

TNO-rapport

96MI-00691/SCE/SCE

SO 96-50

TNO Industrie

Standplaats

Laan van Westenenk 501
Postbus 541
7300 AM Apeldoorn

Telefoon 055 5493337
Fax 055 5493272

Opdrachtgever

**BVM/PMP project 'TECHNIEKEN VOOR
SCHADE-ONDERZOEK IN HET VELD'**
Deelproject 3A en B: Evaluatie van resultaten in
het veld

Datum
26 september 1996

Auteur(s)
ing. E.W. Schuring (TNO Industrie)
ir. W.H.M. Welman (STORK-FDO)
dhr. J. Godschalk (DS-MPS)

PMP
Postbus 541
7300 AM Apeldoorn

Alle rechten voorbehouden.
Niets uit deze uitgave mag worden
vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt
door middel van druk, fotokopie, microfilm
of op welke andere wijze dan ook, zonder
voorafgaande toestemming van TNO.

Indien dit rapport in opdracht werd
uitgebracht, wordt voor de rechten en
verplichtingen van opdrachtgever en
opdrachtnemer verwezen naar de
'Algemene Voorwaarden voor Onderzoeks-
opdrachten aan TNO', dan wel de
betreffende terzake tussen partijen
gesloten overeenkomst.
Het ter inzage geven van het TNO-rapport
aan direct belanghebbenden is toegestaan.

© TNO

Opdrachtnummer: 001560371
Uw referentienummer: --
Oplaat: 25

SAMENVATTING

Binnen het kader van het project 'TECHNIEKEN VOOR SCHADEONDERZOEK IN HET VELD', zijn binnen de taken 3A en 3B overzichten in tabelvorm samengesteld met betrekking tot:

- de stand van zaken voor geselecteerde onderzoekstechnieken,
- de mogelijkheden en beperkende factoren aan de hand van een viertal criteria op de aspecten van:
 - benodigde, haalbare en praktische kwaliteit
 - replica's
 - locatie
 - betrouwbaarheid
- de haalbare kwaliteit in technische zin, zoals bijvoorbeeld:
 - oplossend vermogen
 - detecteerbaarheid

Tevens zijn een vijftal onderzoeksdoelstellingen gedefinieerd in oplopende graat van geëiste kwaliteit, variërend van simpele registratie tot arbitrage.

Bij de opzet en weergave van de resultaten rekening gehouden met:

- oplopende moeilijkheidsgraad: toenemende kwaliteit
- volgorde van de handelingen tijdens een schadeonderzoek: eerst een overall beeld met steeds verder gaande diepgang

Inhoud	pagina
SAMENVATTING	1
1 INLEIDING	3
2 DOELSTELLING	4
3 OVERZICHT VAN ONDERZOEKSDOELSTELLINGEN	5
4 UITWERKING VAN ONDERZOEKSTECHNIEKEN IN TABELLEN	8
4.1 Tabellen	10
LITERATUUR	32

1 INLEIDING

In het kader van het BvM-project Schade-analyse en schadepreventie, Technieken voor schade-onderzoek "in het veld", wordt deelproject 3 uitgevoerd. Dit deelproject is getiteld: "Evaluatie van resultaten in het veld". De doelstelling van de eerste twee taken van deelproject 3 (taak 3A en 3B) is het samenstellen van een overzicht waarin de stand-van-zaken t.a.v. onderzoekstechnieken, hun uitvoeringsbeperkingen bij het uitvoeren van schade-onderzoek in het veld en de daarvan afgeleide haalbare kwaliteit wordt weergegeven. Een tweede doelstelling is het opstellen van een aantal onderzoeksdoelstellingen: d.w.z. met welke reden wordt een schade-analyse in het veld uitgevoerd.

Indien een onderzoeker met een schade in het veld geconfronteerd wordt zal allereerst de doelstelling van het schade-onderzoek duidelijk moeten worden gesteld. Op basis van deze doelstelling zal de schade-onderzoeker overgaan tot het opstellen van een onderzoeksplan, waarin de diverse toe te passen technieken worden beschreven. Om eenduidig en reproduceerbaar voor elk schade-geval beslissingen te kunnen nemen t.a.v. toe te passen middelen en methoden dient de onderzoeker de beschikking te hebben over een zo volledig mogelijk overzicht van mogelijke veldtechnieken, waarin tevens de beperkingen en het kwaliteitsniveau is vermeld. Aan de hand van deze gegevens kan namelijk worden beslist of een techniek gezien de doelstelling toepasbaar is of niet.

Taak 3A is gericht op het samenstellen van een zo volledig mogelijk overzicht van alle mogelijke onderzoekstechnieken. Hierbij wordt aangegeven of deze techniek toepasbaar is in het laboratorium, in het veld of allebei. tevens worden de beperkingen beschreven. Bij taak 3B zullen t.a.v. de veldtechnieken de overzichten worden aangevuld met het haalbare kwaliteitsniveau en de betrouwbaarheid. Tevens zullen een vijftal onderzoeksdoelstellingen worden omschreven. Deze worden gerangschikt naar een oplopende diepgang van het onderzoek.

Technieken die alleen toepasbaar zijn in het lab. zullen achterwege worden gelaten. Tenzij er ontwikkelingen zijn die er op duiden dat ze binnen afzienbare tijd ook geschikte zijn voor toepassing in het veld.

2 DOELSTELLING

Het overzicht van onderzoeksdoelstellingen dient zodanig te zijn opgesteld dat in het geval van een schade-onderzoek eenduidig kan worden beslist met welke doelstelling het schade-onderzoek dient te worden uitgevoerd.

Het overzicht van veldtechnieken dient zodanig te worden opgesteld dat snel een duidelijk inzicht kan worden verkregen in de beperkingen en het haalbare kwaliteitsniveau van een bepaalde veldtechniek.

Omdat de resultaten van de taken A en B van deelproject 3 zeer nauw op elkaar aansluiten en om overlapping te voorkomen, is er voor gekozen om de resultaten van deze taken te rapporteren in één rapport.

3 OVERZICHT VAN ONDERZOEKSDOELSTELLINGEN

Onderzoeken kunnen om diverse redenen worden uitgevoerd, zoals:

- Registreren en vastleggen schadebeeld;
- Conditiebewaking.
- Conditiebepaling aan een component c.q. installatie (NDO, structuuronderzoek, hardheidsmeting, endoscopie);
- Bepaling aard vervuiling;
- Bepaling materiaalkwaliteit;
- Karakterisering type schade (type corrosie, type breuk, type slijtage, enz);
- Verbetering c.q. oplossen van het huidige probleem;
- Voorkomen schade aan vergelijkbare in bedrijf zijnde resp. nieuwe componenten c.q. installaties in toekomst;
- Oorzaak van een schade;
- Schuldvraag bij een schade, i.v.m. rechtzaak, verzekeringszaak;

Om eenduidig te kunnen beslissen onder welke categorie een bepaald onderzoek valt zijn vijf algemene onderzoeksdoelstellingen geformuleerd. Deze worden gerangschikt naar een oplopende diepgang van het uit te voeren onderzoek. De motivatie voor deze rangschikking is eveneens weergegeven.

Doelstellingen

1. Registratie;
2. Conditiebepaling/-bewaking;
3. Karakterisering type schade;
4. Bepaling oorzaak van een schade;
5. Arbitragezaak.

De motivatie van deze indeling is als volgt:

Ad 1. Registratie (waarneming).

Hieronder valt het beschrijven, vastleggen en rapporteren van een schade, d.m.v. bijvoorbeeld fotografie, schetsen, e.d. Zie rapport SO 95-17, "Middelen voor registratie". Speciale onderzoekstechnieken waarvoor opgeleide en/of gecertificeerde onderzoekers worden vereist zijn niet noodzakelijk.

Resultaat/advies: Het beschrijven van een waarneming (het schadebeeld).

Diepgang: Er is geen expertise op het gebied van schadeonderzoek vereist. Wel is het raadzaam daarbij volgens een vaste procedure te werk te gaan.

Ad 2. Conditiebepaling (interpretatie waarneming).

Hieronder valt het uitvoeren van bepaalde "eenvoudige" onderzoeken, zoals bijvoorbeeld, bepaling van een materiaalkwaliteit d.m.v. chemische analyse, bepaling van een ferrietgehalte, hardheidsbepaling, structuurbepaling d.m.v. een replica-onderzoek of het uitvoeren van NDO-onderzoek.

Resultaat/advies: Vaak een advies over de voortgang, verwachte levensduur enz. Dit aan de hand van ervaring uit eerdere onderzoeken.

Diepgang: Eenvoudige in procedures vast te leggen onderzoeken. Voor het uitvoeren van het onderzoek en het beschrijven en interpreteren van de waarneming is een bepaald opleidingsniveau vereist.

Ad 3. Karakterisering type schade (karakterisering waarneming).

Het betreft hier het vaststellen van welk type schade sprake is, bijvoorbeeld het type breuk, het type corrosie of het type slijtage. Hiervoor kunnen meerdere onderzoekstechnieken noodzakelijk zijn.

Resultaat/advies: Een uitspraak over het schadebeeld in termen van: vermoeiingsbreuk, brosse breuk, spanningscorrosiebreuk, materiaalfout enz. Er wordt geen uitspraak gedaan over schadeoorzaak of -preventie.

Diepgang: De diverse waarnemingen dienen gelijktijdig geïnterpreteerd en gekarakteriseerd te worden. Hiervoor is ervaring vereist om relaties tussen diverse waarnemingen te kunnen leggen.

Ad 4. Bepaling oorzaak schade (oorzaak waarneming).

Het vaststellen van de oorzaak van een schade gaat nog een stap verder dan de karakterisering van de schade. Als voorbeeld kan worden gegeven dat om de oorzaak van een vermoeiingsbreuk van een as te bepalen de bedrijfsomstandigheden t.a.v. trillingen en het ontwerp t.a.v. scherpe overgangen relevant zijn. Een tweede voorbeeld is het verklaren van een bepaalde corrosievorm. De relatie tussen bijvoorbeeld het procesmedium in combinatie met het toegepaste materiaal is hier van belang.

- Resultaat/advies: Een uitspraak over de (mogelijke) schadeoorzaak of -oorzaken en een advies over de voorkoming van de schade in de toekomst c.q. bij andere vergelijkbare processen/componenten, en reparatie
- Diepgang: Bij deze vorm van onderzoek dienen bijvoorbeeld ook relaties te worden gelegd tussen het type schade en de bedrijfsomstandigheden, de omgeving of het ontwerp van de beschadigde component.
Er is een uitgebreide ervaring op het gebied van schadeonderzoek en (het gedrag van) constructies vereist.

Ad 5. Arbitrage (veroorzaker waarneming)

Het vaststellen wie de veroorzaker van een bepaalde schade is, is de moeilijkste vorm van schade-onderzoek. Alle hiervoor genoemde categoriën van onderzoek komen aan de orde. Het karakter en de oorzaak van de schade dienen te worden bepaald. Vervolgens dienen relaties te worden gelegd met de ontwerpfase van de beschadigde component, de historie van de component met betrekking tot de bedrijfsvoering (zijn in het verleden eerder opmerkelijke waarnemingen gedaan) enz.

- Resultaat/advies: Uiteindelijk moet bijvoorbeeld kunnen worden aangegeven of de ontwerper een fout heeft gemaakt, een verkeerd materiaal is toegepast, of de gebruiker "rare" dingen heeft gedaan die afwijken van de ontwerpspecificaties, enz. Op basis van de conclusies van het onderzoek moet een schuldige kunnen worden aangewezen of moet worden aangegeven dat de schade een vervelende samenloop van omstandigheden is geweest.
- Diepgang: Voor het uitvoeren van dergelijke onderzoeken is veel ervaring vereist en moet de onderzoeker de diverse waarnemingen logisch kunnen ordenen.

4 UITWERKING VAN ONDERZOEKSTECHNIEKEN IN TABELLEN

Bij schadeonderzoek zal men zo snel mogelijk een eerste indruk willen hebben van de schade of zelfs indien mogelijk een volledig schadeonderzoek willen uitvoeren in het veld.

Afhankelijk van het schadegeval en het gestelde doel (zie hoofdstuk 3) zal de schadeonderzoeker daarom informatie willen hebben over achtereenvolgens:

- Het algemene schadebeeld
 - schriftelijk
 - fotografisch
 - info bedrijfscondities
 - breukuitend, bros; taai; vermoeing, slijtage enz.

- Geometrische veranderingen
 - aanwezige vervormingen (trilling, uitlijning, diameter enz)
 - ruwheden

- Aanwezigheid van microscheurtjes en andere defecten (Niet Destructief Onderzoek)
 - locatie
 - grootte
 - diepte

- Microstructuur met betrekking tot informatie over bijvoorbeeld:
 - warmtebehandeling
 - gevoeligheid voor bepaalde corrosievormen (interkristallijn)
 - verbrossing (korrelgrensuitscheidingen)
 - breukverloop (inter-, transkristallijn, langs bepaalde fasen)
 - ferrietgehalte (warme-scheur-gevoeligheid lassen, duplex-staalsoorten)

- Hardheid
 - mechanische eigenschappen
 - warmtebehandeling
 - gevoeligheid voor bepaalde faalmechanismen (H₂S-SCC, waterstof)

- Chemische samenstelling
 - legering
 - volgens specificatie
 - gevoeligheid voor bepaalde schades

- Corrosie type
 - type corrosie (inter-, transkristallijn, pitting, algemene aantasting enz)
 - medium, (zuur, basisch, biologisch enz)

Daartoe staan de schadeonderzoeker een aantal technieken ter beschikking waarvan de schadeonderzoeker afhankelijk van de gestelde doelen gebruik kan maken. Een aantal van deze technieken kunnen volledig in het veld worden uitgevoerd, waarbij wel opgemerkt moet worden dat de te halen nauwkeurigheden doorgaans lager zijn dan onder laboratoriumcondities.

Afhankelijk van het te bereiken resultaat en het doel, kan gekozen worden voor een uitvoering van het onderzoek in het veld of in het lab. of een combinatie daarvan. Bij deze keuze zal tevens de benodigde tijd voor het onderzoek een rol kunnen spelen (transport enz). Aanvullend onderzoek in het lab. kan noodzakelijk zijn. Een en ander is afhankelijk van de doelstelling en te bereiken kwaliteit.

Om de schadeonderzoeker een hulpmiddel in handen te geven, is per techniek een overzicht samengesteld van de stand van zaken en inzichten tot op dit moment. Dit overzicht is weergegeven in twee series tabellen, daarbij is getracht de tabellen en technieken in een zo danige volgorde te plaatsen, dat deze overeenkomen met de gevolgde handelingen bij het schadeonderzoek. Dus in volgorde van toenemende diepgang en detaillering. De tabellen kunnen daarbij dienen als middel voor een goede inschatting voor de te kiezen techniek en of deze in het veld kan worden uitgevoerd of dat verder onderzoek in het lab. moet gebeuren.

Omdat de resultaten van deelproject 3A en 3B zeer nauw op elkaar aansluiten en gedeeltelijk overlappen, is ervoor gekozen om de rapportage van deze deelprojecten te combineren.

4.1 Tabellen

- I De eerste serie tabellen geeft een globaal overzicht met een samenvatting van de beperkingen. De schadeonderzoeker kan met deze tabel een eerste inschatting maken van de technieken die hij kan toepassen. Daarbij is tevens nog aangegeven of de techniek specifiek voor in het veld is bedoeld, of ook voor in het lab. Technieken die uitsluitend voor het lab. zijn bedoeld, zijn achterwege gelaten.
- II De tweede serie tabellen geeft een gedetailleerder uitwerking van de mogelijkheden en beperkingen uitgesplitst naar een viertal groepen van criteria/randvoorwaarden voor:
- het bepalen van de benodigde en praktische haalbare kwaliteit
 - het beoordelen van replica's
 - het selecteren van locaties voor monsternamen/onderzoekstechniek
 - het beoordelen van de betrouwbaarheid
- E.e.a. alleen voor de technieken toegepast in het veld.

Als criteria niet van toepassing op een bepaalde techniek, zijn deze in de tabellen achterwege gelaten.

Een techniek wordt in de tabel opgenomen, als deze aan een aantal criteria voldoet:

- de techniek moet in het veld toepasbaar zijn
- de apparatuur moet draagbaar zijn

De informatie die in de tabellen is opgenomen is afkomstig uit de literatuur, productinformatie van fabrikanten en ervaringen van de deelnemers aan dit project.

TABELLEN SERIE I:

Overzicht van toepasbare technieken voor (schade)onderzoek in het veld.

Techniek	Veld	lab.	Randvoorwaarden/beperkingen
VASTLEGGEN SCHADEBEEELD			
• visueel onderzoek			- schriftelijk vastleggen van de situatie
• endoscopie			- voldoende grote opening voor toegang tot te inspecteren locaties - bij grote lengte mogelijk positionerings onnauwkeurigheden
• macro fotografie (belichting enz.)			- geen technische camera - belichting kan van invloed zijn op het wel of niet overkomen van bepaalde details (b.v. groeilijnen vermoeiingsbreuk) en/of kleuren - rekening houden met de omgeving: • kenmerken die van belang zijn • kenmerken die van belang zijn, en bedrijfsgeheimen bevatten en waarbij opdrachtgever beperkingen stelt
• replica/plakband			- vastleggen van middels NDO vastgestelde scheuren
• micro fotografie (met mobiele apparatuur op microscoop, replica)			- doorgaans geen negatieven - kwaliteit minder dan met lab. microscopen bereikt kan worden - stabiliteit (bij montage microscoop op het monster) - alleen oppervlakken
METINGEN VAN DE GEOMETRIE			
• b.v. diametermetingen mechanische dynamische metingen - met rekstrookjes - met krachtopnemers			- meetnauwkeurigheden - toegankelijkheid
• ruwheidsmeting			- geometrische beperkingen, niet toegankelijk voor taster - plaatsingsnauwkeurigheid
• uitlijning			- letten op bereikbaarheid
• trillingsmeting			- alleen tijdens bedrijf uit te voeren

Vervolg			
Techniek	Veld	lab.	Randvoorwaarden/beperkingen
NIET-DESTRUCTIEF ONDERZOEK			
• Ultrasoon			- afhankelijk van vorm, afmetingen bereikbaarheid ed. Inwendige volume techniek speciaal voor vlakke fouten.
• Wervelstroom			- afhankelijk van vorm, afmetingen bereikbaarheid ed. - quasi-oppervlaktetechniek
• Penetrant; rood/wit, fluoreserend			- afhankelijk van vorm, afmetingen bereikbaarheid ed.
• Magnetisch; zwart/wit, fluoreserend			- afhankelijk van vorm, afmetingen bereikbaarheid ed. - voorbereiding oppervlak - oppervlaktetechniek
• potential drop scheurdiepte meting			- afhankelijk van vorm, afmetingen bereikbaarheid ed.
• TOFD (scheurdiepte meting)			- afhankelijk van vorm, afmetingen bereikbaarheid ed. - voorbereiding oppervlak
• Lekdetectie methoden (b.v. helium lektest)			- afhankelijk van vorm, afmetingen bereikbaarheid ed.
• Hechtingsfouten (fokker bondtester)			- afhankelijk van vorm, afmetingen bereikbaarheid ed.
• Röntgenspanningsmetingen			- afhankelijk van vorm, afmetingen bereikbaarheid ed. - voorbereiding oppervlak - kristallijne metalen en kunststoffen
• Magnetische spanningsmetingen (Magneto scan)			- afhankelijk van vorm, afmetingen bereikbaarheid ed. - magnetiseerbare materialen
• Radiografisch onderzoek			- afhankelijk van vorm, afmetingen bereikbaarheid ed. - alleen volumetrische fouten - stralings- en veiligheidshygiene
• Akoestische emissie (bewaking scheurgroei in afwachting van reparatie/vervanging)			- afhankelijk van vorm, afmetingen bereikbaarheid ed. - altijd thermische en/of mechanische belasting
• IR thermography			- beperking bij lange afstandsmetingen - nauwkeurige bepaling emissiefactor noodzakelijk

Vervolg

Techniek	Veld	lab.	Randvoorwaarden/beperkingen
MICROSCOPISCH ONDERZOEK			
• breukvlakken (lichtmicroscopisch)			- beperkte scherptediepte - foto's maken niet mogelijk (afhankelijk van de vlakheid van het breukvlak)
• microstructuur			- vergroting in het veld beperkt tot ca 500x - stabiliteit
REPLICA'S			
• structuur			- alleen oppervlaktestructuur te onderzoeken - in het lab. onderzoeken
• breukvlakken			- in het lab. onderzoeken - gietbare replicamaterialen: details vanaf ca 1 µm kunnen worden overgenomen - kneedbare replicamaterialen: alleen macroscopische kenmerken - afhankelijk van het replicamateriaal is de toepasbaarheid positie afhankelijk
• slijtage			- karakterisering van het schadebeeld - met name voor b.v. abrasieve slijtage en oppervlaktevermoeiing kan aanvullend lab. onderzoek nodig zijn (doorsnede, analyse van ingeslagen deeltjes enz.)
• deklagen			- oppervlaktestructuur
• overige oppervlakken			- zie structuurreplica's
FERRIETMETINGEN			
• magnetisch /magne gage			- minder geschikt voor in het veld m.b.t. stabiliteit en kwetsbaarheid, voorbereiding oppervlak - alleen onder de hand toe te passen
• permeabiliteitsmeting (niet-destructief)			- structuuroriëntatie en -homogeniteit beïnvloeden de meting. - beperkingen i.v.m. minimale afmetingen
• op replica's m.b.v. point counting			- replica's gemaakt in het veld, doorgaans in het lab. onderzocht. - point counting methode (ASTM)

Vervolg

Techniek	Veld	lab.	Randvoorwaarden/beperkingen
SCHUIJTJES (verder onderzoek in het lab)			zie ook deelproject 4 taak D
• gespecialiseerde apparatuur			- voor onderzoek in het lab., resultaten niet direct bekend. - beperkingen als reparaties nodig zijn en/of niet/moeilijk uitvoerbaar. - duur. - toegankelijkheid.
• algemene apparatuur (diamant slijpschijfjes enz.)			- voor onderzoek in het lab., resultaten niet direct bekend. - relatief goedkope apparatuur, want voor meerder toepassingen geschikt (polijsten) - toegankelijkheid. - beperkingen als reparaties nodig zijn en/of niet/moeilijk uitvoerbaar.
• reparaties + lasadvies			- lasbaarheid materiaal (voorwarmen, lasproces etc) - toegankelijkheid - Post Weld Heat Treatment (PWHT) (mogelijk en nodig?)
HARDHEIDSMETINGEN			
• equo-methode			- voorbereiding oppervlak, wanddikte $\geq 10-15$ mm
• UCI-methode			- voorbereiding oppervlak, wanddikte $\geq 10-15$ mm
• standaardmethode			- in het veld doorgaans moeilijk uitvoerbaar
MATERIAAL-ANALYSE:			
• röntgen-analyse/XRF (PMI)			- voorbereiding oppervlak. Slechts 12 vaste elementen detecteerbaar. Stralings- en veiligheidshygiene
• spectraal-analyse (PMI)			- spectroscop- Voorbereiding oppervlak. Vrij grove en onnauwkeurige bepaling van materiaalsamenstelling - optische emissiespectrometer- Voorbereiding oppervlak. 16 elementen waaronder C, P en S zijn te analyseren. Nauwkeuriger dan spectroscop
• kleurentest, electrochemisch			- voorbereiding oppervlak. Meestal slechts per element toepasbaar, grove bepaling (veel/weinig) - hooggelegeerde staalsoorten
• druppeltest 304 vs 316, 316 kleurt blauwig als gevolg van molybdeen			- voorbereiding oppervlak. Meestal slechts per element toepasbaar, grove bepaling (veel/weinig) - AISI 304 vs 316
• magnetisch			- alleen geschikt voor bepaling magnetisch/niet-magnetisch, onderscheidt tussen ferritisch/duplex staal en austenitisch staal
• vonken op een slijpsteen			- destructief - alleen C-W-Si-Mo in on- en laaggelegeerde materialen
• kunststoffen			- alleen een grove indeling mogelijk, zie deelproject II

Vervolg

Techniek	Veld	lab.	Randvoorwaarden/beperkingen
CORROSIEONDERZOEK			
• onderzoek t.b.v. micro-biële aantasting			- alleen Sulfaat Reducerende Bacteriën (SRB)
• potentiostatische meting			- in het veld metingen uitvoeren met een cel, lokale meting
• meenemen corrosieproducten			- eventueel uitdroging voorkomen (bacteriën)
• bepaling bv. Cl-bepaling			- bepaling kan vrij nauwkeurig, maar vraagt de nodige kennis van chemie - geeft zelden eenduidige uitslag over corrosieoorzaak/proces, kan soms corrosieoorzaak/proces wel uitsluiten - grote variatie in mobiele labs verkrijgbaar
• Zn-detectie test, toepasbaar bij LME			- alleen Zn