainingsdagen waren het kennis maken met de technieken en ervaring opdoen door de inspecteurs.

Deze trainingsdagen werden inhoudelijk verzorgd door de bedrijven All Tech Fluids en Olympus Duitsland en Nederland. Beide bedrijven gaven een toelichting bij en uitleg van de apparatuur die bij de robotinspectie zou worden toegepast.

Na een algemene uitleg over de toepassing van 'Point clouding' en de 'Phased array'-methode is Point clouding gedemonstreerd bij het scannen van een tank. Met de Point clouding-methode is een aantal inspecties vanuit protocol 6811 in te vullen (o.a. afschot, beschadigingen, grootte, diameter en rondheid van de tank). Ook is hiermee een eerste indicatie te geven van waar zich mogelijk putcorrosie bevindt.

Daarna gaf een vertegenwoordiger van de leverancier van de Phased array-methode een presentatie op basis van data die verzameld was tijdens een eerdere proef. Deze liet zien dat met behulp van Phased array diepte en grootte van putten, vervormingen en dergelijke in metaal gevonden en vastgesteld kan worden. Deze data zijn reproduceerbaar. Het resultaat van deze metingen, de scan van het oppervlak, wordt weergegeven in het scherm van de Omniscan: de toegepaste apparatuur voor het 'vertalen' van de reflectie van de metingen van de Phased array. Op basis van de uitleg en demonstratie werd geconcludeerd dat de uitleg verhelderend werkte, met daarbij de kanttekening dat er veel data zichtbaar is op het beeldscherm en het nog niet voor iedereen gelijk duidelijk is wat er met de data visueel wordt gemaakt.

De training werd vervolgd op een proeflocatie. Daar is de Phased array op een proefplaatje geplaatst en is de werking uitgelegd, waarna de apparatuur in een container is geplaatst om de werking te tonen. Omdat er geen datakabel aanwezig was die lang genoeg was, is dit niet in een tank gedaan. Helaas werkte de apparatuur niet goed, met name doordat de container niet voldoende schoon was. Besloten is de proef verder uit te voeren op een geprepareerde metalen plaat. Op die plaat werd aangetoond dat putten, vervormingen en dergelijke werden geconstateerd door de Phased array, maar na verificatie door de aanwezige inspecteurs bleek de gemeten diepte van de putten niet overeen te komen met de metingen van de inspecteurs. Waarschijnlijk kwam dit doordat de proefplaat te dik was, maar dit is niet nader onderzocht.

Tijdens de latere praktijkproef werden naast deze twee technieken ook camera's gebruikt die voldoen aan de huidige eisen in protocol 6811. Met deze camera's kan de inspecteur een helder beeld krijgen van de binnenkant van de tank, kan hij zich oriënteren en eventueel aanwezige schades lokaliseren en identificeren. Deze camera's zijn echter tijdens de trainingsdagen niet getest.

Na afloop van de trainingsdagen werd geconcludeerd dat de Point clouding-methode snel duidelijke en bruikbare informatie geeft. Met de Phased array-methode werd nog niet voldoende aangetoond dat dit in praktijk werkt als alternatief voor tankbetreding. Dit laatste kwam mede door de situatie en omstandigheden (niet de juiste kabel, geen gereinigde container, te dikke proefplaat, eerste keer kennis gemaakt met deze techniek en de weersomstandigheden). Hieraan zal nog gewerkt moeten worden om een geslaagde validatie uit te kunnen voeren.

Aanwezig waren op 15 januari vanuit de begeleidingscommissie: Ferdi Ileri, Anne Boekema, Sigo Koning, Marcus van Zutphen, Marcel Struis, Leo van Kuijl, Ronald Molhuijsen en Jordi Verkade. Daarnaast waren aanwezig een inspecteur van Klink en een inspecteur van Van der Heide, een aantal mensen van Hamer en een aantal personen namens Shell Global Solutions / leverancier apparatuur.

Aanwezig waren op 16 januari vanuit de begeleidingscommissie: Ferdi Ileri, Anne Boekema, Sigo Koning, Bart van Dongen, Marcel Struis, Johan Ferwerda, Ronald Molhuijsen en Jordi Verkade. Daarnaast waren aanwezig een inspecteur van Klink en een inspecteur van Kiwa, een aantal mensen van Hamer en een aantal personen namens Shell Global Solutions/ leverancier apparatuur.

In bijlage 2, 3, 4 en 5 staat informatie omtrent Point clouding, Phased array en een impressie van de gecombineerde robotinspectie.



## 3. Voorbereiding praktijkproef

### 3.1 Gegevens van de tanks

Voor het uitvoeren van de praktijkproef zijn drie tanks beschikbaar gesteld. Deze lagen op het terrein van Hamer BV, Stadhoudersmolenweg 23, 7317 AV te Apeldoorn en zijn voorafgaand aan de proef inpandig geplaatst om eventuele weersinvloeden uit te sluiten.

De status/kwaliteit van de tanks was niet exact bekend omdat deze tanks niet eerder inwendig geïnspecteerd waren. Wel bleek bij een eerste beoordeling dat in alle drie de tanks putcorrosie aanwezig was. In onderstaande tabel 1 staat de vooraf bekende algemene informatie van de onderzochte tanks.

Tabel 1: Gegevens van de tanks

Tank	Inhoud	Schadebeeld	Tankcertificaat
1	20 m <sup>3</sup> , diesel	putcorrosie aanwezig	003901
2	30 m <sup>3</sup> , diesel	putcorrosie aanwezig	003903
3	40 m <sup>3</sup> , diesel	putcorrosie aanwezig	003919

### 3.2 Tankreiniging

De tanks zijn op 30 januari 2019 inwendig gereinigd door de firma Leeflang conform BRL K905 met een werkdruk van 440 bar. Een tankreinigingscertificaat BRL-K905/03 is afgegeven met registratienummer 180101235.02, -.03 en -.04 i. Zegelnummers zijn bevestigd op de tanks met referentie RE 092278, RE 095279 en RE 095280. Dit alles voor respectievelijk tank 1, 2 en 3.



Foto 1: Tankreiniging



Foto 2: Werkdruk 440 bar

### 3.3 Inspecteurs

De inspecties zijn uitgevoerd door medewerkers van de drie inspectie-instellingen die geaccrediteerd en erkend waren conform AS6800 Controle en keuring tank(opslag)installaties, met als scope onder andere protocol 6811 Keuring tank(opslag)installaties.

De inspecteurs die de robotinspectie hebben uitgevoerd, waren niet eerder betrokken bij de inspectie van deze drie tanks.

### 3.4 Opzet praktijkproef

De praktijkproef is op 1 en 5 februari 2019 uitgevoerd. Doel hierbij was het inspecteren van de drie tanks zowel door de robot als visueel door de drie inspecteurs van de inspectie-instellingen overeenkomstig de werkwijze zoals opgenomen in het projectplan. De inspecteurs bepaalden waar gemeten moest worden en de medewerker van Olympus gaf aan wat de meetresultaten waren van de robotinspectie.

In verband met de winterse omstandigheden waren de tanks op locatie bij Hamer inpandig opgeslagen.

Op 1 februari is, in het bijzijn van de drie inspecteurs, de robot gekalibreerd op een stalen plaat waarin putjes van verschillende dieptes waren aangebracht. Het resultaat van de kalibratie is door de drie inspecteurs akkoord bevonden. Van deze kalibratie zijn verder geen resultaten vastgelegd.

*Bijzonderheden en afwijkingen op het projectplan:*

*De gebruikte kalibratieplaat is niet gekalibreerd door een geaccrediteerde instelling zoals vereist in het projectplan hoofdstuk 3.*

Bij het uitvoeren van de proeven is de robot in de tank gebracht en bestuurd door een medewerker van het Duitse bedrijf Tankservice Huck (eigenaar van de apparatuur). De interpretatie van het 'beeld', de reflex' van de Omniscan, is door een medewerker van het bedrijf Olympus vastgesteld. Deze heeft aan de hand hiervan aan de inspecteur van de betreffende inspectie-instelling de waargenomen meting van wanddikte en putdiepte doorgegeven.

De medewerker van Olympus is de expert op het gebied van de Omniscan met Phased array en bediende de Omniscan op aanwijzing van de inspecteurs. De expert heeft de resultaten voor alle proeven voor deze praktijkproef uitgelezen. Hij was daarmee een vaste constante bij deze praktijkproef.



*Foto 3: In te zetten robot*

### 3.5 Point cloud

Op 1 februari 2019 werd begonnen met het Point clouden van de drie tanks. In het bijzijn van de drie inspectie-instellingen is de Point clouding uitgevoerd. Het geproduceerde beeld van de Point clouding geeft een duidelijk resultaat van geconstateerde indeuking van de tank, kleurschakering en een weergave van het afschot van de tank. De inspecteurs hebben aangegeven dat het identificeren en bepalen van mogelijke putcorrosie of corrosievlakken niet of nauwelijks mogelijk is op basis van deze beelden. Het Point clouden is bij alle drie de tanks uitgevoerd.

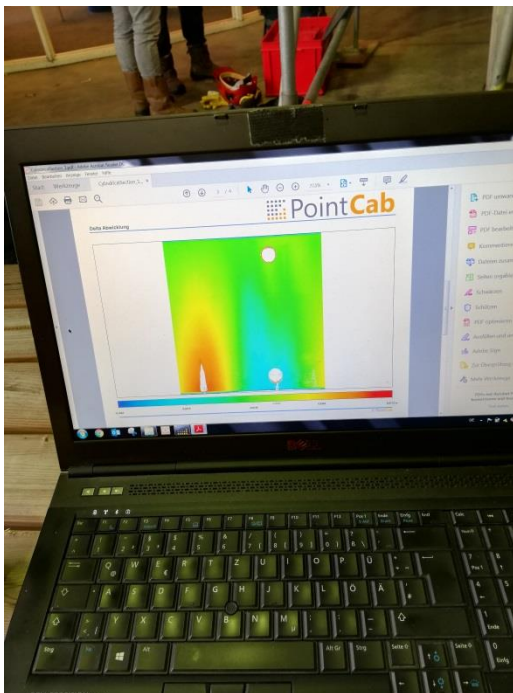


Foto 4: Geproduceerd beeld kleurschakering

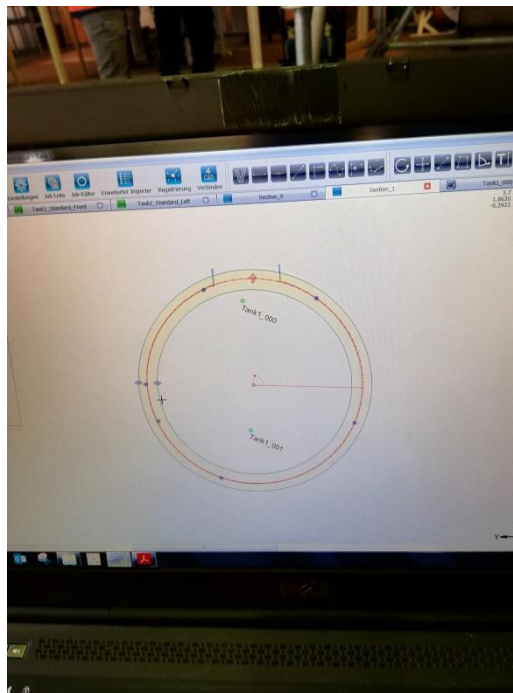


Foto 5: Beeld indeuking tank

## 4. Verloop van de inspecties

De gebruikte meetapparatuur van de inspectie-instellingen is voorafgaand aan de inspecties gekalibreerd. Voorafgaand aan de robotinspectie is ook de apparatuur van de robot eenmalig gekalibreerd.

Inspecteur 1 is op 1 februari begonnen met het inspecteren van de tanks. De andere inspectie-instellingen hebben de locatie verlaten om op dinsdag 5 februari terug te komen om inspecties uit te voeren.

Inspecteur 1 heeft eerst vijf plaatsen wit gemarkeerd in de drie tanks, 1 t/m 5. De robotinspectie ging niet vlekkeloos, omdat de robot met daarop de Phased array niet voldoende kon manoeuvreren in de tank en deze de gemarkeerde locaties niet voldoende kon bereiken, onder andere doordat de Phased array niet onafhankelijk van de robot kon manoeuvreren waardoor de bolling van de tank niet gevolgd kon worden. De proef is in de middag afgebroken en de inspectie is niet meer gecontinueerd. Daarna is afgesproken om dinsdag 5 februari opnieuw te beginnen met het uitvoeren van de proeven. Tankservice Huck is daarmee in de gelegenheid gesteld om de werking van de robot aan te passen zodat de uitvoering op 5 februari 'vlekkeloos' zou verlopen. De vijf gemarkeerde plaatsen zijn aangehouden voor de drie vervolgininspecties.

### Bijzonderheden en afwijkingen op het projectplan:

*Uitgangspunt van het projectplan (hoofdstuk 4 en 6) was dat in de drie tanks een volledige inwendige tankinspectie door zowel robot als inspecteur werd uitgevoerd. Al bij de start van het project werd vastgesteld dat het volledig inspecteren van de drie tanks zeer veel tijd in beslag zou nemen. Daarom is door de Begeleidingscommissie besloten de inspecties alleen te richten op de vijf gemarkeerde plaatsen in de drie tanks (een en ander conform projectplan, hoofdstuk 6). Deze gewijzigde werkwijze waarborgde in ieder geval een goede vergelijkingsmogelijkheid van resultaten. De drie tanks zijn daardoor niet volledig geïnspecteerd overeenkomstig met wat in het projectplan stond beschreven.*

Op 5 februari 2019 is, voordat met de inspectiewerkzaamheden is begonnen, een korte uitleg gegeven van de 'spelregels' zoals genoemd in het projectplan, paragraaf 6, stap 2. De inspecteurs hebben bevestigd deze te kennen en te accepteren.

Allereerst heeft Inspecteur 1, in samenwerking met de medewerkers van Huck en Olympus, de diepte van de putcorrosie en de wanddikte van de gemarkeerde plaatsen met behulp van de robot bepaald. Door de medewerker van Olympus is de geconstateerde putcorrosie en vastgestelde wanddikte aangegeven. Gegevens van de putdiepte en wanddikte zijn door inspecteur 1 genoteerd. Daarna is door inspecteur 1 de tank betreden en heeft hij handmatig de meest diepe putcorrosie van de gemarkeerde plaatsen en de wanddikte bepaald. Deze werkwijze is bij de andere tanks herhaald. Vastgesteld is dat bij een tweetal metingen de wanddikte en putdiepte niet gemeten konden worden, doordat de robot de gemarkeerde plaatsen niet kon bereiken. De robot is hierop aangepast door Huck. Het resultaat van de robotmetingen en handmatige metingen is niet gecommuniceerd met de medewerker van Olympus en de andere inspectie-instellingen.

In verband met de tijd is de robotinspectie voor tank 1, 2 en 3 door inspecteur 2 en 3 tegelijkertijd gedaan. De resultaten van wanddikte en putdiepte zijn door de medewerker van Olympus aan inspecteur 2 en 3 gegeven. Daarna hebben de twee inspecteurs afzonderlijk de tanks betreden om de maximale putdiepte en wanddikte van de gemarkeerde plaatsen te bepalen. Ook hier zijn alleen de gemarkeerde plaatsen onderzocht.

De inspecteurs hebben ieder middels een verslag richting de rapporteur aangegeven hoe zij de uitvoering van de robotinspectie hebben ervaren.

## 5. Resultaat metingen wanddikte, putdiepte en combinatie wanddikte en putdiepte

### 5.1 Overzicht metingen wanddikte en putcorrosie

#### **Resultaat metingen verkregen door robot en door tankbetreding**

Locatie: Hamer te Apeldoorn

Datum: 5 februari 2019

Uitgevoerd door: inspecteurs van geaccrediteerde inspectie-instellingen Van der Heide, Klink en Kiwa.

*Metingen uitgevoerd in 3 tanks:*

Tank 1: inhoud 20 m<sup>3</sup>, diesel

Tank 2: inhoud 30 m<sup>3</sup>, diesel

Tank 3: inhoud 40 m<sup>3</sup>, diesel

Tanks zijn (nogmaals) gereinigd door bedrijf Leeflang volgens BRL-K905/03, datum 30 januari 2019, reinigingsdruk 440 bar.

Bijzonderheden en afwijkingen op het projectplan:

*Op 2 februari 2019 zijn de tankinspecties uitgevoerd door inspecteur 2. Doordat de robot en camera niet goed functioneerden, zijn de robotinspecties niet gelukt. De resultaten van deze inspecties zijn niet meegenomen in het overzicht van de meetresultaten.*

*Op 5 februari 2019 is de eerste tankinspectie uitgevoerd door inspecteur 1.*

*Bij tank 1 kon de wanddikte bij locatie 5 niet gemeten worden omdat de locatie zich te dicht op de bodem (kopse kant) bevond. De meetkop van de robot is later door Huck aangepast.*

*Bij tank 3 is locatie 3 vanaf het midden van de tank ca. 50 cm omhoog geplaatst.*

*De meetkop van de robot bereikte dit punt zowel in langsrichting als onder een hoek niet; een meting is zodoende niet uitgevoerd. Later is de richting van de robot gewijzigd in een radiale richting. Het lukte de andere inspectie-instellingen toen wel om dit punt te meten.*

*De waarneming van de meting met de robot is voor tank 1, 2 en 3 door inspecteur 2 en 3 tegelijkertijd gedaan. Vandaar dat zij gelijke resultaten constateren van de metingen met de robot. De tankinspecties zijn wel door de inspecteurs afzonderlijk uitgevoerd.*

*Bij het weergeven van de meetwaarden van de diverse inspecteurs staan meerdere resultaten vermeld, onder andere putcorrosie en wanddiktemetingen. Dit is het gevolg van de werkwijze van de inspecteurs; deze voeren op meerdere locaties metingen uit en registreren hiervan ook de resultaten. Uiteindelijk wordt uitgegaan van de meest kritieke waarde (bijvoorbeeld diepst gemeten putcorrosie en dunst gemeten wanddikte). Bij de robot is over het algemeen direct waarneembaar wat deze waarden zijn, waardoor er ook maar één waarde is genoteerd.*

## Meetresultaten inspecteur 1

Tabel 2a: Resultaten tankinspectie Tank 1, inspecteur 1

Meetwaarden wanddikte en putcorrosie	Loc. 1	Loc. 2	Loc. 3	Loc. 4	Loc. 5
Wanddikte (mm) robot	8,15	7,05	8,35	7,35	*
Wanddikte (mm) betreding	5,97	5,96	5,91	5,83	6,00
Putcorrosie (mm) robot	0,70	0,50	1,10	0,68	*
Putcorrosie (mm) betreding	0,50	0,70	1,00	1,50	0,40

\* Niet bereikbaar door robot

Tabel 2b: Resultaten tankinspectie Tank 2, inspecteur 1

Meetwaarden wanddikte en putcorrosie	Loc. 1	Loc. 2	Loc. 3	Loc. 4	Loc. 5
Wanddikte (mm) robot	7,23	8,03	6,93	7,56	7,63
Wanddikte (mm) betreding	5,98	5,99	5,92	5,95	6,03
Putcorrosie (mm) robot	0,53	0,60	1,68	1,00	1,23
Putcorrosie (mm) betreding	2,70	1,50	2,40	1,60	2,70

Tabel 2c: Resultaten tankinspectie Tank 3, inspecteur 1

Meetwaarden wanddikte en putcorrosie	Loc. 1	Loc. 2	Loc. 3	Loc. 4	Loc. 5
Wanddikte (mm) robot	7,83	8,05	*	7,95	8,05
Wanddikte (mm) betreding	7,73	6,95	7,03	6,91	6,89
Putcorrosie (mm) robot	0,61	0,82	*	1,20	1,25
Putcorrosie (mm) betreding	1,50	1,65	1,10	2,20	1,50

\* Niet bereikbaar door robot

## Meetresultaten inspecteur 2

Tabel 3a: Resultaten tankinspectie Tank 1, inspecteur 2

Meetwaarden wanddikte en putcorrosie	Loc. 1	Loc. 2	Loc. 3	Loc. 4	Loc. 5
Wanddikte (mm) robot	7,0	7,6	7,3	7,9	8,3
Wanddikte (mm) betreding	6,21	6,22	6,21	6,26	6,35
Putcorrosie (mm) robot	1,6	0,54	0,92	1,28	0,55
Putcorrosie (mm) betreding	0,68	0,90	1,13	1,66	0,5

Tabel 3b: Resultaten tankinspectie Tank 2, inspecteur 2

Meetwaarden wanddikte en putcorrosie	Loc. 1	Loc. 2	Loc. 3	Loc. 4	Loc. 5
Wanddikte (mm) robot	8,0	7,0	7,0	7,5	7,0
Wanddikte (mm) betreding	6,18	6,01	5,86	6,07	6,12
Putcorrosie (mm) robot	0,75	0,80	2,26	0,76	2,19
Putcorrosie (mm) betreding	2,72	1,50	2,34	1,65	2,26

Tabel 3c: Resultaten tankinspectie Tank 3, inspecteur 2

Meetwaarden wanddikte en putcorrosie	Loc. 1	Loc. 2	Loc. 3	Loc. 4	Loc. 5
Wanddikte (mm) robot	8,0	7,6	7,2	8,2	8,1
Wanddikte (mm) betreding	7,32	7,36	7,2	7,31	7,42
Putcorrosie (mm) robot	1,13	0,85	0,38	0,94	2,67
Putcorrosie (mm) betreding	1,47	1,78	1,30	2,16	1,59

### Meetresultaten inspecteur 3

Tabel 4a: Resultaten tankinspectie Tank 1, inspecteur 3

Meetwaarden wanddikte en putcorrosie	Loc. 1	Loc. 2	Loc. 3	Loc. 4	Loc. 5
Wanddikte (mm) robot	7,0	7,6	7,3	7,9	8,3
Wanddikte (mm) betreding	6,2	6,1	6,3	6,3	(bodem) 6,2
Putcorrosie (mm) robot	1,6	0,54	0,92	1,28	0,55
Putcorrosie (mm) betreding	0,6	0,7	1,0	1,5	0,5

Tabel 4b: Resultaten tankinspectie Tank 2, inspecteur 3

Meetwaarden wanddikte en putcorrosie	Loc. 1	Loc. 2	Loc. 3	Loc. 4	Loc. 5
Wanddikte (mm) robot	8,3	7,06	7,0	7,5	7,0
Wanddikte (mm) betreding	6,09	6,2	6,3	6,07	6,08
Putcorrosie (mm) robot	0,75	0,79	2,26	0,76	2,2
Putcorrosie (mm) betreding	2,6	1,5	2,2	1,6	2,3

Tabel 4c: Resultaten tankinspectie Tank 3, inspecteur 3

Meetwaarden wanddikte en putcorrosie	Loc. 1	Loc. 2	Loc. 3	Loc. 4	Loc. 5
Wanddikte (mm) robot	?	7,6	7,2	8,0	8,16
Wanddikte (mm) betreding	(bodem) 8,07	7,2	7,5	7,4	7,3
Putcorrosie (mm) robot	1,2	0,85	0,375	0,94	2,67
Putcorrosie (mm) betreding	1,3	1,65	1,2	2,2	1,65

### Meetresultaten Huck/Olympus

Tabel 5a: Resultaten tankinspectie Huck/Olympus (zonder aanwezigheid inspecteur)

Meetwaarden putcorrosie (mm) robot	Loc. 1	Loc. 2	Loc. 3	Loc. 4	Loc. 5
Tank 1	0,64	1,38	1,0	1,3	1,16
Tank 2	1,8	0,61	1,7	1,0	2,7
Tank 3	0,52	0,51	1,11	2,0	1,0

## 5.2 Vergelijk metingen wanddikte

### **Meetwaarden wanddikte, robotgemeten, onderlinge vergelijking van door de inspectie-instellingen vastgestelde resultaten**

Tabel 6a: Meetwaarden wanddikte robotgemeten tank 1

Meetwaarden wanddikte mm	Loc. 1	Loc. 2	Loc. 3	Loc. 4	Loc. 5
Inspecteur 1	8,15	7,05	8,35	7,35	*
Inspecteur 2 en 3	7,0	7,6	7,3	7,9	8,3
<i>Gemiddeld**</i>	7,6	7,3	7,8	7,6	8,3
<i>Grootste verschil in meetresultaat**</i>	1,15	0,55	1,05	0,55	-

\* Niet bereikbaar door robot

\*\* *Indicatief ter vergelijking*

Tabel 6b: Meetwaarden wanddikte robotgemeten tank 2

Meetwaarden wanddikte mm	Loc. 1	Loc. 2	Loc. 3	Loc. 4	Loc. 5
Inspecteur 1	7,23	8,03	6,93	7,56	7,63
Inspecteur 2 en 3	8,0	7,0	7,0	7,5	7,0
<i>Gemiddeld*</i>	7,6	7,5	7,0	7,5	7,3
<i>Grootste verschil in meetresultaat*</i>	0,77	1,03	0,07	0,06	0,63

\* *Indicatief ter vergelijking*

Tabel 6c: Meetwaarden wanddikte robotgemeten tank 3

Meetwaarden wanddikte mm	Loc. 1	Loc. 2	Loc. 3	Loc. 4	Loc. 5
Inspecteur 1	7,83	8,05	*	7,95	8,05
Inspecteur 2 en 3	8,0	7,6	7,2	8,2	8,1
<i>Gemiddeld**</i>	7,9	7,8	7,2	8,1	8,1
<i>Grootste verschil in meetresultaat**</i>	0,17	0,45	-	0,25	0,05

\* Niet bereikbaar door robot

\*\* *Indicatief ter vergelijking*



**Meetwaarden wanddikte, betreding, vergelijking resultaten gemeten door de inspectie-instellingen**

Tabel 7a: Meetwaarden wanddikte tankbetreding door inspecteurs tank 1

Meetwaarden wanddikte mm	Loc. 1	Loc. 2	Loc. 3	Loc. 4	Loc. 5
Inspecteur 1	5,97	5,96	5,91	5,83	6,00
Inspecteur 2	6,21	6,22	6,21	6,26	6,35
Inspecteur 3	6,2	6,1	6,3	6,3	6,2
Gemiddeld**	6,1	6,1	6,1	6,1	6,1
Grootste verschil in meetresultaat**	0,24	0,26	0,39	0,47	0,35

\* Niet bereikbaar

\*\* Indicatief ter vergelijking

Tabel 7b: Meetwaarden wanddikte tankbetreding door inspecteurs tank 2

Meetwaarden wanddikte mm	Loc. 1	Loc. 2	Loc. 3	Loc. 4	Loc. 5
Inspecteur 1	5,98	5,99	5,92	5,95	6,03
Inspecteur 2	6,18	6,01	5,86	6,07	6,12
Inspecteur 3	6,1	6,2	6,3	6,07	6,08
Gemiddeld*	6,1	6,1	6,0	6,0	6,1
Grootste verschil in meetresultaat*	0,20	0,21	0,44	0,12	0,09

\* Indicatief ter vergelijking

Tabel 7c: Meetwaarden wanddikte tankbetreding door inspecteurs tank 3

Meetwaarden wanddikte mm	Loc. 1	Loc. 2	Loc. 3	Loc. 4	Loc. 5
Inspecteur 1	7,73	6,95	7,03	6,91	6,89
Inspecteur 2	7,32	7,36	7,2	7,31	7,42
Inspecteur 3	8,07*	7,2	7,5	7,4	7,3
Gemiddeld**	7,5	7,2	7,2	7,2	7,2
Grootste verschil in meetresultaat**	0,41	0,41	0,47	0,49	0,53

\* Wanddikte kopse kant niet meegerekend

\*\* Indicatief ter vergelijking

### 5.3 Vergelijking putcorrosie-metingen

#### Meetwaarden putcorrosie, robotgemeten, onderlinge vergelijking van de vastgestelde waarden

Tabel 8a: Meetwaarden putcorrosie robotgemeten tank 1

Meetwaarden putcorrosie mm	Loc. 1	Loc. 2	Loc. 3	Loc. 4	Loc. 5
Inspecteur 1	0,70	0,50	1,10	0,68	*
Inspecteur 2 en 3	1,6	0,54	0,92	1,28	0,55
Gemiddeld**	1,2	0,5	1,0	1,0	0,6
Grootste verschil in meetresultaat**	0,9	0,04	0,18	0,6	-

\* Niet bereikbaar door robot

\*\* Indicatief ter vergelijking

Tabel 8b: Meetwaarden putcorrosie robotgemeten tank 2

Meetwaarden putcorrosie mm	Loc. 1	Loc. 2	Loc. 3	Loc. 4	Loc. 5
Inspecteur 1	0,53	0,60	1,68	1,00	1,23
Inspecteur 2 en 3	0,75	0,80	2,26	0,76	2,2
Gemiddeld*	0,6	0,7	2,0	0,9	1,7
Grootste verschil in meetresultaat*	0,22	0,2	0,58	0,24	0,97

\* Indicatief ter vergelijking

Tabel 8c: Meetwaarden putcorrosie robotgemeten tank 3

Meetwaarden putcorrosie mm	Loc. 1	Loc. 2	Loc. 3	Loc. 4	Loc. 5
Inspecteur 1	0,61	0,82	*	1,20	1,25
Inspecteur 2 en 3	1,13	0,85	0,38	0,94	2,67
Gemiddeld**	0,9	0,8	0,4	1,1	2,0
Grootste verschil in meetresultaat**	0,52	0,03	-	0,26	1,42

\* Niet bereikbaar door robot

\*\* Indicatief ter vergelijking

**Meetwaarden putcorrosie, gemeten door de inspecteurs door tankbetreding, onderlinge vergelijking van resultaten**

Tabel 9a: Meetwaarden putcorrosie bij tankbetreding tank 1

Meetwaarden putcorrosie mm	Loc. 1	Loc. 2	Loc. 3	Loc. 4	Loc. 5
Inspecteur 1	0,50	0,70	1,00	1,50	0,40
Inspecteur 2	0,68	0,90	1,13	1,66	0,56
Inspecteur 3	0,6	0,7	1,0	1,5	0,5
<i>Gemiddeld*</i>	<i>0,6</i>	<i>0,8</i>	<i>1,0</i>	<i>1,6</i>	<i>0,5</i>
<i>Grootste verschil in meetresultaat*</i>	<i>0,18</i>	<i>0,20</i>	<i>0,13</i>	<i>0,16</i>	<i>0,16</i>

*\* Indicatief ter vergelijking*

Tabel 9b: Meetwaarden putcorrosie bij tankbetreding tank 2

Meetwaarden putcorrosie mm	Loc. 1	Loc. 2	Loc. 3	Loc. 4	Loc. 5
Inspecteur 1	2,70	1,50	2,40	1,60	2,70
Inspecteur 2	2,72	1,50	2,34	1,65	2,66
Inspecteur 3	2,6	1,5	2,2	1,6	2,3
<i>Gemiddeld*</i>	<i>2,7</i>	<i>1,5</i>	<i>2,3</i>	<i>1,6</i>	<i>2,6</i>
<i>Grootste verschil in meetresultaat*</i>	<i>0,12</i>	<i>0,0</i>	<i>0,2</i>	<i>0,05</i>	<i>0,4</i>

*\* Indicatief ter vergelijking*

Tabel 9c: Meetwaarden putcorrosie bij tankbetreding tank 3

Meetwaarden putcorrosie mm	Loc. 1	Loc. 2	Loc. 3	Loc. 4	Loc. 5
Inspecteur 1	1,5	1,65	1,10	2,20	1,50
Inspecteur 2	1,47	1,78	1,30	2,16	1,59
Inspecteur 3	1,3	1,65	1,2	2,2	1,65
<i>Gemiddeld*</i>	<i>1,4</i>	<i>1,7</i>	<i>1,2</i>	<i>2,2</i>	<i>1,6</i>
<i>Grootste verschil in meetresultaat*</i>	<i>0,2</i>	<i>0,13</i>	<i>0,2</i>	<i>0,04</i>	<i>0,15</i>

*\* Indicatief ter vergelijking*

## 5.4 Beschrijving van de meetresultaten

### Wanddiktemetingen

- De gemeten wanddikte door de robot is over het algemeen significant dikker dan de gemeten wanddikte door de inspecteurs (circa 1,0-1,5 mm dikker).
- De verschillen tussen de resultaten bij de robotinspecties variëren onderling meer dan bij de resultaten van de manuele inspecties onderling (gemiddeld 0,54 mm tegenover gemiddeld 0,36 mm).

### Putcorrosiemetingen

- Bij 11 van de 15 meetpunten meet de inspecteur diepere putcorrosie dan de robot.
- De meetresultaten bij de robotinspecties verschillen onderling op vijf locaties significant (> 0,5 mm).
- De meetresultaten bij de manuele inspecties verschilt onderling op één locatie significant (0,4 mm).

### Combinatie wanddikte en putdiepte

- De combinatie van gemeten wanddikte en putdiepte resulteert bij robotinspectie bij tank 3 loc. 5 (gemeten door inspecteur 2 en 3) in een resterende wanddikte van 67%. Voor de overige gemeten locaties is de resterende wanddikte altijd meer dan 67%.  
**Noot:** Wanneer de combinatie van wanddikte, gemeten door de inspectie-instellingen, met putdiepte van de robotinspectie wordt gecombineerd, dan zouden tank 2 loc. 3 (inspecteur 2 en 3) en tank 3 loc. 5 (inspecteur 2 en 3) resulteren in een resterende wanddikte van minder dan 67%.
- De combinatie van gemeten wanddikte en putdiepte resulteert bij de manuele inspecties in een afkeur (minder dan 67% resterende wanddikte) bij tank 2 loc. 1 (alle drie de inspectie-instellingen), tank 2 loc. 3 (inspecteur 1 en 2), tank 2 loc. 4 (inspecteur 3) en tank 2 loc. 5 (inspecteur 1 en 2). Bij tank 1 en 3 is geen putcorrosie waargenomen die resulteert in een resterende wanddikte van minder dan 67%.

## 6. Ervaringen inspecteurs uitvoering robotinspectie

De inspecteurs die de praktijkproef uitgevoerd hebben, hebben hun ervaringen beschreven. Een samenvatting van deze ervaringen staat hieronder.

### Point clouding

Point clouding wordt als zeer waardevol ervaren. In een (relatief) korte tijd kan een nauwkeurig beeld worden verkregen van afschot en vervormingen van de tank. Zelfs de kleinste vervorming is te herkennen door middel van de gekleurde overzichtstekening.

Het herkennen van gebieden met putcorrosie met behulp van Point clouding bleek nog niet voldoende mogelijk.

### Camera

Er is gebruik gemaakt van een overzichtscamera, een verrijdbare camera en een camera op de robot. De camera's geven een goed totaalbeeld van de tank. De camerabeelden zijn op zich duidelijk, waardoor locatiebepaling mogelijk is. Maar doordat de weergave in 2D is, is het voor de inspecteurs 'lastig' de beelden te interpreteren en te bepalen waar mogelijk (put)corrosie aanwezig is.

Het herkennen van gebieden met putcorrosie met behulp van de camera's bleek nog niet voldoende mogelijk. Geopperd wordt om te onderzoeken of het toepassen van 'strijklicht' of een 3D-camera met VR-bril wel deze informatie kan bieden.

### Phased array

De inspecteurs hebben nog niet eerder ervaring opgedaan met de toepassing van Phased array. Over het algemeen ervaren zij het interpreteren van de beelden van de Phased array als lastig en tijdrovend. Het vaststellen van wanddikte en de diepte van putcorrosie blijkt sterk af te hangen van degene die de apparatuur bedient.

## 7. Analyse van de resultaten van de praktijkproef

Op 28 februari 2019 zijn de resultaten van de praktijkproef besproken in de Begeleidingscommissie. De Begeleidingscommissie was (in verschillende samenstellingen) bij de uitvoering van de praktijkproef aanwezig en kan op grond daarvan een oordeel vormen omtrent de uitvoering, het interpreteren van de beelden van de scan en het beoordelen van de meetresultaten. Hieronder staat per onderdeel een samenvatting van de bevindingen.

### *Wanddikte*

Geconstateerd is dat de resultaten van de meting van de wanddikte door de Phased array over het algemeen eenzelfde afwijking qua grootte laat zien; dit zou een kalibratiefout kunnen zijn. De metingen door de inspecteurs laten vrijwel constante resultaten zien.

### *Putcorrosie*

De resultaten van de putdieptemetingen bij de Phased array geven afwijkingen in zowel positieve als negatieve zin, vergeleken met de waardes uit visuele waarneming. Voor deze afwijkingen is niet direct een oorzaak aan te wijzen. Aangegeven wordt dat meetfouten mogelijk veroorzaakt werden door het uitlezen van het beeld. Dit gebeurt handmatig en het komt erg strikt waar de cursor wordt geplaatst op het beeldscherm, wat kan leiden tot andere meetresultaten. Aangezien dit per punt vier keer plaatsvindt is de kans groot dat er afwijkingen in resultaten ontstaan. De metingen door de inspecteurs laten ook hier weinig spreiding in resultaten zien.

Vastgesteld wordt dat de meetresultaten niet voldoende reproduceerbaar zijn en niet voldoende overeenkomen met de meetresultaten die zijn vastgesteld door de inspecteurs. Het verder verfijnen of verbeteren van de software zou kunnen helpen om de reproduceerbaarheid en accuraatheid van de resultaten te verbeteren.

### *Vindbaarheid*

Het middels Point clouding en camera's identificeren van mogelijke corrosieputten is niet voldoende mogelijk gebleken. Het was vanwege de beschikbare tijd (waarschijnlijk) ondoenlijk om de gehele tank te scannen en de (maximale) corrosieputten te vinden. Het determineren van de corrosieputten heeft zich daarna alleen gericht op de gemarkeerde plaatsen. Verdere ontwikkeling zal moeten uitwijzen hoe het scannen van de gehele tank uitgevoerd moet worden.

### *Bereikbaarheid*

Uit de proef bleek dat de robot niet elke plek kon bereiken. Tijdens de praktijkproef is de robot aangepast, waardoor de bereikbaarheid is verbeterd. Maar ook daarna kon de robot nog niet alle locaties in de tank bereiken, waaronder de plaats rondom de peilbuis en de overgang naar wand en kopse kant. Verdere ontwikkeling zal de bereikbaarheid moeten verbeteren.

### *Algemeen*

Vastgesteld is dat de combinatie van Point clouding, Phased array en camera-inspectie een veelbelovende techniek is, die – na doorontwikkeling van een aantal aspecten – op termijn tankbetreding zou kunnen vervangen.

## 8. Samenvatting en conclusies

Het doel van dit project was het beoordelen van de beschouwing en het uitvoeren van een praktijkevaluatie (-validatie) van het toepassen van een nieuwe techniek (robotinspectie) bij het inspecteren van ongecoate stalen tanks zonder betreding en het op basis daarvan waar mogelijk voorbereiden van een wijziging van AS 6800 en/of protocol 6811.

In deze praktijkproef zijn de resultaten van visuele inspecties op basis van protocol 6811 bij ongecoate stalen tanks vergeleken met die van robotinspectie (combinatie van Point clouding, Phased array en camera-inspectie). Hieruit bleek dat robotinspectie geen betrouwbaar beeld geeft van de conditie van de tanks, vergeleken met het beeld door visuele inspecties op basis van protocol 6811.

Getoetst werd of bevindingen bij robotinspectie (zonder betreding van tanks) minimaal gelijkwaardig waren aan visuele inspecties uitgevoerd door inspecteurs (met betreding).

Op basis van de vastgestelde criteria in paragraaf 3 van het projectplan en de praktijkproef is het resultaat als volgt:

**Tabel 10: Resultaten praktijkproef: robotinspectie**

	<b>Criterium</b>	<b>Resultaat</b>
1	Reproduceerbaarheid meting putdiepte	Onvoldoende
2	Reproduceerbaarheid meting wanddikte	Onvoldoende
3	Vindbaarheid van corrosieputten	Onvoldoende
4	Bereikbaarheid van corrosieputten	Onvoldoende
5	Nauwkeurigheid van de metingen	Onvoldoende

## 9. Aanbevelingen voor doorontwikkeling van de techniek en uitvoering proces robotinspecties

In hoofdstuk 8 is geconcludeerd dat de robotinspectie op dit moment niet minimaal gelijkwaardig is aan de inspectiemethode zoals nu is beschreven in AS SIKB 6800, protocol 6811 versie 2.0. Wel kan aan de hand van de praktijkproef worden gesteld dat Point clouding en Phased array in combinatie met camera-inspectie veelbelovende technieken zijn die in aanmerking komen om op termijn tankbetreding te vervangen. Dat vereist wel verdere ontwikkeling/aanpassing van deze technieken en verbetering van de betrouwbaarheid van de waarnemingen. Daarna kunnen deze technieken in een nieuwe praktijkproef worden getoetst.

Aanbevolen wordt ten minste de volgende (technische) aanpassingen te overwegen:

- het optimaliseren van de software van de Phased array, zodat er niet meer handmatig dikte en diepte bepaald moeten worden; dit beperkt de onzekerheid en variabiliteit van resultaten;
- bepalen welke lichtbron voor deze uitvoering optimaal is, ook voor het toepassen van 'strijklicht'. Een verrijdbare camera moet hetzelfde beeld kunnen geven als bij een tankbetreding. Ook kan worden gedacht aan 3D-camera met VR-bril-technieken;
- het optimaliseren van de mogelijkheid om gebieden met putcorrosie te kunnen lokaliseren met behulp van Point clouding.

Aanvullend worden de volgende stappen aanbevolen:

- de kalibratieplaat voor het kalibreren van de putdieptemeter en wanddiktemeter officieel laten kalibreren door een geaccrediteerde instelling;
- het aanschaffen of gebruiken van een (afgekeurde) tank om de uitvoering van metingen zoals die van putcorrosie- en wanddikte en de bereikbaarheid daarbij van 'alle' plaatsen nauwkeurigheid langdurig te testen en om ervaring op te doen bij het uitvoeren van inspecties met een robot in een tank;
- het betrekken van één of meerdere inspectie-instellingen bij het testen van en oefenen met de apparatuur;
- het opzetten van een training/opleiding voor de inspecteur om de inspecteur te laten 'wennen' aan het getoonde beeld, het eigen maken en leren interpreteren van de procesinformatie van Phased array.



## 10. Overige aandachtspunten voor het vervolgtraject

Aan de initiatiefnemers wordt de mogelijkheid geboden om de techniek verder te ontwikkelen en daarna een aanvullende praktijkproef te organiseren. Vooralsnog wordt deze rapportage dan ook als tussenrapport gezien. Mochten de initiatiefnemers echter afzien van een nieuwe praktijkproef, dan geldt dit rapport als eindrapportage.

Wanneer uit een volgende praktijkproef blijkt dat de techniek(en) voldoet (voldoen) aan de criteria uit AS SIKB 6800 en protocol 6811 en als zodanig worden geaccepteerd, dan moeten AS SIKB 6800 en protocol 6811 daarop worden aangepast. Daarbij moeten dan ook de opleidings- en kwalificatie-eisen in AS SIKB 6800 tegen het licht worden gehouden, afgestemd op de nieuwe technieken die worden toegestaan. De nu voorgestelde technieken kunnen dan worden beschouwd als een NDO-methode van onderzoek. Het ligt voor de hand dat dit dan ook een opleidingseis wordt voor de inspecteurs. Aanbevolen wordt om hier tijdig in het traject rekening mee te houden.

## 11. Betrokkenen bij de praktijkproef

### Begeleidingscommissie

Naam	Organisatie	Rol
Jordi Verkade	SIKB	voorzitter
Ferdi Ileri	AECOM	initiatiefnemer
Sigo Koning	King's Quality	begeleider, rapporteur
Henk Koster	SIKB	lid
Floris Klink	Reehorst Dordrecht	namens VTI
Bart van Dongen	Ingenieursbureau Klink	inspectie-instelling AS 6800
Leo van Kuijl	Van der Heide Inspectie	inspectie-instelling AS 6800
Marcel Struis	Kiwa Inspectra	inspectie-instelling AS 6800
Johan Ferweda	All Tech Fluids Solutions	namens VTI
Marcus van Zutphen	Shell Global Solutions International B.V.	initiatiefnemer
Anne Boekema	Mokobouw	namens VTI/REIT-commissie

### Assistentie

Hamer B.V., Apeldoorn.

### De robot- en visuele inspecties zijn uitgevoerd door medewerkers van de volgende inspectie-instellingen:

Kiwa Inspecta Nederland B.V., Rijswijk  
 Ingenieursbureau Klink B.V., Dordrecht  
 Van der Heide, Kollum

### Opmerking:

*De inspecteurs die betrokken waren bij de uitvoering van de praktijkproef worden in de rapportage inspecteur 1, 2 en 3 genoemd.*

### Uitleg en opstelling van de gebruikte apparatuur is uitgevoerd door de volgende instellingen en personen:

All Tech Fluids Solutions B.V., Ronald Molhuijsen, Amsterdam  
 Olympus Nederland, Jeroen Beunk, Leiderdorp  
 Olympus Duitsland, Heiko K uchler, Hamburg, Duitsland  
 HUCK TS Tankschutz-Tankservice GmbH, Duitsland



## Bijlage 1. Projectplan

# Projectplan

## Praktijkonderzoek gecombineerde robotinspectie

**Van:** Programmabureau SIKB  
**Aan:** CCvD/AC Bodembescherming  
**Projectnummer:** C271  
**Datum en versie:** 11 januari 2019, versie 1.0

### 1. Inleiding/aanleiding van het project

In april 2017 heeft praktijkonderzoek plaatsgevonden naar het inspecteren van ondergrondse tanks met behulp van een camera (project 'robot-inspectie'). Uit het praktijkonderzoek kwam destijds naar voren dat een robot-inspectie bij ongecoate stalen tanks geen betrouwbaar beeld geeft van de conditie van de tanks. Ook is aangegeven dat het niet is uit te sluiten dat verbetering van de robot en overige techniek in de toekomst wel tot een positief resultaat kan leiden. Mede op basis van ervaringen in het buitenland is er vanuit de markt gevraagd om criteria waaraan de techniek moet voldoen om wel tot een positief resultaat voor robot-inspecties bij ongecoate tanks te komen. Het CCvD heeft op 31 mei 2018 ingestemd met criteria die zijn vastgesteld op basis van de criteria die eerder zijn gebruikt bij het praktijkonderzoek robot-inspecties. Wanneer een marktpartij een techniek heeft ontwikkeld die voldoet aan de criteria dan kan door middel van een praktijkvalidatie worden bepaald of de techniek kan worden toegepast.

Bij SIKB heeft zich een partij gemeld die aangeeft dat ze een techniek heeft ontwikkeld die ten minste voldoet aan de bovengenoemde criteria. Deze partij heeft verzocht om het traject in te mogen gaan om als nieuwe techniek te worden geaccepteerd binnen de scope van AS SIKB 6800.

*Overeenkomstig hoofdstuk 1.5 van AS6800 dient bij een voordracht van een nieuwe techniek tenminste:*

- Een beschouwing te worden gevoegd waaruit blijkt dat de techniek doet wat men claimt dat het doet. Die beschouwing moet door een onafhankelijke partij zijn opgesteld of voorzien zijn van een second opinion die door een onafhankelijke partij is opgesteld.
- Validatie: proefondervindelijke vaststelling dat de techniek voldoet (een of meer praktijktesten) waarmee wordt aangetoond dat er vergelijkbare resultaten worden behaald.

Door het AC Bodembescherming is op 11 oktober 2018 besloten om de voordracht te accepteren en over te gaan tot het samenstellen van een begeleidingscommissie die de voordracht en praktijkvalidatie moet begeleiden en beoordelen. Het project heeft als naam 'gecombineerde robotinspectie' gekregen. In onderliggend projectplan is invulling gegeven aan dit besluit.

### 2. Doel van de project

Het doel van het project is het beoordelen van de beschouwing en het uitvoeren van een praktijk-evaluatie (-en validatie) van het toepassen van de nieuwe techniek bij het inspecteren van ongecoate stalen tanks zonder betreding en het op basis daarvan waar mogelijk voorbereiden van een wijziging van AS 6811.

Het project bestaat op hoofdlijnen uit:

- Beoordelen beschouwing: het beoordelen van de voorgestelde techniek door middel van een presentatie en discussieronde met de initiatiefnemers.
- Uitvoeren praktijkonderzoek: het vergelijken van prestaties bij gebruik van de conventionele methode en de nieuwe methode.

- Aanpassen van protocol 6811 (en waar nodig AS 6800) op een wijze die voldoet aan de eisen van ISO 17020 en wettelijke eisen (Activiteitenbesluit en Besluit Bodemkwaliteit)
- Uitvoeren validatie-onderzoek (conform eisen T-33): komen inspectie-instellingen bij het gebruik van de voorgestelde nieuwe tekst tot een eenduidige conclusie.
- Communicatie: het informeren van inspectie-instellingen en anderen over de nieuwe tekst van AS 6811.

### 3. Vastgestelde criteria

Zoals vermeld heeft het CCvD op 31 mei 2018 ingestemd met criteria die zijn vastgesteld op basis van de criteria die eerder zijn gebruikt bij het praktijkonderzoek robot-inspecties. Het uitgangspunt van de kwaliteit van een robot-inspectie zonder tankbetreding is dat deze minimaal even betrouwbaar is als een inspectie met tankbetreding. In het project Robot inspecties zijn hiertoe vijf criteria vastgesteld:

- 1 Reproduceerbaarheid<sup>1</sup> meting putdiepte
- 2 Reproduceerbaarheid<sup>1</sup> meting wanddikte
- 3 Vindbaarheid van corrosieputten<sup>2</sup>
- 4 Bereikbaarheid van corrosieputten

Aanvullend is door de begeleidingscommissie een extra criterium toegevoegd:

- 5 Reproduceerbaarheid<sup>1</sup> meting lasnaden

Om invulling te geven aan bovengenoemde criteria zijn de volgende randvoorwaarden bepaald.

Putdieptemeter: de putdieptemeter moet een minimaal meetbereik hebben van 0-5 mm en dient een absolute nauwkeurigheid te hebben van 0,1 mm.

Wanddiktemeter: de wanddiktemeter moet ultrasoon zijn en justeerbaar zijn met behulp van een gekalibreerd stappenplaatje. Het bereik van de meter moet minimaal 0-25 mm zijn met een absolute nauwkeurigheid van 0,1 mm.

Kalibratieplaat: de kalibratieplaat voor putdieptemeter en wanddiktemeter moet zijn gekalibreerd door een geaccrediteerde instelling.

Randinkarteling: het moet mogelijk zijn dat de diepte van de randinkarteling bij de lasranden gemeten kan worden. Beeldweergave: het beeld van de camera moet betrouwbaar en reproduceerbaar zijn. Daartoe moet de kwaliteit van het beeld dusdanig zijn dat op basis hiervan eventuele gebreken te zien kunnen zijn en moeten eerder aangetroffen gebreken terug te vinden zijn.

Besturing: de besturing van de camera moet dusdanig zijn dat te allen tijde duidelijk is waar deze zich in de tank bevindt. Ook moet de camera dusdanig bestuurd kunnen worden dat deze naar de gewenste locaties in de tank kan worden geleid.

### 4. Onderzoeksvragen

Bij het project moet antwoord gegeven worden op ten minste de volgende vragen:

- a. Voldoet de nieuwe techniek aan de vijf afzonderlijke criteria zoals genoemd in hoofdstuk 3?
- b. Welke reinheid van de tankwand is nodig voor een gecombineerde robot-inspectie? Wat zijn de eisen aan het reinigen van de tanks bij deze werkwijze?
- c. Kunnen de inspecteurs, gebruikmakend van de middelen een oordeel geven van de tank ('goed of afkeur') conform protocol AS 6811?

---

<sup>1</sup> Onder reproduceerbaar is door de begeleidingscommissie bepaald dat in dit project een percentage van 95% of meer als reproduceerbaar wordt beschouwd.

<sup>2</sup> Door de begeleidingscommissie is benadrukt dat de diepste put in het segment gevonden en bepaald moet worden.

- Zuurstof/explosie/toxiciteitmeter: meetinstrument om de concentratie zuurstof, toxische stof(fen) en explosieve gassen te bepalen. Dit kunnen ook separate meters zijn. De uit te voeren metingen dienen gebaseerd te zijn op de producten welke in de tank waren opgeslagen. Onderhoud en keuring moet geschieden overeenkomstig de specificatie van de leverancier.
- Camera: de minimale eisen die bij een inspectie benodigd zijn:  
Minimale lichtsterkte op het te inspecteren oppervlak: 200 Lux  
Hiervoor benodigde lichtbron: 5000 K led licht met 1200 Lumen lichtstroom (dimbaar).  
Lichtgevoeligheid van de lens: 1.5 Lux bij 1/60<sup>e</sup> sec.  
Luminantie contrast: -10dB – 20 dB  
Beeld resolutie: minimaal 460 HTV Lines PAL

Gebruik van een 2<sup>e</sup> robot met camera voor het duidelijk vaststellen van de plaats en overzicht in de tank van de 1<sup>e</sup> robot waarbij tevens de conditie van de peilleiding in de tank geïnspecteerd kan worden.

## 6. Beschrijving van het project

### *Achtergrondinformatie en beschikbaarheid van tanks*

*Er is ervaring met 'camera inspectie' op gecoate tanks. Tevens is er eerder onderzoek gedaan met een robot bij ongecoate tanks. De kennis en ervaring van het gebruik van de camera's en de mechanische middelen kan meegenomen worden. Op basis van de ervaringen uit het voorgaande project zijn de criteria opgesteld zoals genoemd onder punt 3.*

*De initiatiefnemer draagt zorg voor het beschikbaar stellen van tenminste 3 representatieve tanks (voldoende groot qua volume en aanwezigheid van (put)corrosie) en een locatie waar het onderzoek kan plaatsvinden. De tanks die in aanmerking komen, zijn al gereinigd (conform BRL K905) maar een extra aanvullende reinigingsslag zal moeten plaatsvinden. De inspecteur en de initiatiefnemer zal aangeven of de tank tot de juiste reinheidsgraad gereinigd is en of de tank voor inspectie gereed is.*

Het project wordt gefaseerd uitgevoerd.

### Stap 1: uitvoeren praktijkonderzoek

Het doel van het praktijkonderzoek is het vergelijken van prestaties bij gebruik van de conventionele methode en de nieuwe methode en het trekken van een conclusie: kan deze methode verwerkt worden in AS 6811?

Stap 1 omvat:

- Inventarisatie beschikbare gegevens
- Evaluatie van de beschikbare gegevens, het beoordelen van de voorgestelde techniek door middel van een presentatie en discussieronde met de initiatiefnemers.
- Uitvoeren praktijkonderzoek, bestaande uit drie uitvoeringen van inwendige inspectie met behulp van een robot op een ongecoat oppervlak en na de uitvoering het resultaat van deze inspectie te verifiëren, in de tank, aan de hand van een visuele en handmatige controle van (eventueel) geconstateerde onregelmatigheden, zoals wanddiktemeting, putcorrosie en oppervlaktecorrosie. Deze inspectie wordt, indien mogelijk, op tanks uitgevoerd waar in het verleden al enige onregelmatigheden zijn vastgesteld.

### *De inspecteurs*

*De proef wordt uitgevoerd door 3 gekwalificeerde Protocol AS 6811-inspecteurs van 3 verschillende inspectie-instellingen. Een inspecteur van elk bedrijf doet een inspectie met behulp van de robot en camera (zonder betreding). Beoordeelt het oppervlak en de bevindingen worden vastgelegd.*

*De robot inspectie (zonder betreding) wordt door de inspecteur uitgevoerd. Daarna vindt een visuele inspectie (met betreding), met de begeleider van het project voor de bevestiging van het resultaat van de robot inspectie. Het gaat niet om de beoordeling van de inspecteur maar om een bevestiging van het resultaat van de robot inspectie waarbij benadrukt wordt dat opleiding/training van de inspecteurs een belangrijk nevenaspect is.*

- d. Moet, gebaseerd op het resultaat van het uitgevoerde project 'gecombineerde robot inspectie', het Protocol AS 6811 aangepast worden om inspecties met behulp van deze techniek bij ongecoate tanks (zonder betreding) mogelijk te maken?

Deze vragen worden beantwoord door het uitvoeren van inwendige inspecties met behulp van mechanische middelen zoals putdieptemeter, ultrasone wanddiktemeter en lichtbron die bevestigd zijn op een robot. Bezien wordt of het resultaat van deze inwendige inspectie hetzelfde resultaat geeft en overeenkomt met een visuele inspectie wanneer de inspecteur de tank inwendig heeft geïnspecteerd.

Uitgangspunt is dat een volledige inwendige tankinspectie volgens Protocol AS 6811 wordt uitgevoerd. Hierbij wordt opgemerkt dat de werkwijze van inspectie voor afschot, peilleidingconditie en vervorming tanklichaam wordt uitgevoerd volgens de beschrijving van het protocol 6811 versie 2.0 en dat de uitvoering van inspectie, oppervlaktecorrosie, putcorrosie en wanddiktemeting volgens de beschrijving in dit projectplan plaatsvindt, waarbij tevens kwalitatieve waarden aangegeven worden.

Aspecten die van belang zijn bij de uitvoering van de 'gecombineerde robot inspectie' zijn: lichtbron, uitvoering putdieptemeter, ultrasone taster, opname apparatuur en mechanische besturing van de wagen. Daarnaast zal de reiniging van het oppervlak een belangrijke rol spelen alsmede de kennis en ervaring van zowel de operator als de inspecteur.

## 5. Voorgestelde nieuwe inspectietechniek

De volgende combinatie van technieken wordt beoordeeld:

- Point clouding Laser Scanner
  - *Laserscanner betreft een krachtige high-speed 3D scanner*
- Phased Array Solution
  - *Scherm met sensor gekoppeld aan tri-pod (magnetische robot)*



De robot bestaat uit een lichaam met voortbeweging en diverse hulpmiddelen. De middelen die gebruikt worden zijn:

- Ultrasone wanddiktemeter: de wanddiktemeter moet ultrasoon zijn en justeerbaar zijn met behulp van een gekalibreerd stappenplaatje. Het bereik van de meter moet minimaal 0 – 25mm zijn met een absolute nauwkeurigheid van 0,1 mm.
- Explosie vrije lamp ( $\leq 50$  V).

#### *De operator*

*De inspecteur wordt geassisteerd door een operator die de robot bedient. De operator heeft geen bemoeienis met de inhoudelijke aspecten van de inspectie.*

#### *De tanks*

*Er worden 3 afgekeurde en ongecoate tanks beoordeeld die van voldoende volume moeten zijn en waarin (put)corrosie aanwezig is. De tank zijn gereinigd conform BRL K905 en worden aanvullend onder hoge druk gereinigd. De inspecteur geeft aan of het oppervlak voldoende gereinigd is voor inspectie met robot + camera (zonder betreding).*

#### *De robot-inspectie (zonder betreding)*

*De putdieptemeter en de ultrasoon apparatuur worden door de operator en inspecteur gekalibreerd. Daarna worden door de operator de robot, lichtbron en camera in de tank gebracht. De inspecteur beoordeelt of met de uitvoering van de inspectie verder gegaan kan worden. De tank wordt inwendig geïnspecteerd en aantekeningen worden gemaakt door de inspecteur van plaatsen van oppervlaktecorrosie, putdiepte/putcorrosie, resultaat wanddiktemeting, afschot, vervorming tanklichaam en peilleidingconditie. Tevens geeft hij aan of hij voldoende mogelijkheden heeft om positie te bepalen en de wand te bekijken om de wand op alle relevante plaatsen en met voldoende zicht te inspecteren. In één tank worden vijf plaatsen (één in een vlak, twee bij een lasnaad en één bij een hoekrand) gemarkeerd waar putcorrosie is vastgesteld. Deze vijf plaatsen worden door de inspecteur met behulp van de putdieptemeter op de robot afzonderlijk gemeten. Een vergelijk van het resultaat van de putdieptemeter op de robot en de handmatige meting bij de visuele inspectie kan dan vastgesteld worden.*

#### *De visuele inspectie (met betreding)*

*Wanneer de inspecteur aangeeft dat tank met de robot + camera volledig geïnspecteerd is, gaan de inspecteur en begeleider van het project de tank visueel inwendig controleren. Aantekeningen worden gemaakt van de hoedanigheid van het oppervlak van de tank zoals vaststellen van putcorrosie en diepte, oppervlakte corrosie, wanddiktemeting, afschot, peilleidingconditie, vervorming tanklichaam.*

#### *Vergelijk van resultaten*

*Wanneer de visuele inspectie uitgevoerd is, worden de resultaten van robot inspectie en visuele inspectie in overleg tussen de inspecteur en de begeleider vergeleken en nagegaan wordt of de waarnemingen van robot inspectie (zonder betreding) en visuele inspectie (met betreding) met elkaar overeenkomen.*

*Na elke inspectie wordt het resultaat van de robot inspectie en visuele inspectie besproken met de inspecteur en begeleider en vastgelegd op het inspectieformulier en ondertekend.*

*De camera opname wordt digitaal opgeslagen zodat de opname door de 3 inspecteurs later bekeken kan worden.*

#### *Vervolg*

*Vervolgens worden de twee andere tanks geïnspecteerd zoals hierboven beschreven. - Wanneer de eerste inspecteur het inspectieproces van de drie tanks volledig heeft uitgevoerd wordt dit herhaald door de inspecteur van de twee andere bedrijven.*

*Opmerking 1: de uitvoering van inspectie van de drie tanks neemt circa drie dagen in beslag.*

*Opmerking 2: Veiligheidseisen zijn gebruik van PBM's, uitvoering van gasmeting, onafhankelijke adembescherming, manwacht en gebruik van hoogwerker.*

- Opstellen van rapportages en conclusies en deze voorleggen aan de begeleidingscommissie. Vaststellen of het resultaat van deze methode van inspectie voldoende basis vormt voor het valideren van deze werkwijze of dat nog aanvullend onderzoek moet plaats vinden.

*Het resultaat van de vergelijking tussen de gecombineerde robot inspectie en visuele inspectie zal aan moeten geven of de gecombineerde robot inspectie het resultaat geeft*



*voor een juiste beslissing van 'goed of afkeur'. Is het mogelijk om met de robot inspectie een juiste voorstelling te geven van de hoedanigheid van de tank?*

*Na elke inspectie wordt met de inspecteur, afzonderlijk, het resultaat van robot inspectie en visuele inspectie besproken. Aantekeningen tijdens de robot inspectie en visuele inspectie worden gemaakt door zowel de inspecteur als door de begeleider van het project.*

*De resultaten van de uitvoering van de robot inspectie, zoals putcorrosie en dieptemeting, oppervlaktecorrosie, wanddiktemeting en eindconclusie worden vastgelegd. Bij de visuele inspectie worden de resultaten ook vastgelegd. Eventueel worden foto's gemaakt.*

*Een vergelijking kan nu uitgevoerd worden op het resultaat van de robot inspectie (zonder betreding) en visuele inspectie (met betreding). Deze resultaten zouden met elkaar moeten overeenkomen om een oordeel te vormen over de betrouwbaarheid van de robot inspectie. Het eindoordeel van elke inspectie wordt dan ook besproken door de inspecteur en begeleider zodat er later geen discussie kan ontstaan.*

*Na uitvoering van de inspecties van de 3 tanks wordt het resultaat opgesteld door de begeleider van het project. De aspecten waarop vergeleken wordt, worden in de rapportage beschreven. Daarbij horen in ieder geval:*

- Juistheid van het inspectie-resultaat: vindt de inspecteur bij beide inspectie-methoden (zonder betreding en met betreding) voldoende afwijkingen? De nadruk ligt hierbij op het vinden van putcorrosie*
- Tolerantie in meetgegevens, met name diepte: stelt de inspecteur bij beide inspectiemethoden een juiste diepte vast? Het vaststellen van de tolerantie in meetgegevens zal niet eenvoudig zijn.*

Op basis van deze resultaten evalueert de begeleidingscommissie of de methode verwerkt kan worden in AS 6811 / 6800. Het resultaat wordt in de vorm van een rapportage met conclusie voorgelegd aan het CCvD / AC Bodembescherming (tegelijk met het resultaat van stap 2)

#### Stap 2: aanpassen protocol AS 6811

Deze stap betreft het aanpassen van protocol 6811 (en waar nodig AS 6800) op een wijze die voldoet aan de eisen van ISO 17020 en wettelijke eisen (Activiteitenbesluit en Besluit Bodemkwaliteit).

Stap 2 omvat:

- Formuleren criteria voor goedkeur en afkeur
- Formuleren van eisen aan kritische apparatuur (T-18)
- Formuleren eisen aan kennis en ervaring inspecteurs
- Uitwerken aangepaste tekst AS 6811 (en waar nodig AS 6800)

Het resultaat wordt in de vorm van een concept-ontwerp tot aanpassing voorgelegd aan het CCvD / AC Bodembescherming (tegelijk met het resultaat van stap 1).

#### Stap 3: besluitvorming en validatie

Tijdens deze stap wordt het resultaat van het werk van de begeleidingscommissie voorgelegd aan anderen. Is het duidelijk, compleet, juist? Daarna worden de aanpassingen van AS 6811 definitief gemaakt.

Stap 3 omvat:

- De notitie en concept-aanpassing van AS 6811 (evt AS 6800) wordt besproken door het CCvD / AC Bodembescherming; gemaakte opmerkingen worden verwerkt
- De nieuwe versies worden als ontwerp-aanpassing ter inzage gelegd; belanghebbenden worden geïnformeerd over de mogelijkheid om reacties in te dienen
- De ontwerp-documenten worden tevens benut voor de validatie. Tijdens de validatie testen de inspectie-instellingen of zij bij het gebruik van de voorgestelde nieuwe tekst tot een eenduidige conclusie komen. Dit gebeurt aan de hand van een aantal praktijktesten en het opmaken van een rapportage alsof de voorgestelde tekst geldend zou zijn

*Kennis van kwaliteit in bodembeheer*

- De ingekomen reacties en de resultaten van de validatie worden besproken in de begeleidingscommissie. Op basis hiervan wordt het eindconcept vastgesteld.
- Het CCvD / AC Bodembescherming besluit nav de resultaten van de begeleidingscommissie. Het SIKB wordt gevraagd de besluiten van het CCvD / AC Bodembescherming te bekrachtigen.

#### Stap 4: Beoordeling RvA

In deze stap wordt het voorstel tot aanpassing beoordeeld door de RvA. De gebruikte documenten zijn ISO17020, T-33 en T-18.

Stap 4 omvat:

- Resultaat van de stappen 1-3 voorleggen aan RvA
- Eventueel: verwerken opmerkingen / aanvullende besluitvorming door CCvD / AC Bodembescherming
- Definitieve versie voorleggen aan ministerie van I&W tbv opnemen in bijlage C van de Regeling bodemkwaliteit
- Communicatie naar inspectie-instellingen en andere partijen (opdrachtgevers, VTI, VNPI, milieu-inspecteurs) mbt de definitieve tekst en invoering

#### Stap 5: invoering

In deze stap voeren de inspectie-instellingen de nieuwe versie van AS 6811 in.

## 7. Planning

Het streven is bovenstaande werkzaamheden af te ronden in 2019, met als startpunt 15 oktober 2018.

Stap	Activiteit	Actor	Planning
0	Opstellen projectplan; afstemmingsoverleg; opdracht aan rapporteur;	SIKB-bureau	Oktober-November 2018
	Samenstellen begeleidingscommissie;	SIKB-bureau	Oktober-November 2018
1	Uitvoeren praktijkonderzoek	Begeleidingscommissie	Januari 2019
2	Aanpassen AS 6811	Begeleidingscommissie	Januari/februari 2019
3	Besluitvorming nav praktijk-onderzoek en voorstel aanpassing AS 6811	CCvD / AC Bodembescherming	15 februari 2019
	Validatie	Inspectie-instellingen	Februari-maart 2019
	Resultaten validatie bespreken. Vaststellen definitieve versie	Begeleidingscommissie	April 2019
4	Beoordeling RvA/proces I&W	RvA/I&W	April – oktober 2019
	Eventueel: aanvullende besluitvorming	CCvD / AC Bodembescherming	Oktober 2019
	Publiceren definitieve versies / communicatie naar diverse partijen	SIKB-bureau	10 oktober 2019
	Vermelding in bijlage C van de Rbk	Ministerie I&M	1 januari 2020
5	Start invoeren definitieve versies	Inspectie-instellingen	1 januari 2020

## 8. Begeleiding, besluitvorming en uitvoering

### **Begeleiding**

Er is een begeleidingscommissie gevormd waarin de volgende personen zitting hebben:

*Kennis van kwaliteit in bodembeheer*

- Bart van Dongen (Ingenieursbureau Klink, Inspectie-instellingen AS 6800)
- Leo van Kuijl (Van der Heide, Inspectie-instellingen AS 6800)
- Marcel Struis (Kiwa, Inspectie-instellingen AS 6800)
- Floris Klink (Reehorst, installatiebedrijven)
- Anne Boekema (Mokobouw, namens VTI/REIT commissie)
- Johan Ferwerda (AllTechFluids, namens VTI)
- Marcus van Zutphen (Shell, initiatiefnemer)
- Ferdi Ileri (Aecom, initiatiefnemer)
- Sigo Koning (rapporteur)
- Jordi Verkade (Programmasecretaris bodembescherming en Tankinstallaties SIKB)
- Henk Koster (Directeur SIKB)

De begeleidingscommissie adviseert over de inhoudelijke kwaliteit van het werk. De status is een advies aan het CCvD / AC Bodembescherming.

### ***Besluitvorming***

De concept-documenten worden aangeboden aan het CCvD / AC Bodembescherming met verzoek deze vast te stellen als definitieve versie. Het SIKB-bestuur bekrachtigt de besluiten van het CCvD / AC Bodembescherming (marginale toets aan de procedurele eisen).

### ***Projectleiding en uitvoering***

Het SIKB-programmabureau treedt op als projectleider en opdrachtgever. Een deskundige wordt aangetrokken als rapporteur / opsteller van de gevraagde documenten en verzorgt verslaglegging van vergaderingen van de begeleidingscommissie.

## **9. Financiering**

De kosten van de rapporteur worden gedragen door SIKB. Kosten van de praktijkproef worden door initiatiefnemer gedragen.

## **Bijlage 2. Camera-inspectie van niet 100% inwendig gecoate tanks, AECOM**

# *Camera-inspectie niet 100% inwendig gecoate tanks*

Ferdi Ileri  
Operations Manager  
AECOM

## Hoog risico's voorkomen binnen industrie

- Elimineren van hoog risico werkzaamheden met behoud van de juiste resultaten.
- Betreden van besloten ruimte = hoog risico
- Gebruik maken van best beschikbare technieken



# HUIDIGE INSPECTIE METHODIEK AS6811

## 3.3.7.2 Toepassingsgebied (AS6811)

- De huidige scope van de camera inspectiemethode beperkt zich tot tanks met 100% inwendige coating.
- Deze camera-inspectie vervangt de visuele beoordeling zoals beschreven in de paragrafen:
  - 3.3.2 Uitvoering vaststellen afschot tankbodem
  - 3.3.3 Uitvoering vaststellen peilleidingconditie
  - 3.3.4 Uitvoering vaststellen vervorming van het tanklichaam
- Voor niet 100% gecoate tanks is er momenteel geen intrinsieke veiligere methoden toegelaten. Nieuwe technologie zal tevens meerwaarde bieden aan;
  - Grondigheid analyse tank
  - Reproduceerbaarder van de data

# Criteria voor camera-inspectie bij niet-gecoate tanks

- Het CCvD wordt gevraagd om deze criteria vast te stellen op basis van de criteria die eerder zijn gebruikt bij het praktijkonderzoek robot-inspecties. Wanneer een marktpartij een techniek heeft ontwikkeld die voldoet aan de criteria dan kan door middel van een praktijkvalidatie worden bepaald of de techniek kan worden toegepast.
- In het project Robot inspecties zijn hiertoe 4 criteria vastgesteld:
  - Reproduceerbaarheid meting putdiepte
  - Reproduceerbaarheid meting wanddikte
  - Vindbaarheid van corrosieputten
  - Bereikbaarheid van corrosieputten





## AS6800 1.5 Nieuwe technieken

– De volgende technieken zijn beschikbaar die in combinatie voldoen aan de gestelde criteria.

- **Point clouding Laser Scanner**

- *Laserscanner is een krachtige high-speed 3D scanner*

- **Phased Array Solution**

- *Scherm met sensor gekoppeld aan tri-pod (magnetische robot)*



# Praktijkonderzoek conform AS6811 criteria

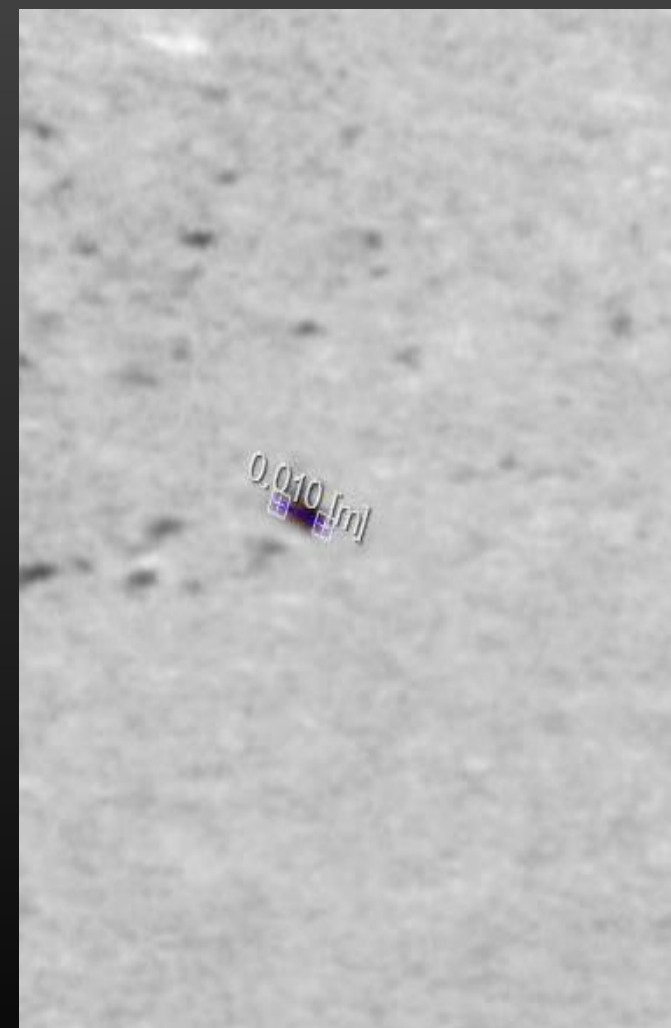
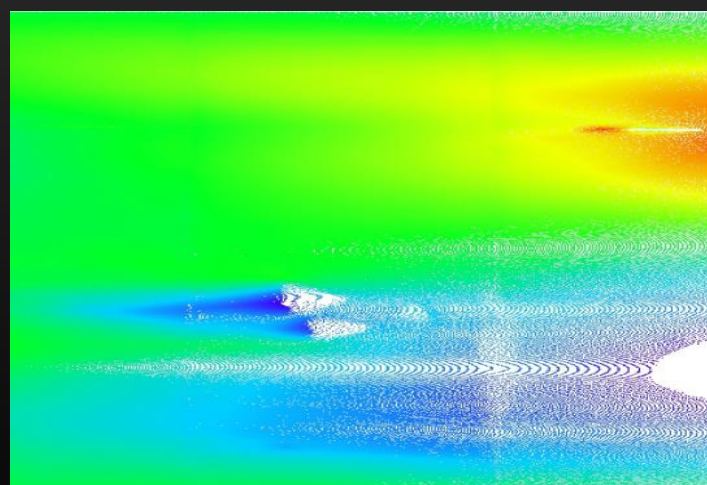
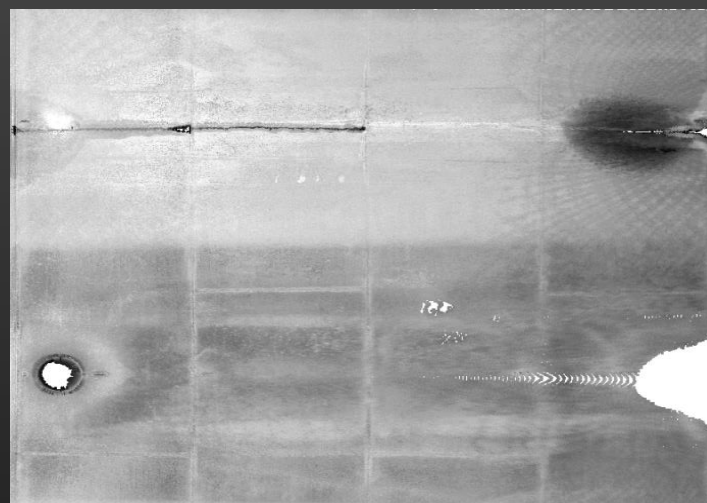
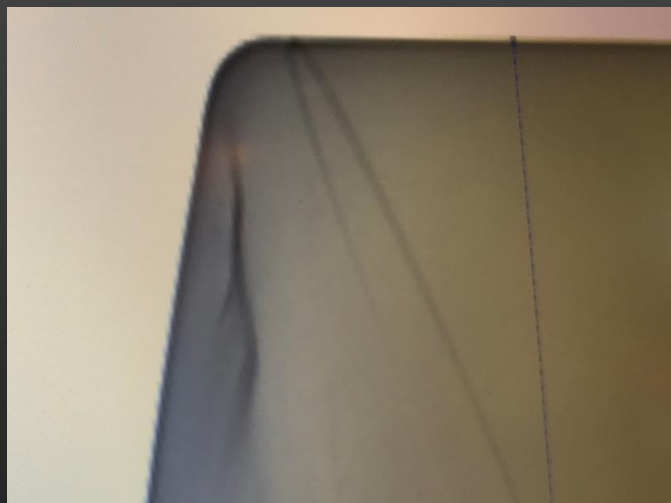
- In Duitsland worden de scanners gebruikt voor de productievoorbereiding van de tank-liner.
- In Nederland is op 1 oktober deze combinatie als Pilot toegepast op een verwijderde tank. De inspectie criteria zoals benoemd in de AS6811 is hiervoor als basis gebruikt



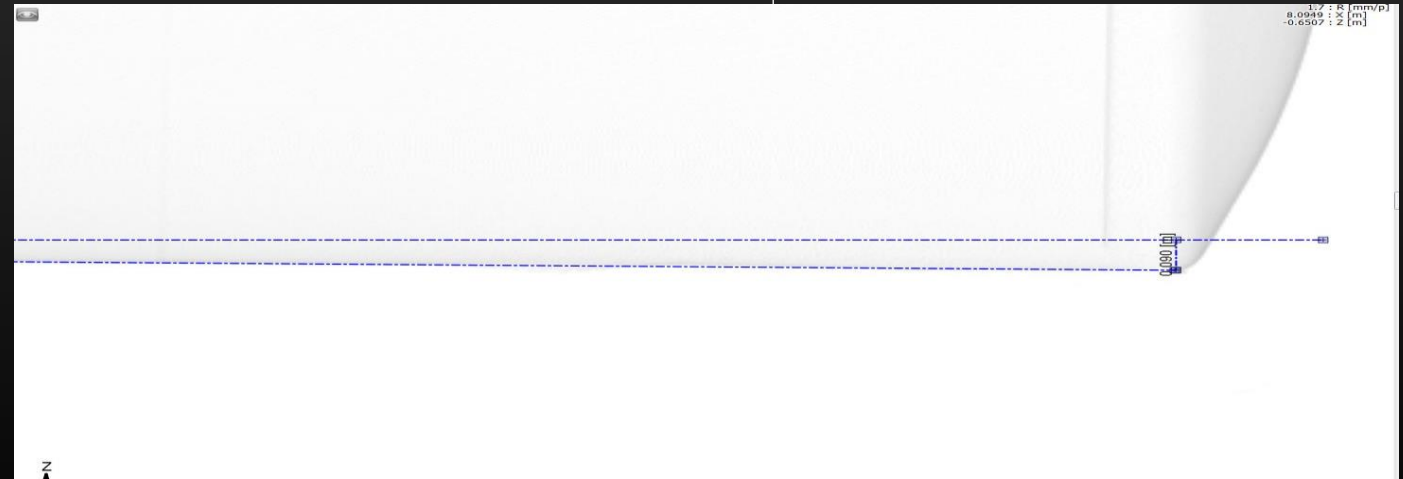
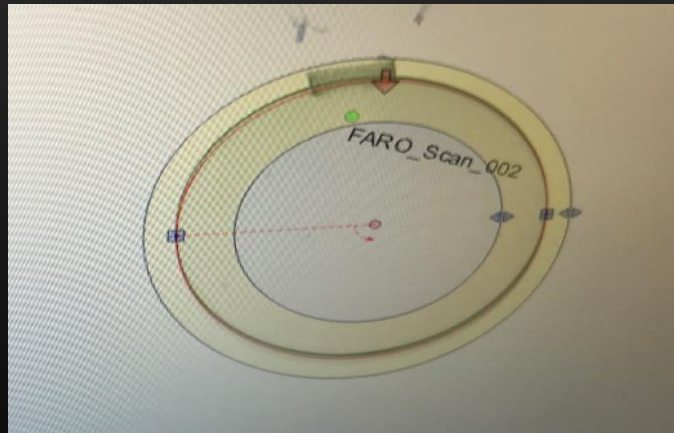
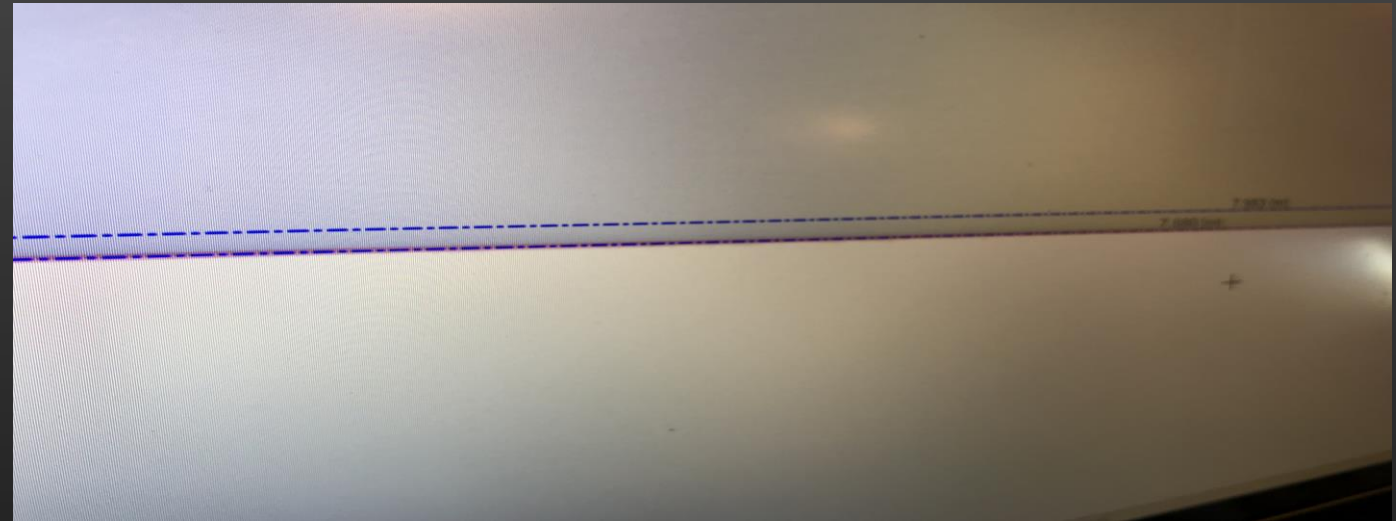
E3: INWENDIGE INSPECTIE	
TANKGEGEVENS	[mm : millimeters] [x : van toepassing]
Tankdiameter (mm).	2200
Lengte tank (mm).	8370
Aantal mangaten.	2
Diameter mangaten (mm).	500
Berekende nominale minimale wanddikte van de romp in mm.	7
Tankconstructie volgens NEN 3350 1e druk.	X
Berekende nominale minimale wanddikte van de bodem in mm.	7

MEETWAARDEN WANDDIKTE, PUTCORROSIE EN OPPERVLAKTECORROSIE	Bodem (ontl.-zijde)	Segment 1	Segment 2	Segment 3	Segment 4	Segment 5	Segment 6	Bodem (peil-zijde)
Wanddikte (mm)	7,0	7,1	7,1	7,1	7,1			7,0
Putcorrosie (mm)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0			0,0
Oppervlaktecorrosie (mm)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0			
Afschot	+	+	+	+	+			+
<b>Toelichting</b>								
x Wanddikte niet gemeten i.v.m. inwendige coating.								
xx Er is geen putcorrosie waargenomen.								
xxx De resterende wanddikte van de tank is, ten gevolge van corrosie, onvoldoende.								
[mm : millimeters] [x : van toepassing] [+ : in orde] [- : niet in orde] [nvt : niet van toepassing]								

# Stap 2- Resultaat Pointclouding



# Stap 2- Resultaat Pointclouding



# Stap 2- Phased Array Solution

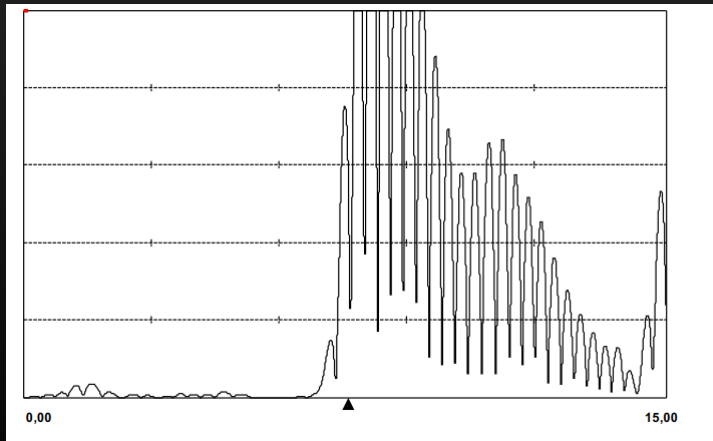


## Prüfumfang und Ergebnis

Prüfbar     JA     NEIN     Eingeschränkt

Anzahl der Messungen (in mm): Handmessung Sollwert:7    Istwert:7,4 / 7,5

1	7,50	8	7,63
2	7,44	9	7,72
3	7,57	10	7,50
4	7,83	11	7,62
5	7,91	12	7,50
6	7,74	13	7,47
7	7,60	14	7,80



# Criteria voor camera-inspectie bij niet-gecoate tanks

- Door de nauwkeurigheid van 0,01 mm is de phased array solution geschikt voor het meten van zowel de putdiepte als wanddikte
- De phased array wordt op dezelfde wijze gekalibreerd als benoemd in de AS6811
- Randinkarteling bij de lasnaden worden op dezelfde wijze gemeten als de rest van de tank middels de Phased array
- Beeldweergave is dmv de technieken van de pointclouding beter betrouwbaar en reproduceerbaar.
- De Phased array is gekoppeld aan de tri-pod robot die de tanks middels zijn magneet alle plekken in de tank kan bereiken.

# Aanvullende achtergrond informatie



FINAL\_235803\_Veo\_\_Brochure\_Issue3\_Apri2018\_V6\_sep\_pages\_1.pdf



NEU-MUSTER-PROTOKOLL-WDM.pdf



04ref201-420-en-faro-laser-scanner-focus3d-x-130-tech-sheet.pdf



HEERENVEENPROBE.pdf



Unfold\_1.pdf



Questions and Answers

# Q&A





**AECOM**

Imagine it.  
Delivered.

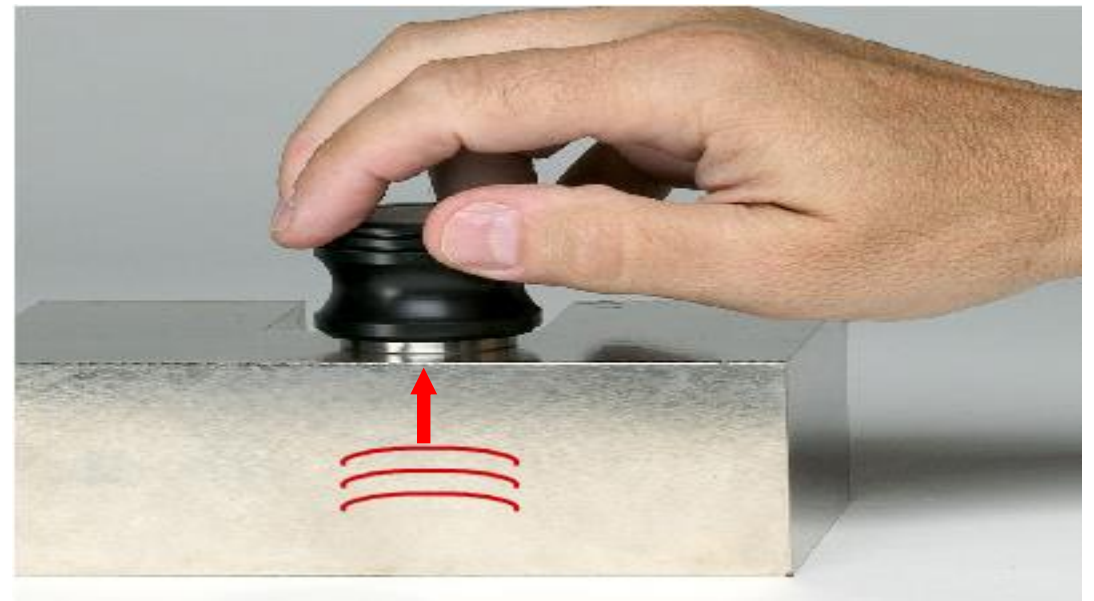
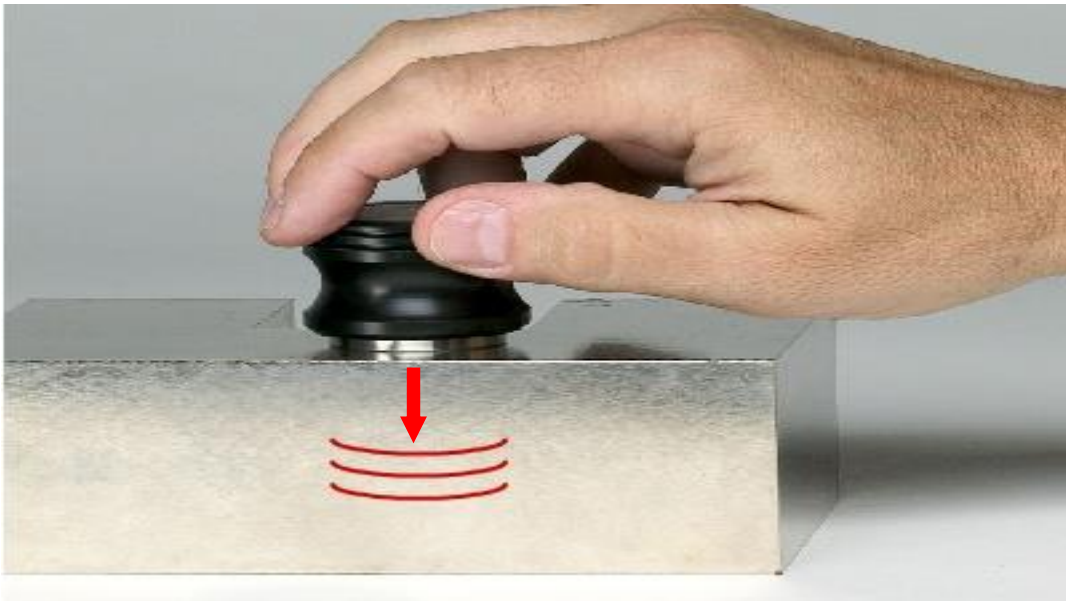
## Bijlage 3. Pitting tank floor inspection, Olympus Nederland

# Pitting tank floor inspection

Met de Rollerform and Omniscan

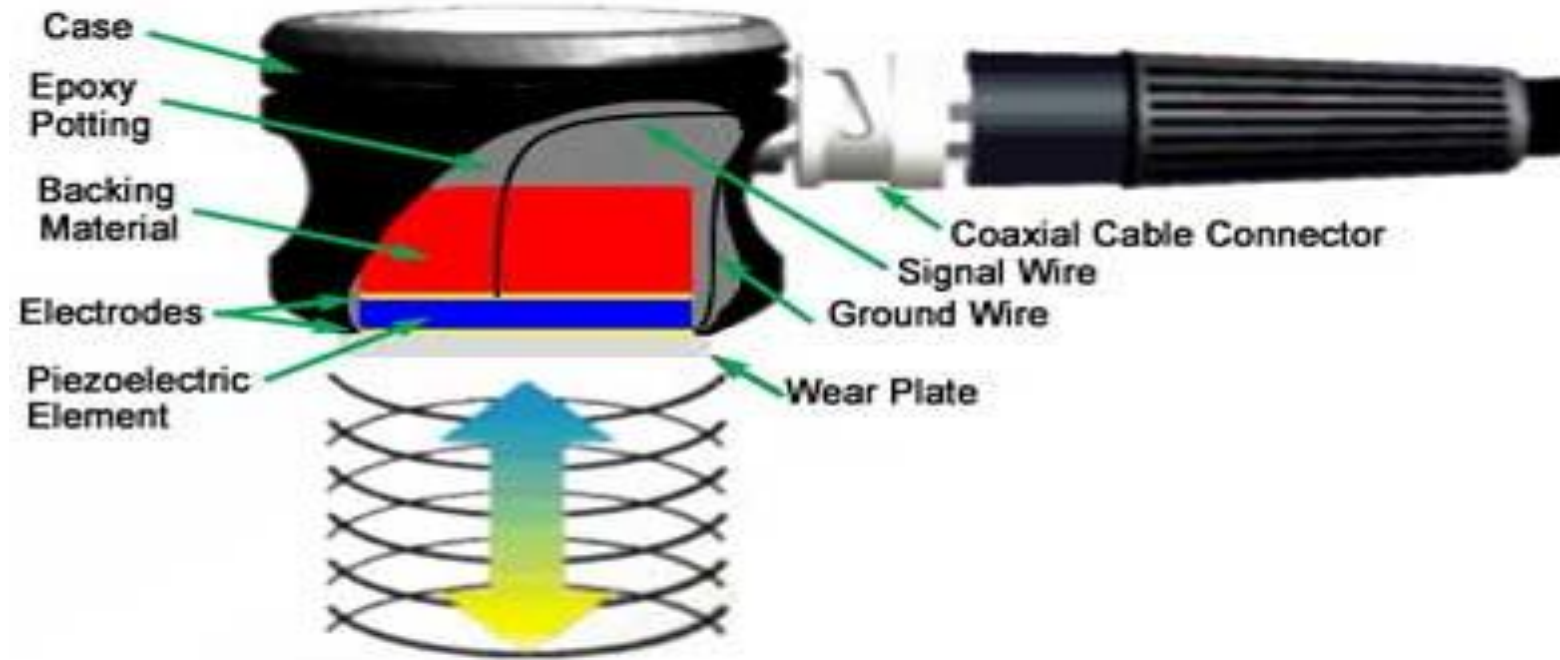
# Conventional UT Basic Theory

- Sound waves are simply organized mechanical vibrations traveling through a medium. These waves will travel through a given medium at a specific speed or velocity, in a predictable direction, and when they encounter a boundary with a different medium they will be reflected or transmitted according to simple rules.



# Conventional UT Probe Configuration

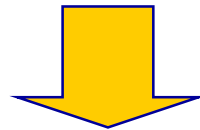
- With a conventional UT probe, a single piezoelectric element converts an electrical signal into a mechanical vibration.



Source: NDT Resource Center  
([www.ndt-ed.org](http://www.ndt-ed.org))

# Phased Array Probe Configuration

- It is like having many small conventional UT probes integrated inside a single probe.



128 elements !

# Phased Array Probe Configuration

- Essentially, a phased-array probe is a long conventional probe



cut into many small elements, which are individually excited.



# Phased Array Probe Configuration

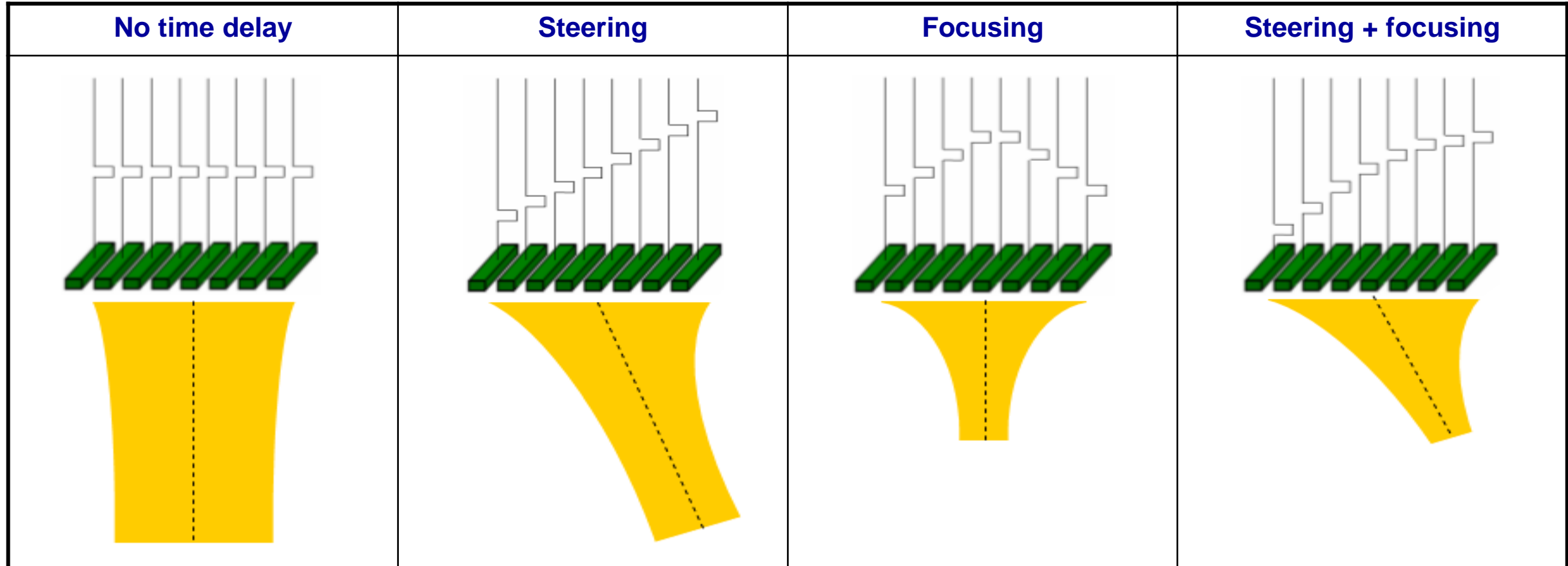
- PA probes are based on composite technology.
- The signal-to-noise ratio obtained from composite transducers is typically 10 to 30 dB greater compared with piezoceramic probes.
- A metallic layer is deposited on the piezocomposite.
- This metallic layer conforms to the element pattern and provides electrical contacts for each element.





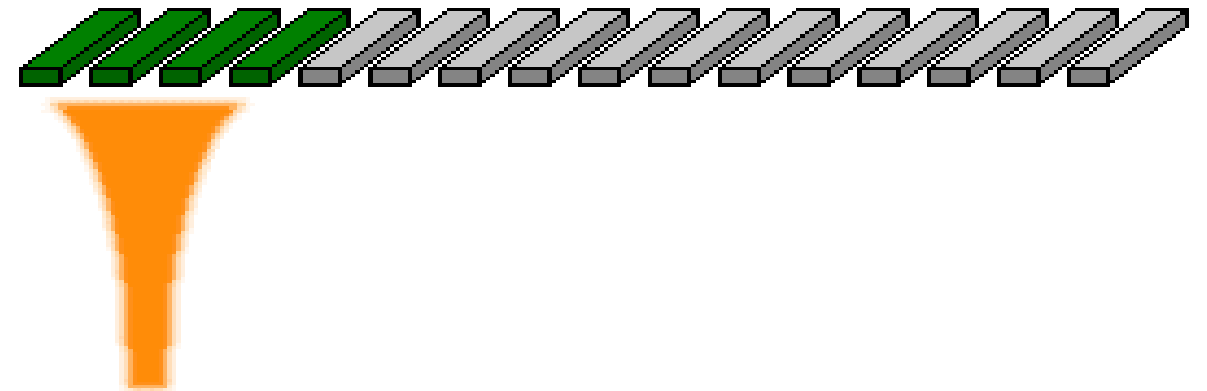
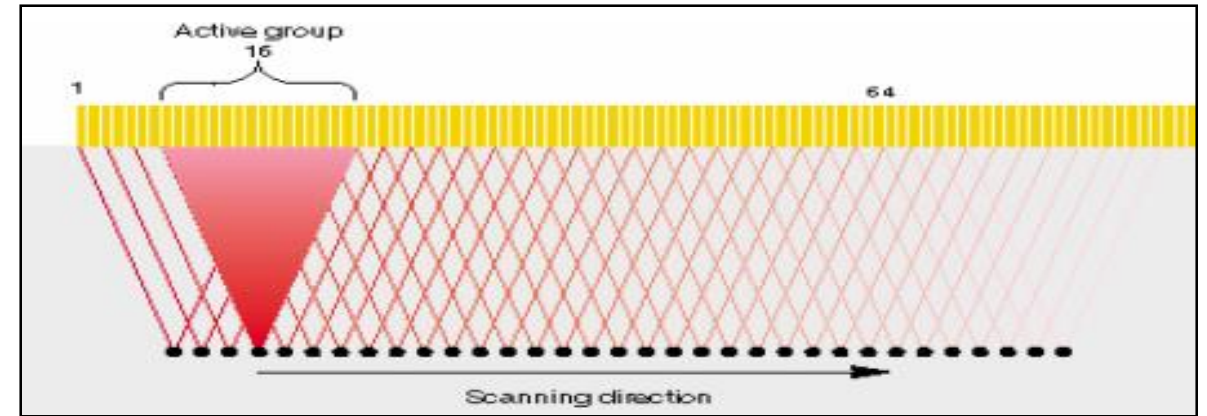
# Summary of Beam Forming Types

- Using a single group of elements, on the **same probe**, different beam configurations can be performed:



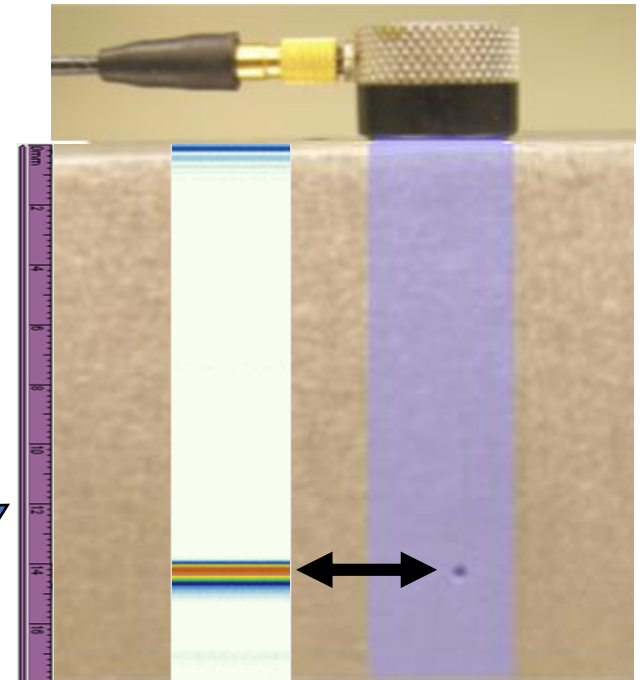
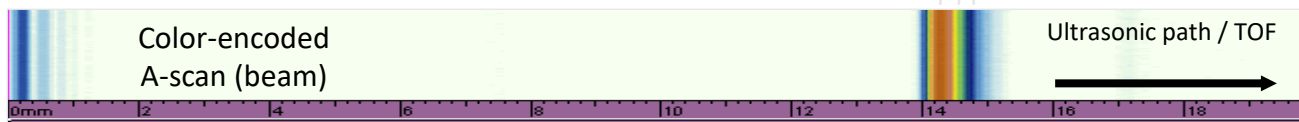
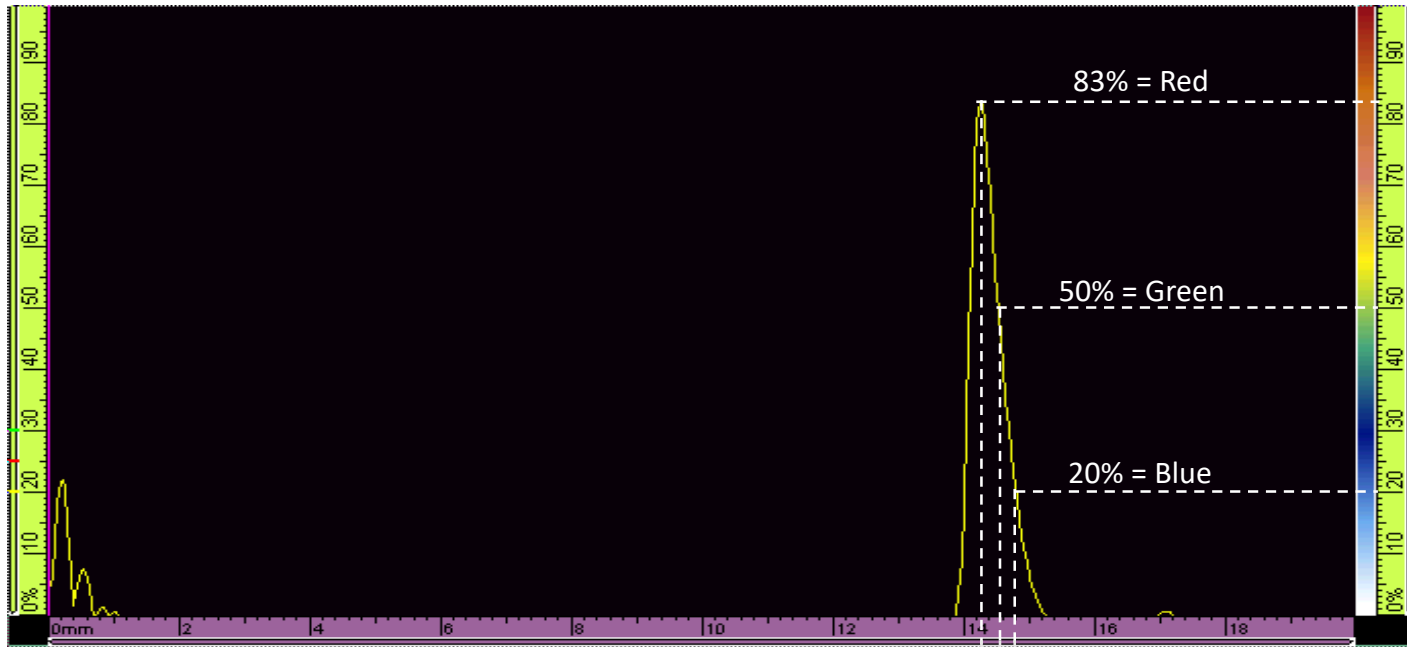
# Linear Electronic Scan

- The movement of the acoustic beam is along the axis of the array, without any mechanical movement.
- The beam movement is performed by time multiplexing of the active elements. Arrays are multiplexed using the same focal law.



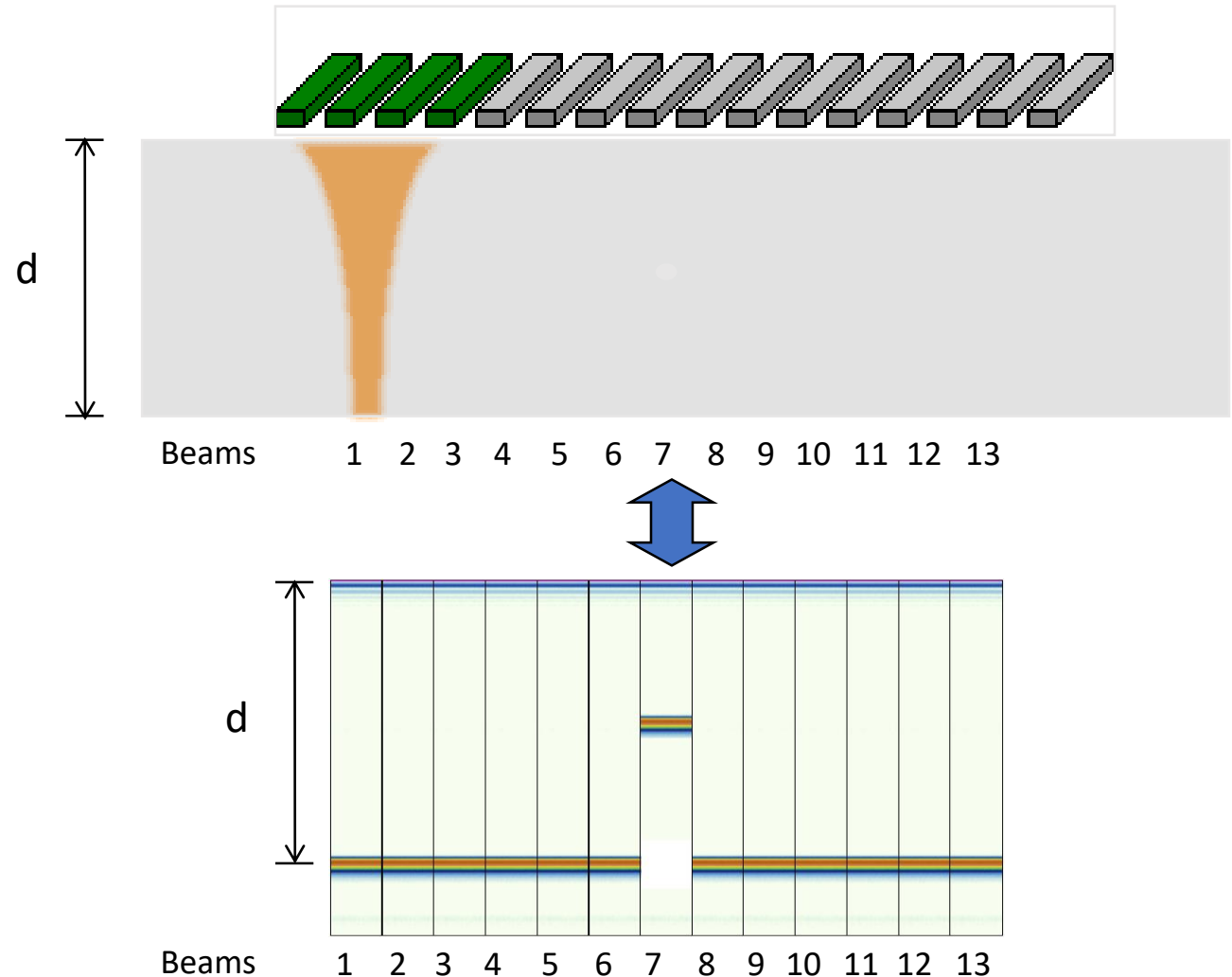
# Color-Encoded A-Scan Signal

- Additional imaging capability is provided for the rectified A-scan signal by color encoding the amplitude. This allows the representation of various phased array views, which is to be explained in later slides.



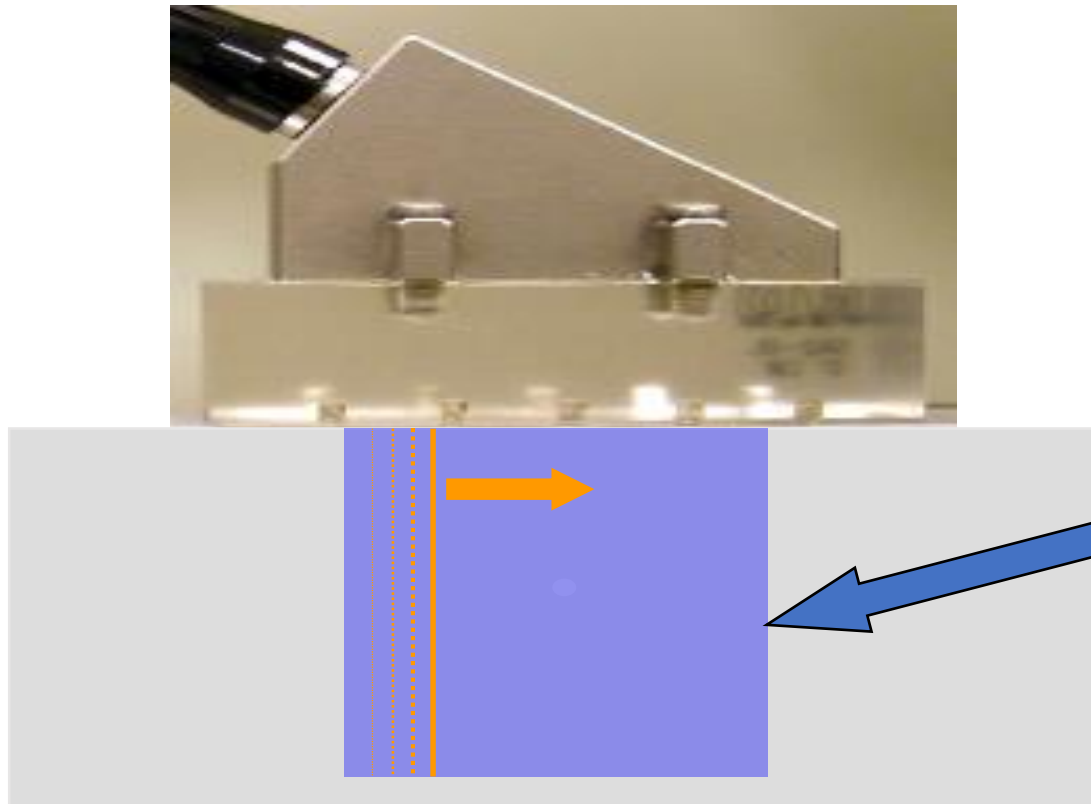
# Imaging – Linear Electronic Scan

- ◆ By using the electronic scanning capability of the phased array technology, imaging becomes possible **without mechanical movement**.
- ◆ Arrays are multiplexed using the same focal law and the resulting A-scan of each beam is **color-encoded** and displayed in a **linear S-scan**.

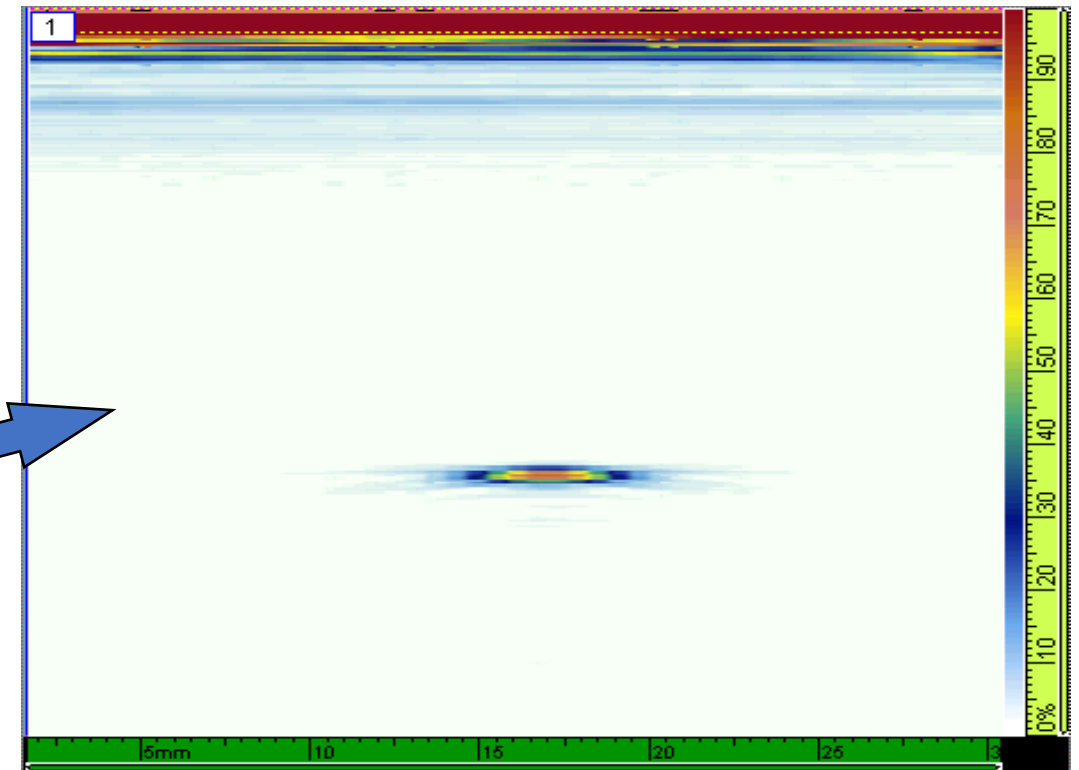


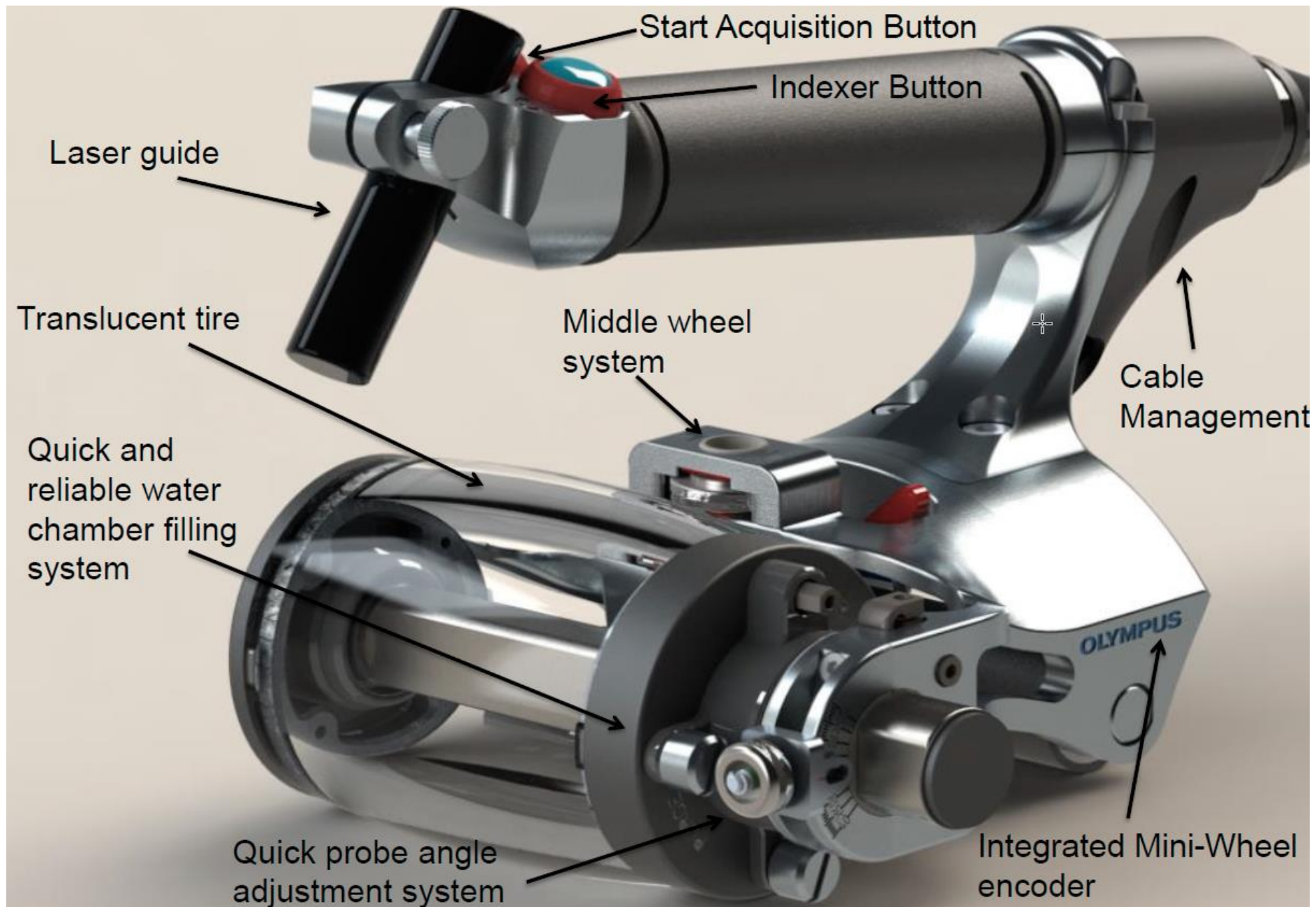
# Imaging – Linear Electronic Scan

- Because of the short distance between each element in a phased array probe, the electronic scan resolution is very precise.



Linear S-scan





# MX2 & SX

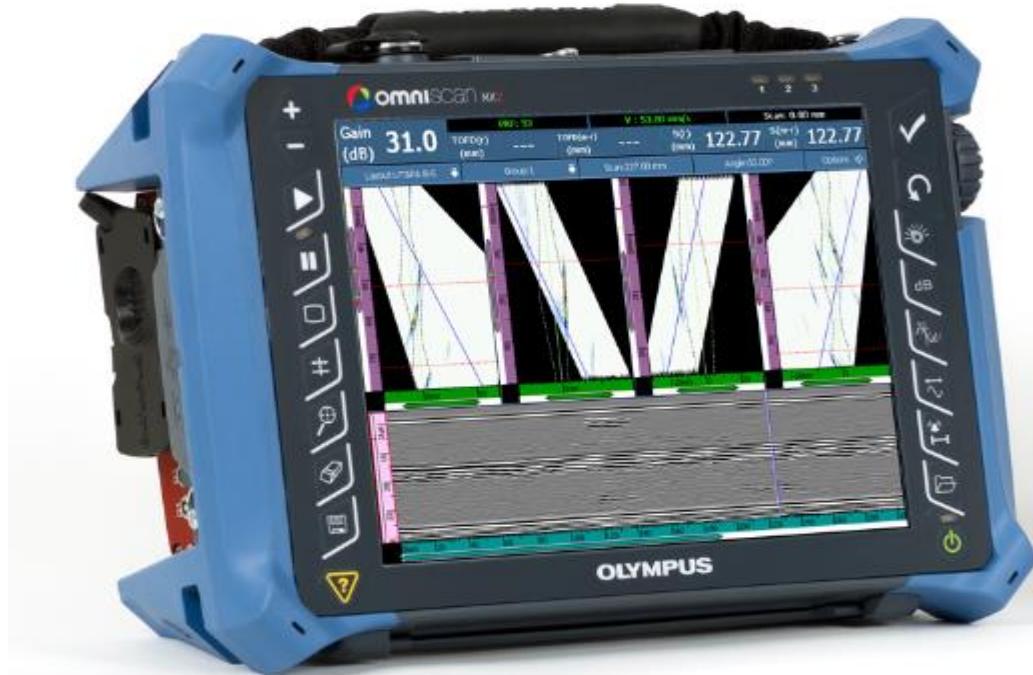
## Acquisition

### OmniScan

The OmniScan flaw detectors provide powerful inspection capabilities for manual and automated applications. They can be used with a full range of probes, scanners, and accessories, making Olympus the provider of choice for petrochemical, aerospace, and other industrial markets.



# MX2 vs SX



## MX2:

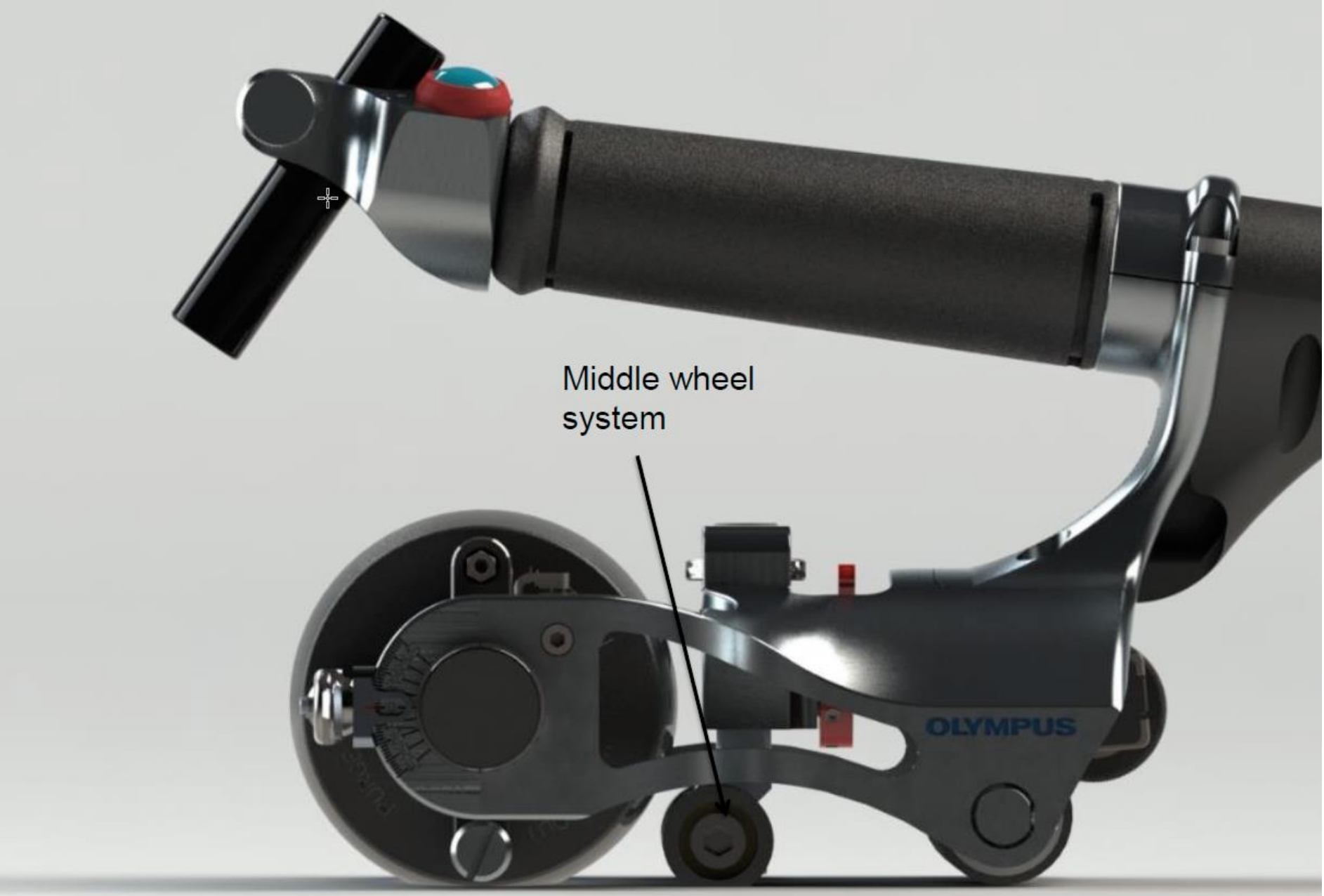
- **Multi-Group inspection**
- **Modularity for changing needs**



## SX:

- **Single group inspection**
- **Small**
- **Simple**





Middle wheel system

OLYMPUS

It's difficult to measure the depth of pitings by using ultrasound technologie, why the sound travel in the pitting true the couplant.

Nomaly the soundspeed of the couplant is 1,5mm/ms, the soundspeed of steel is 5,9mm/ $\mu$ s. So the sounsspeed in the pitting hole is  $\frac{1}{4}$  of the soundspeed from steel.

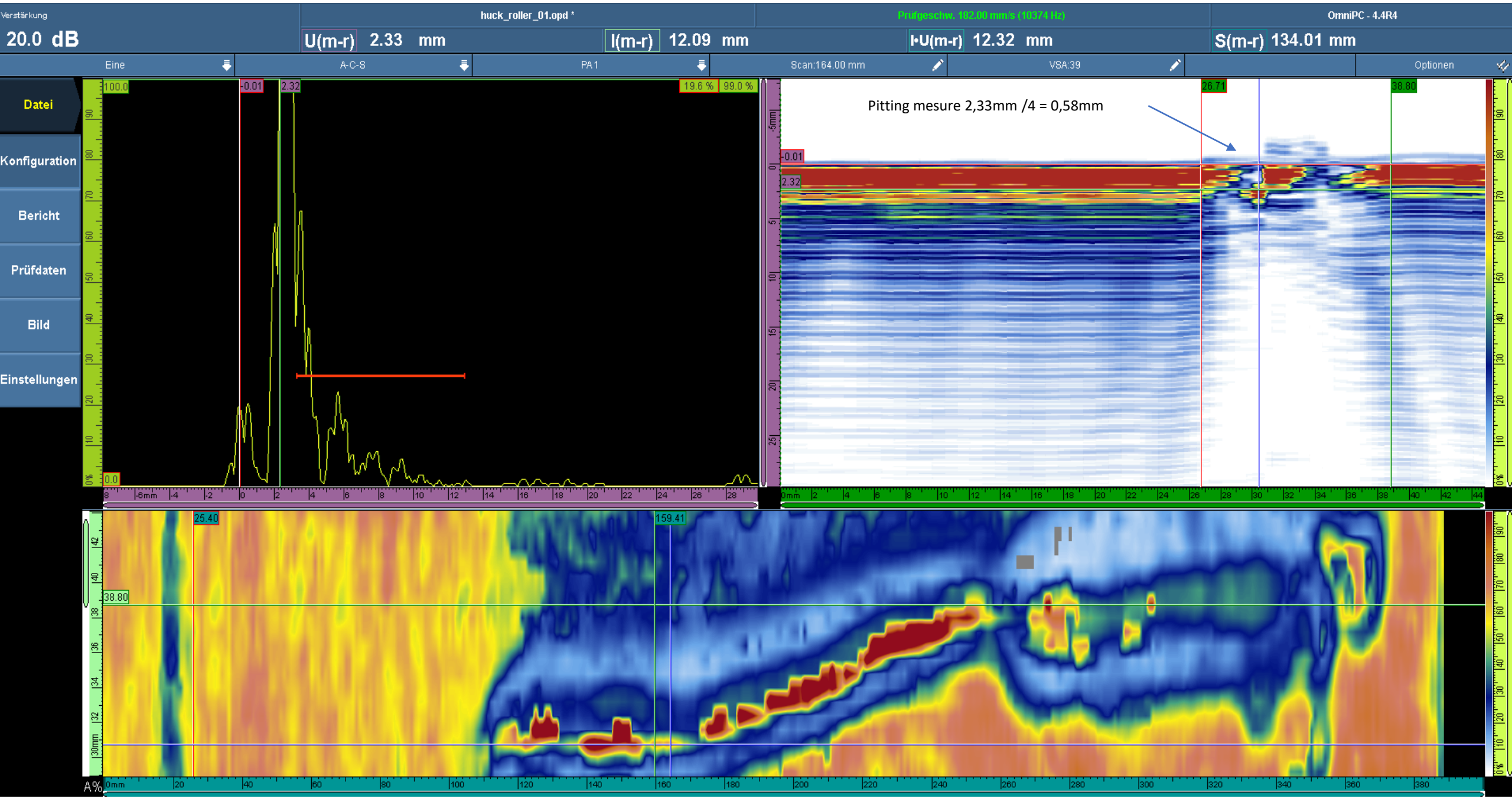
We make an scan with the Rollerform.

Than we know the basic thickness of the steel plate (floor).

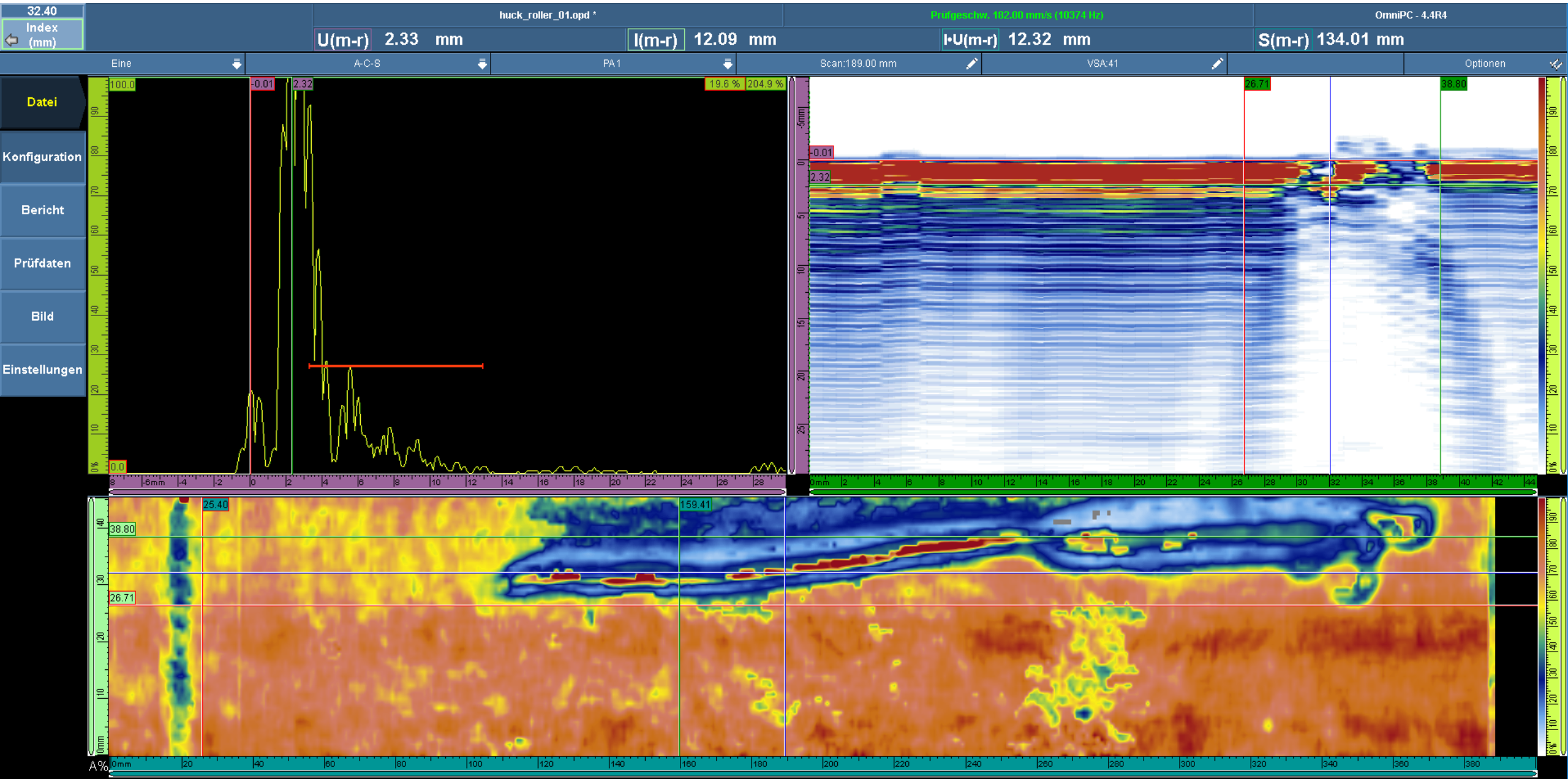
With the measure cursors from the OMNISCAN we set the reference cursor to 0 mm and the measure cursor to the depth of the piting and divide the thickness by 4.

If we can see the backall of the steelplate we measure the wallthickness of the steel minus the calculated depth of the pitting.

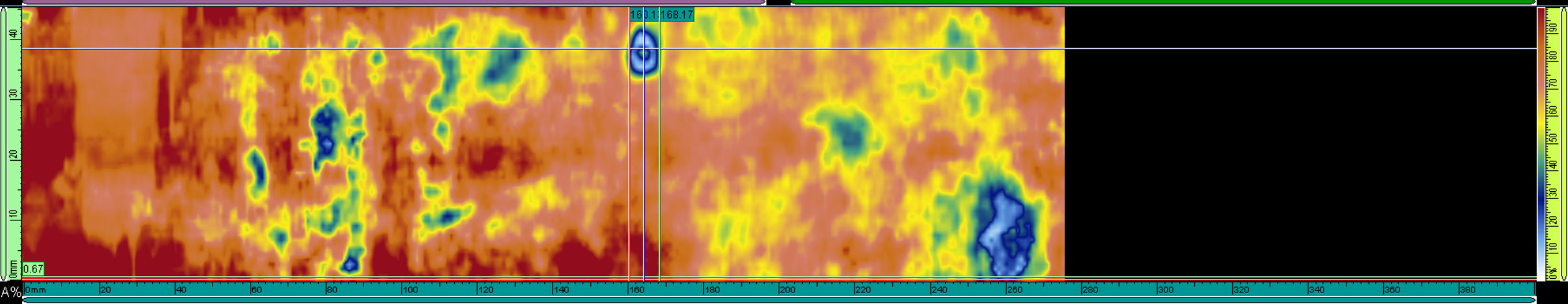
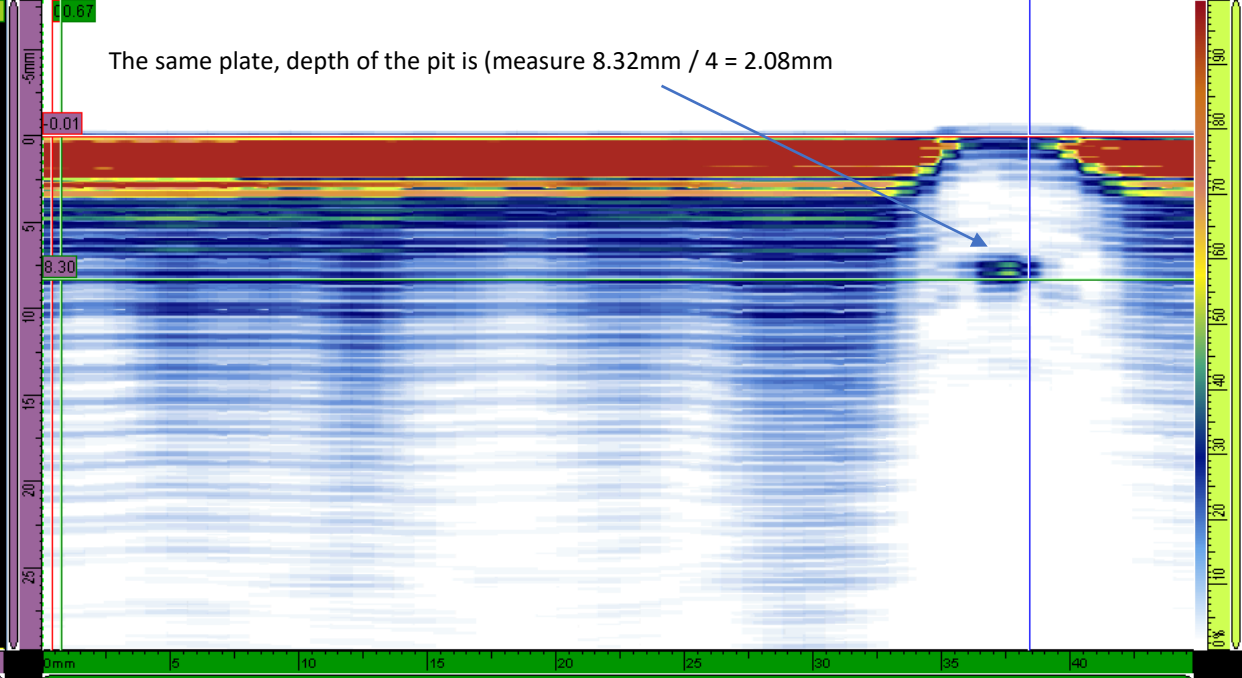
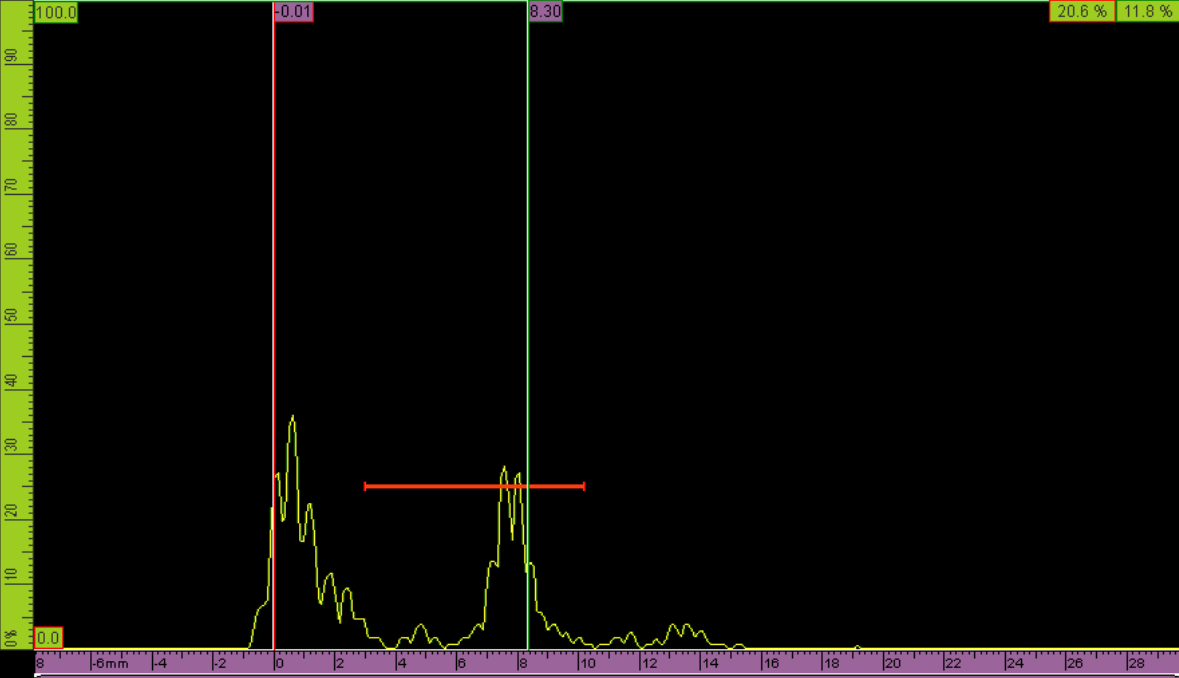
Steel thickness is 3mm, we see under the pit a corrosion from the backsite



# Complete scan



- Datei
- Konfiguration
- Bericht
- Prüfdaten
- Bild
- Einstellungen



**THANK YOU**

## **Bijlage 4. Camera-inspectie van niet 100% inwendig gecoate tanks, SIKB-test, AECOM**

# *Camera-inspectie niet 100% inwendig gecoate tanks*

## Test SIKB





- *Safety First:*  
*Veiligheidsinstructie door Hamer*  
*Gebruik van PBM's*  
*verboden te roken op site*



## Hoog risico's voorkomen binnen industrie

- Elimineren van hoog risico werkzaamheden met behoud van de juiste resultaten.
- Betreden van besloten ruimte = hoog risico
- Gebruik maken van best beschikbare technieken



# HUIDIGE INSPECTIE METHODIEK AS6811

## Toepassingsgebied (AS6811)

- De huidige scope van de camera inspectiemethode beperkt zich tot tanks met 100% inwendige coating.
- Deze camera-inspectie vervangt de visuele beoordeling zoals beschreven in de paragrafen:
  - 3.3.2 Uitvoering vaststellen afschot tankbodem
  - 3.3.3 Uitvoering vaststellen peilleidingconditie
  - 3.3.4 Uitvoering vaststellen vervorming van het tanklichaam
- Voor niet 100% gecoate tanks is er momenteel geen intrinsieke veiligere methoden toegelaten. Nieuwe technologie zal tevens meerwaarde bieden aan;
  - Grondigheid analyse tank
  - Reproduceerbaarder van de data

# Criteria voor camera-inspectie bij niet-gecoate tanks

- Het CCvD wordt gevraagd om deze criteria vast te stellen op basis van de criteria die eerder zijn gebruikt bij het praktijkonderzoek robot-inspecties. Wanneer een marktpartij een techniek heeft ontwikkeld die voldoet aan de criteria dan kan door middel van een praktijkvalidatie worden bepaald of de techniek kan worden toegepast.
- In het project Robot inspecties zijn hiertoe 4 criteria vastgesteld:
  - Reproduceerbaarheid meting putdiepte
  - Reproduceerbaarheid meting wanddikte
  - Vindbaarheid van corrosieputten/randinkarteling
  - Bereikbaarheid van corrosieputten/randinkarteling



## AS6800 1.5 Nieuwe technieken

– De volgende technieken zijn beschikbaar die in combinatie voldoen aan de gestelde criteria.

- **Point clouding Laser Scanner**
  - *Laserscanner is een krachtige high-speed 3D scanner*
- **Phased Array Solution**
  - *Scherm met sensor gekoppeld aan tri-pod (magnetische robot)*



# Praktijkonderzoek conform AS6811 criteria

- In Duitsland worden de scanners gebruikt voor de productievoorbereiding van de tank-liner.
- In Nederland is op 1 oktober deze combinatie als Pilot toegepast op een verwijderde tank. De inspectie criteria zoals benoemd in de AS6811 is hiervoor als basis gebruikt



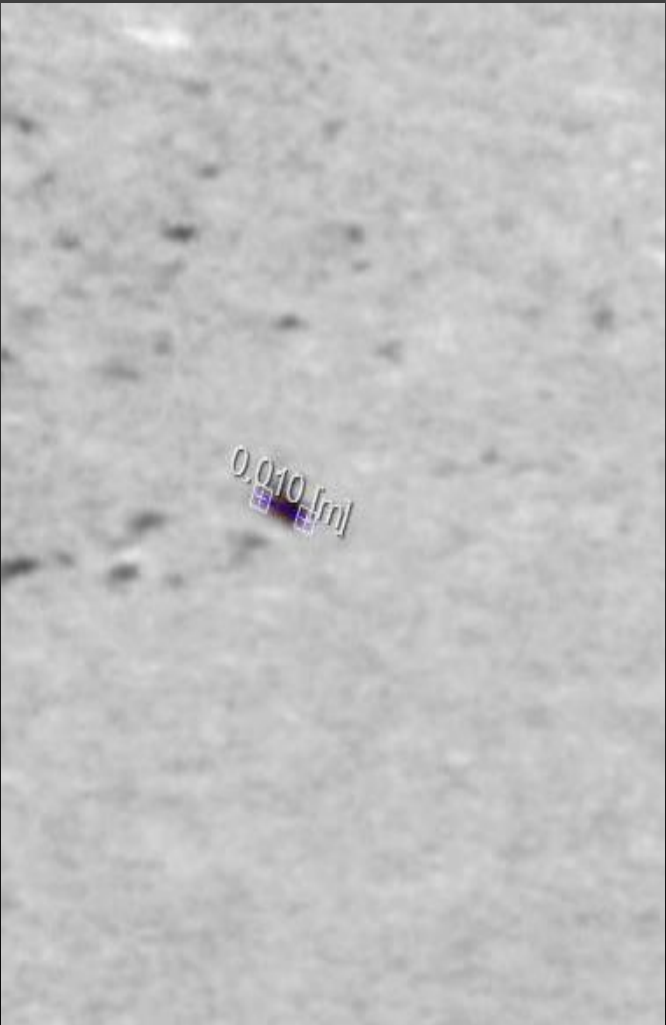
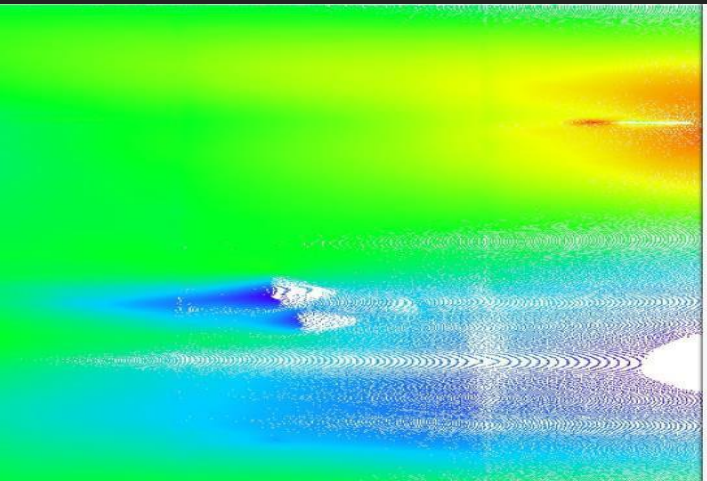
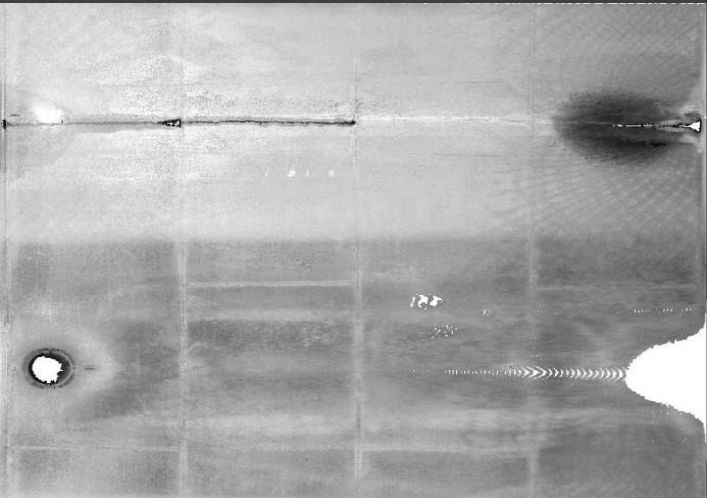
E3: INWENDIGE INSPECTIE	
TANKGEGEVENS	[min : millimeters] [x : van toepassing]
Tankdiameter (mm)	2200
Lengte tank (mm)	8370
Aantal mangaten	2
Diameter mangaten (mm)	500
Berekende nominale minimale wanddikte van de romp in mm.	7
Tankconstructie volgens NEN 3350 1e druk.	X
Berekende nominale minimale wanddikte van de bodem in mm.	7

MEETWAARDEN WANDDIKTE, PUTCORROSIE EN OPPERVLAKTECORROSIE	Bodem (ontl-zijde)	Segment 1	Segment 2	Segment 3	Segment 4	Segment 5	Segment 6	Bodem (peil-zijde)
Wanddikte (mm)	7,0	7,1	7,1	7,1	7,1			7,0
Putcorrosie (mm)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0			0,0
Oppervlaktecorrosie (mm)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0			
Afshot	+	+	+	+	+			+
<b>Toelichting</b>								
x Wanddikte niet gemeten i.v.m. inwendige coating.								
xx Er is geen putcorrosie waargenomen.								
xxx De resterende wanddikte van de tank is, ten gevolge van corrosie, onvoldoende.								
[mm : millimeters] [x : van toepassing] [+ : in orde] [- : niet in orde] [rvt : niet van toepassing]								

# Uitleg pointclouding 3d

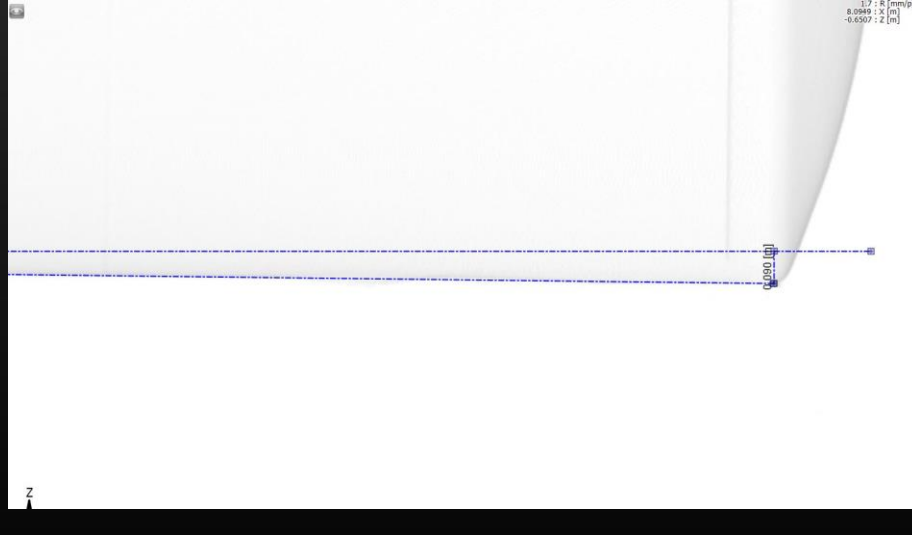
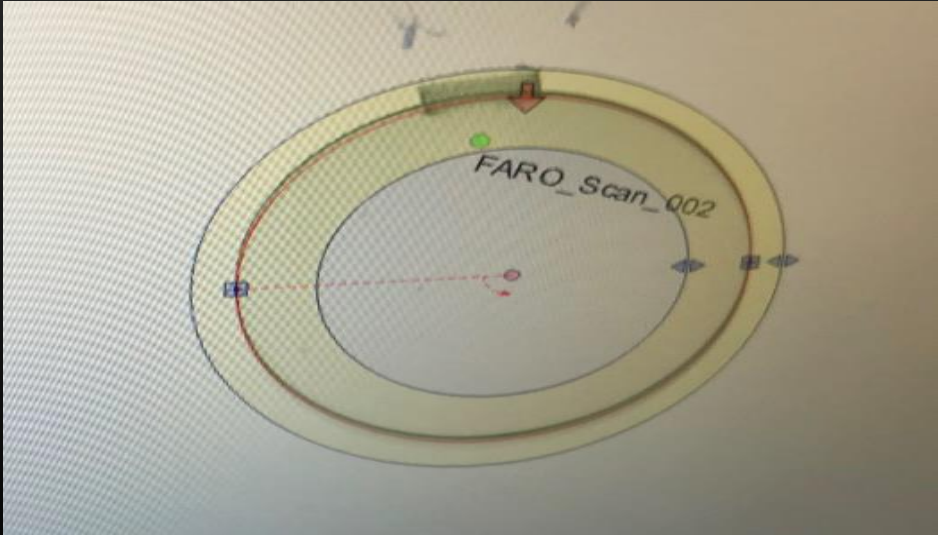


# Resultaten pointclouding

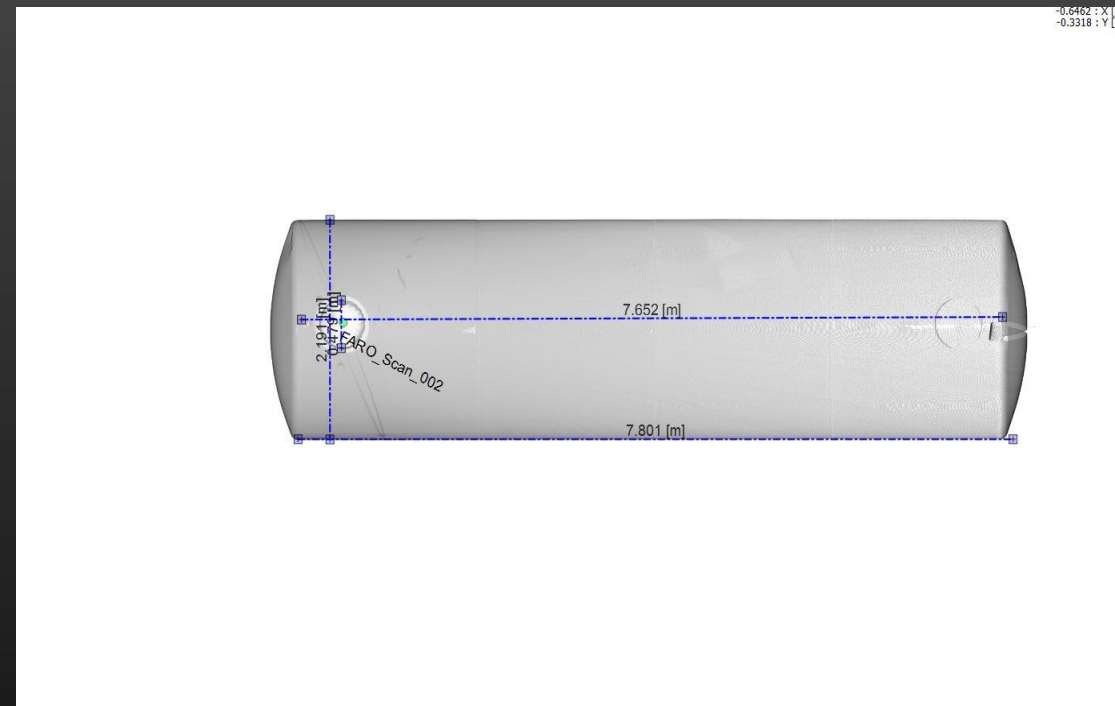




# Resultaten pointclouding



# Resultaten pointclouding



# Stap 2- Phased Array Solution

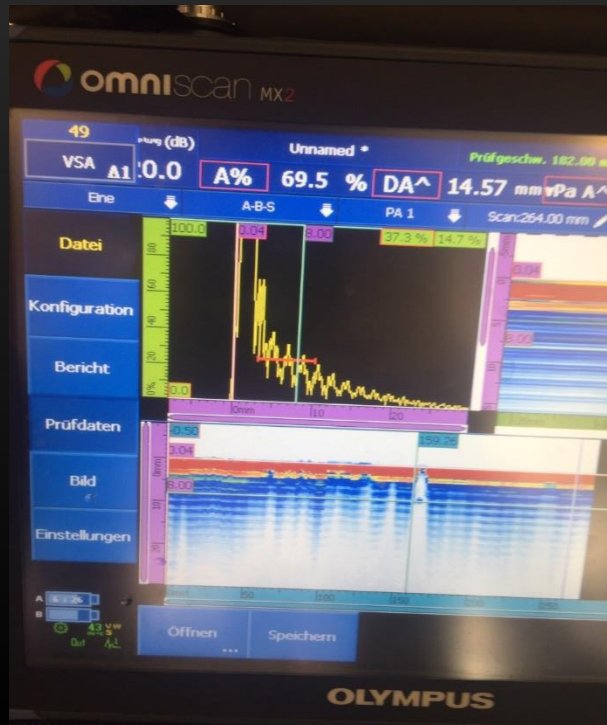


## Prüfumfang und Ergebnis

Prüfbar     JA     NEIN     Eingeschränkt

Anzahl der Messungen (in mm):    Handmessung    Sollwert:7    Istwert:7,4 / 7,5

1	7,50	8	7,63
2	7,44	9	7,72
3	7,57	10	7,50
4	7,83	11	7,62
5	7,91	12	7,50
6	7,74	13	7,47
7	7,60	14	7,80



# Criteria voor camera-inspectie bij niet-gecoate tanks

- Door de nauwkeurigheid van 0,01 mm is de phased array solution geschikt voor het meten van zowel de putdiepte als wanddikte
- De phased array wordt op dezelfde wijze gekalibreerd als benoemd in de AS6811
- Randinkarteling bij de lasnaden worden op dezelfde wijze gemeten als de rest van de tank middels de Phased array
- Beeldweergave is dmv de technieken van de pointclouding beter betrouwbaar en reproduceerbaar.
- De Phased array is gekoppeld aan de tri-pod robot die de tanks middels zijn magneet alle plekken in de tank kan bereiken.

Vragen en bezoek test site

## **Bijlage 5. Impressie gecombineerde robotinspectie ondergrondse ongecoate tanks, SIKB**



## Impressie gecombineerde robotinspectie ondergrondse ongecoate tanks

## Trainingsdag inspecteurs





## Trainingsdag inspecteurs



## Praktijkproef



## Praktijkproef

Bestaat uit 4 onderdelen:

1. Traditionele tankinspectie met betreding obv 6811

Gecombineerde robotinspectie bestaande uit:

2. Point clouding

3. Camera-inspectie

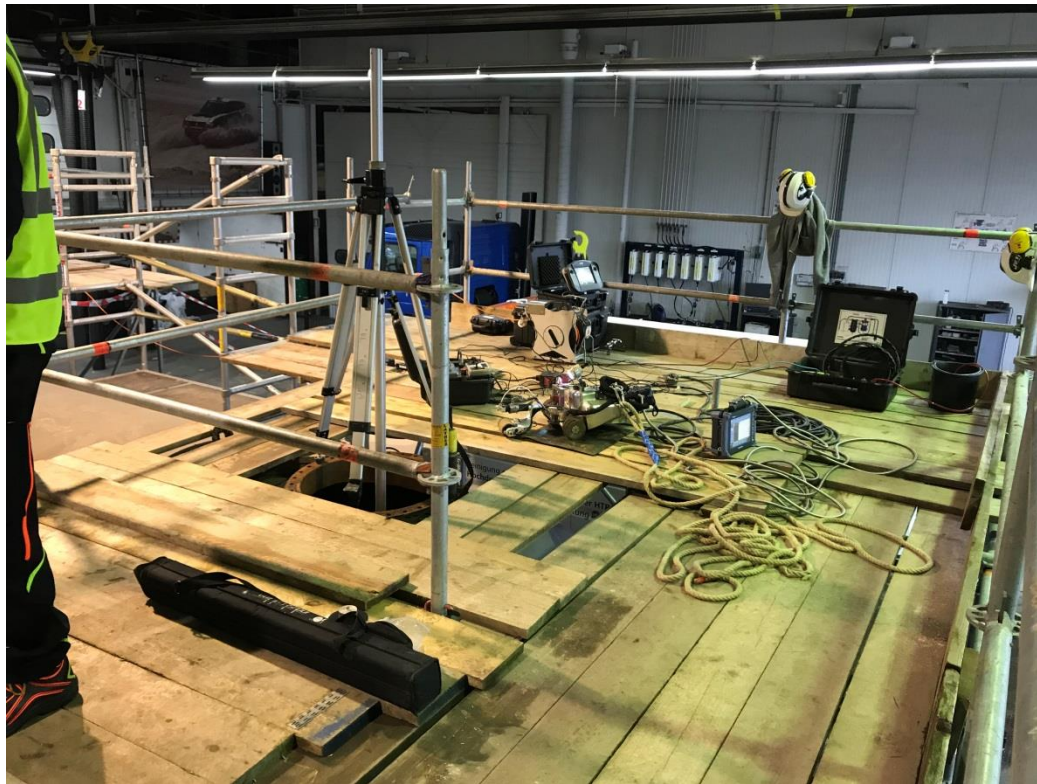
4. Phased array inspectie

2 tm 4 moet minimaal gelijkwaardig aan 1 zijn.

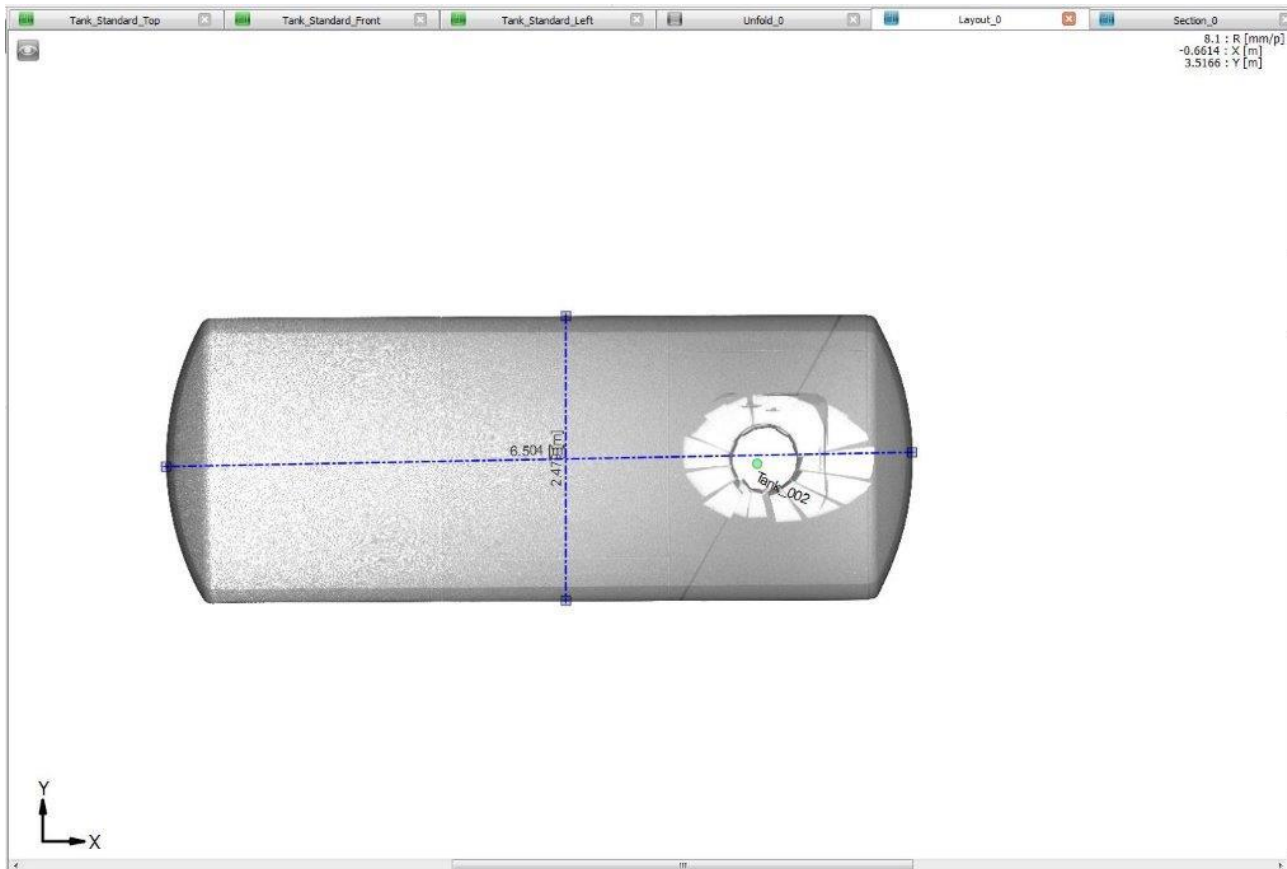
# 1. Tankinspectie met betreding



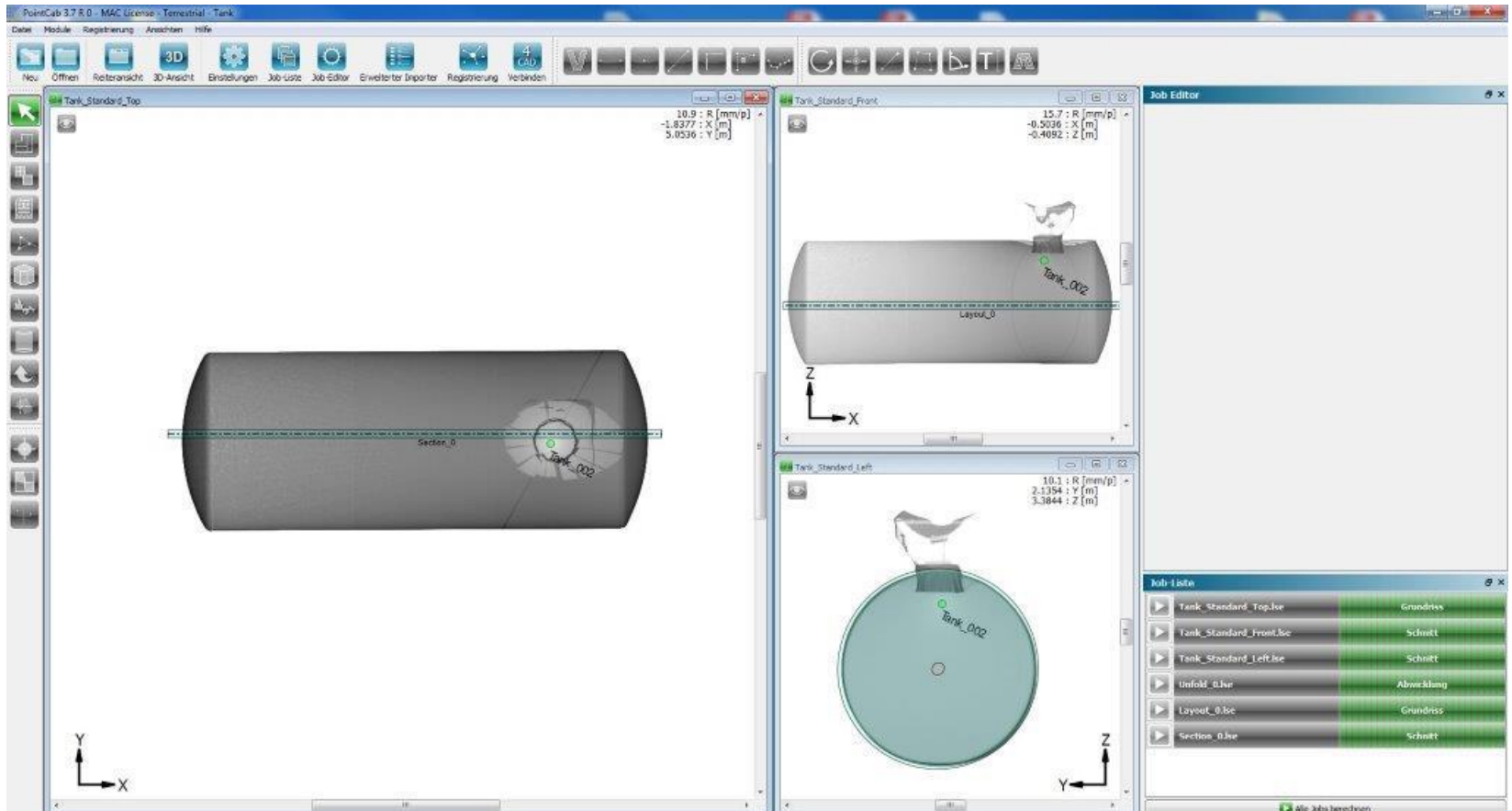
## 2. Point Clouding



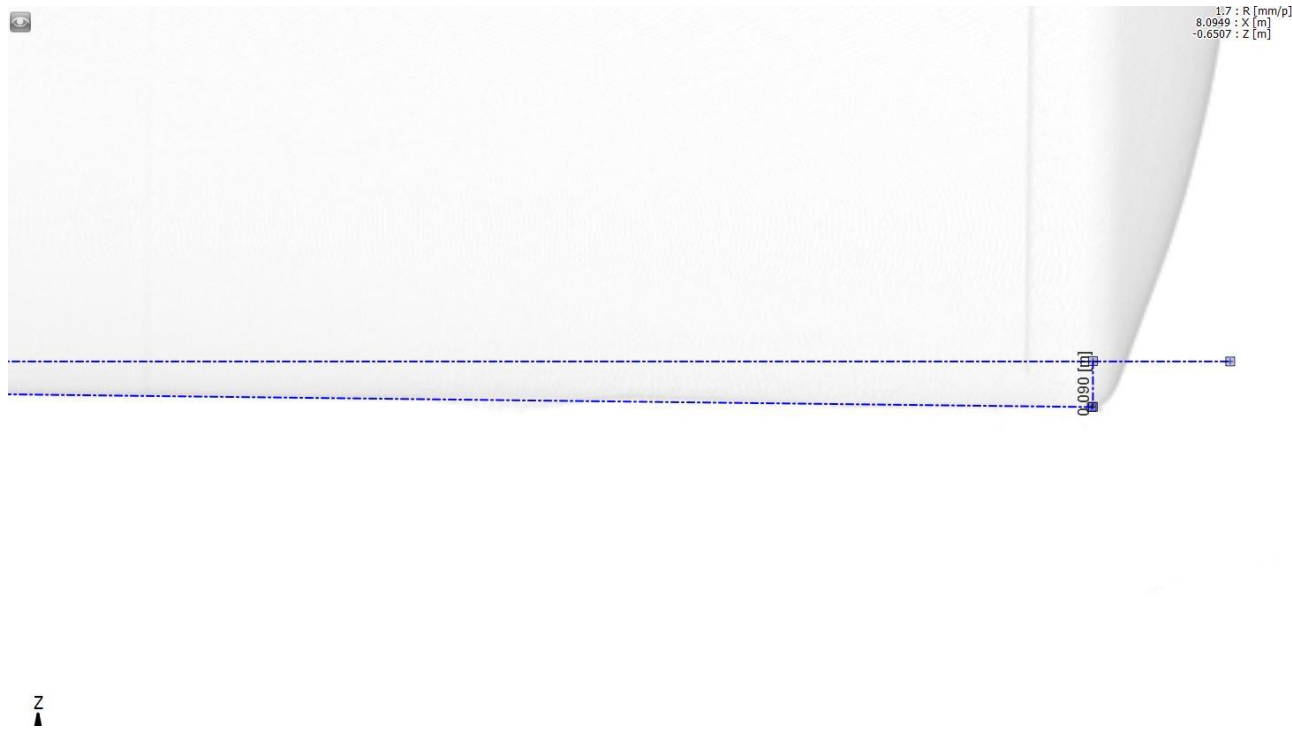
## 2. Point Clouding



## 2. Point Clouding



## 2. Point Clouding





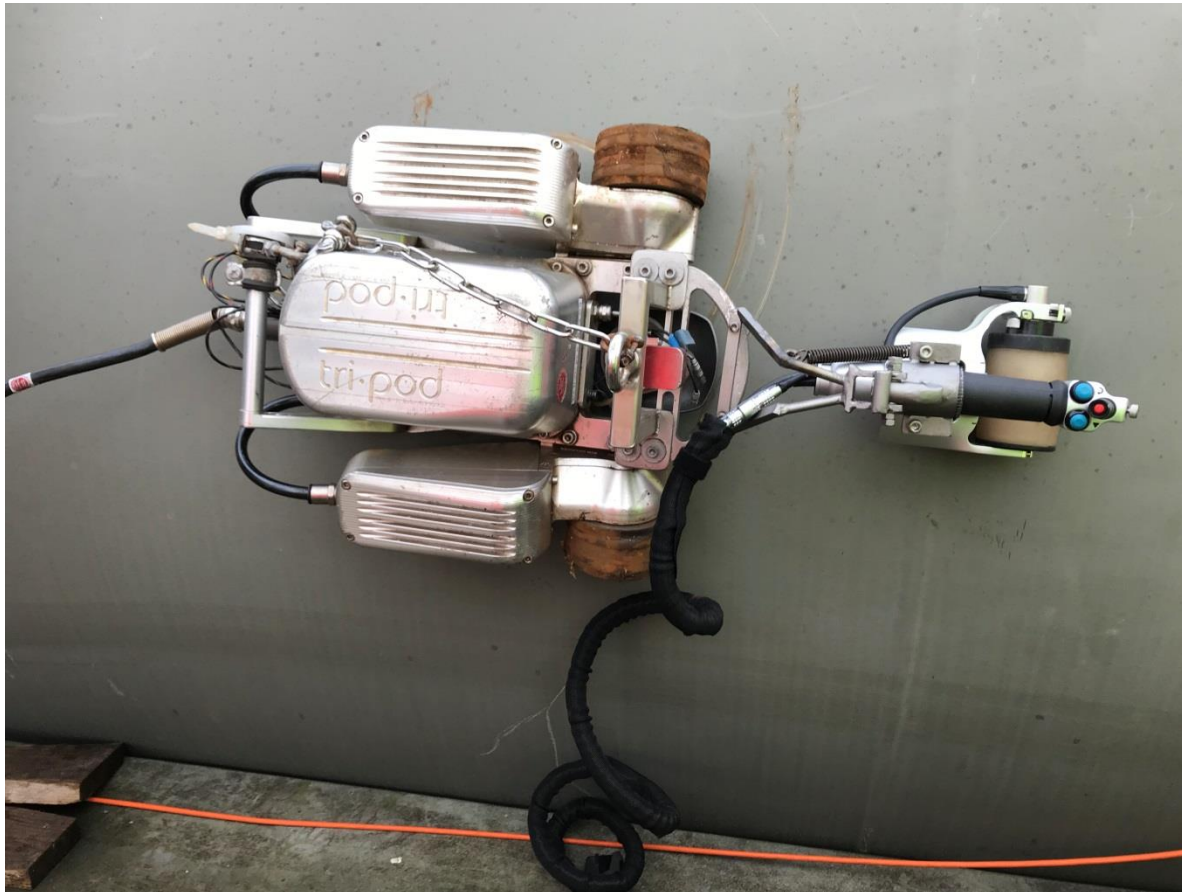
## 2. Point Clouding



### 3. Camera-inspectie



## 4. Phased Array



## 4. Phased Array



## 4. Phased Array



## 5. Vervolg

1. Verzamelen gegevens van inspecteurs en robot
2. Bespreken resultaten met begeleidingscommissie en bepalen vervolg:
  - proef is geslaagd ->rapportage en voorstel naar CCvD,

*of*

  - proef is nu niet geslaagd maar wordt voortgezet,

*of*

  - proef is niet geslaagd en wordt gestaakt.
  - >Rapportage voor CCvD.