

Pipeline Research Council International, Inc.

Geavanceerde lasfoutbeoordeling met behulp van 3D NDO-technieken

Stijn Hertelé, Somsubhro Chaudhuri, Universiteit Gent
Otto Jan Huising, NV Nederlandse Gasunie



KINT Congres
10 November 2021

Huidige praktijk van lasfoutbeoordeling (ECA) vereist interpretatie en vereenvoudiging

Interpretatie van NDO is tijdrovend en potentieel subjectief.

Breukmechanische analyse volgend op NDO neemt vereenvoudigde foutgeometrie aan.

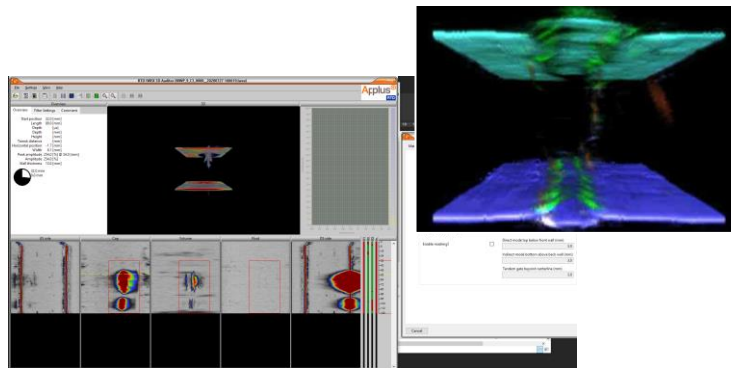
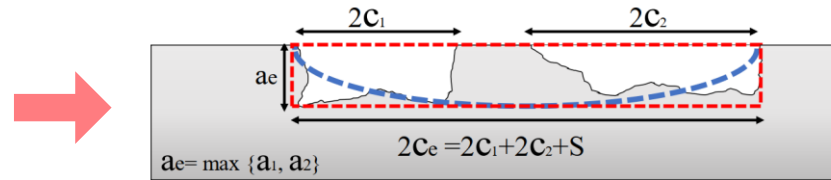
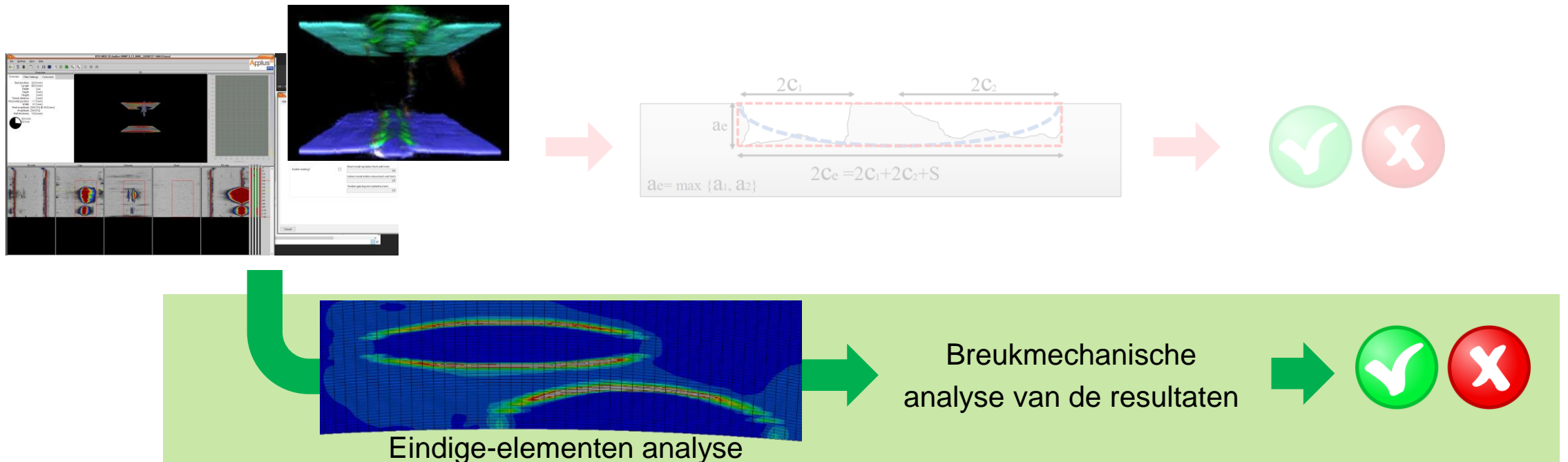


Image courtesy –
Applus+ RTD



Automatische koppeling tussen NDO en foutanalyse: objectiever en correcter?

Steunend op de immer toenemende mogelijkheden van computers en 3D NDO-technieken (“time is on our side”)



Onderzoeksvragen

Methode-ontwikkeling

Technologische en economische haalbaarheid

Experimentele validatie



<https://www.applus.com/global/en/news/rtd-iwex-receives-general-dnv-gl-qualification-for-cra-pipeline-girth-weld-applications>

... met focus op (las)defecten in transmissiepijpleidingen

PRCI-ECA-1-1: Integration of 3D NDE systems to FEA evaluation of flaws

Methode-ontwikkeling

Flowchart conceptmethodologie

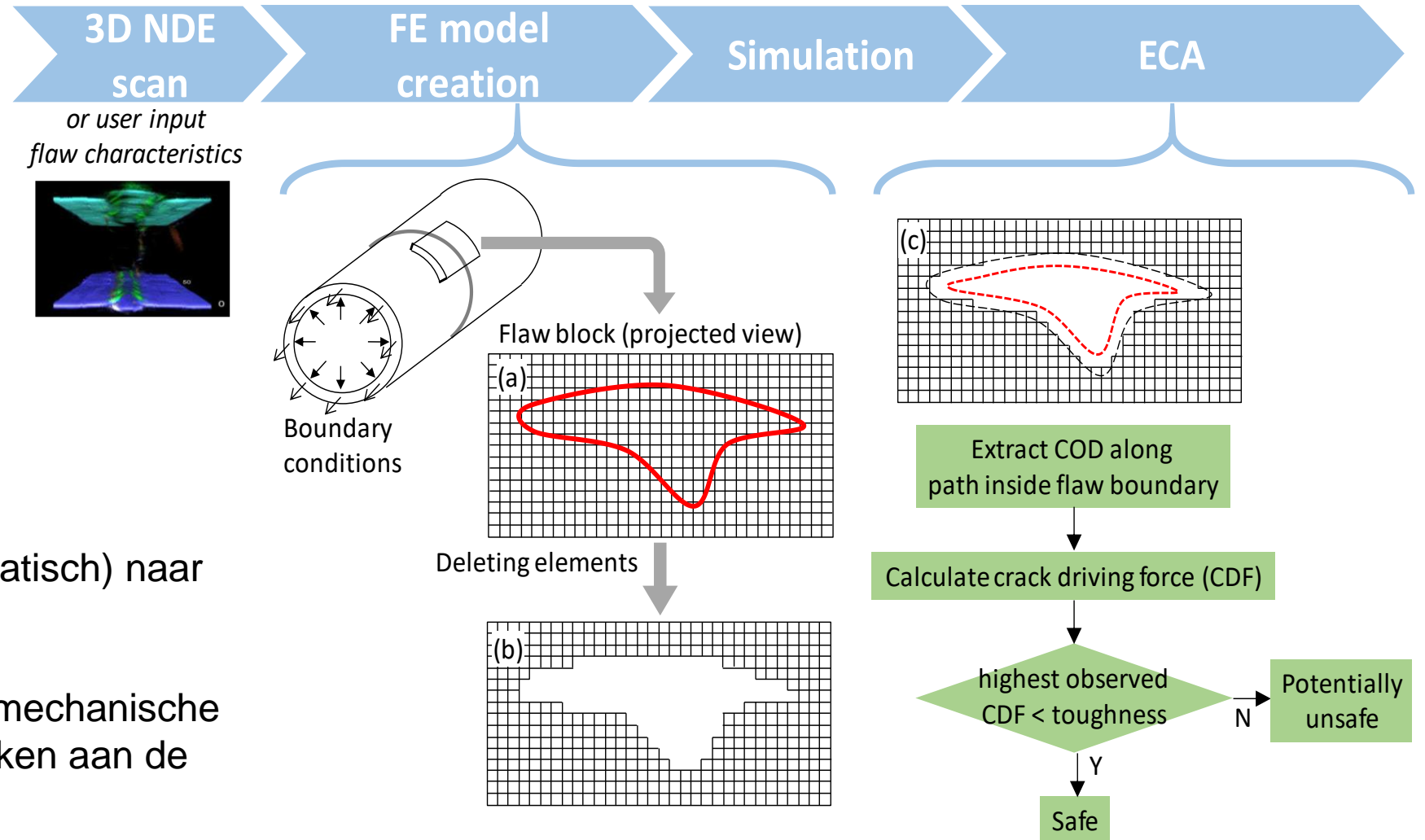
Datatransfer van NDO naar eindige-elementenanalyse

Voorbeeld

Technologische en economische haalbaarheid

Experimentele validatie

Methodologie-concept ontwikkeld in een voortraject dat werd gefinancierd door EPRG



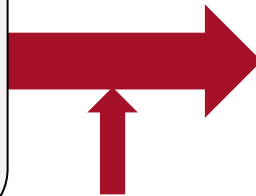
Belangrijke vragen:

Hoe van NDO-scan (automatisch) naar numeriek model?

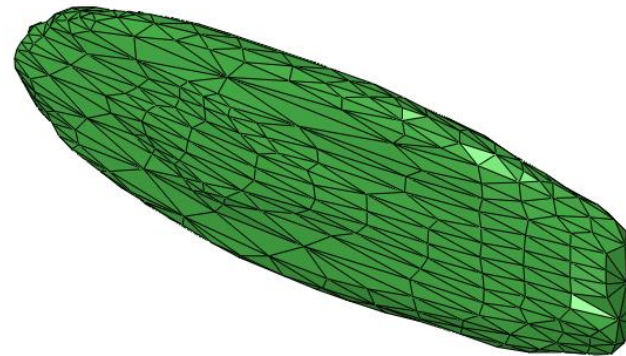
Nauwkeurigheid van breukmechanische analyse (en hoe deze te linken aan de NDO-kwaliteit)?

Van NDO naar eindige-elementen analyse: Het STL-bestandstype als koppeling

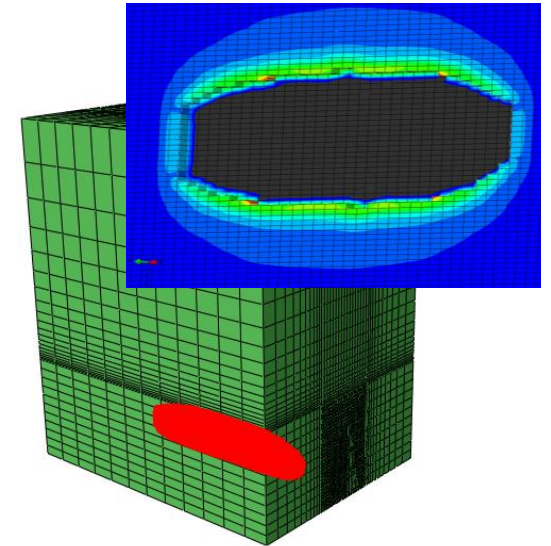
- 3D NDO Technieken**
- FMC UT
 - X-ray CT
 - EMAT
 -



↑
vendor
expertise



Getrianguleerde weergave van de
3D foutgeometrie (.STL file)



FEA-model met fout
(rode elementen worden verwijderd)

Voorbeeld van een analyse

8

Gekerfde plaat



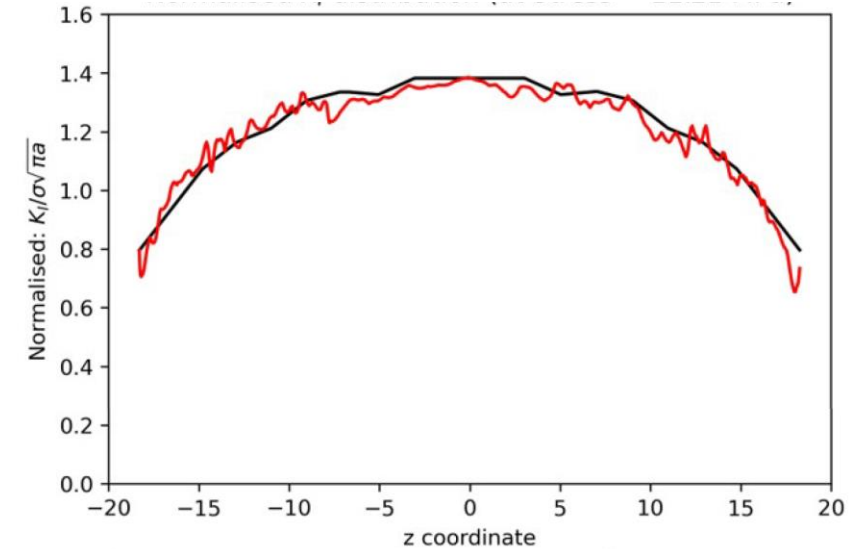
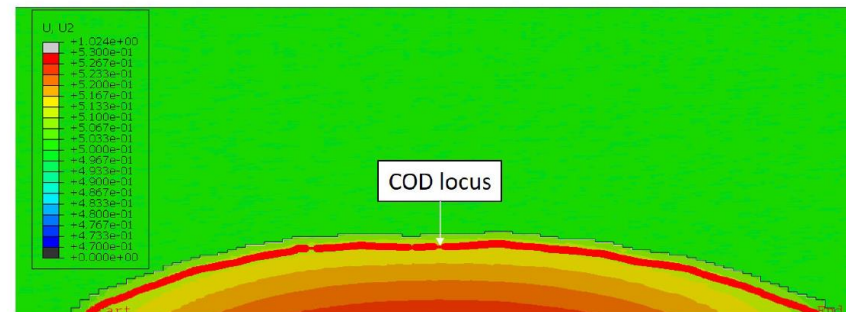
Kerf 4 mm diep, 37 mm lang

3D NDO
(Applus+ RTD IWEX)



Breukmechanische analyse (K_I)

Eindige elementen
analyse



— Intended flaw
— Smoothed scanned flaw representation

PRCI-ECA-1-1: Integration of 3D NDE systems to FEA evaluation of flaws

Methode-ontwikkeling

Technologische en economische haalbaarheid

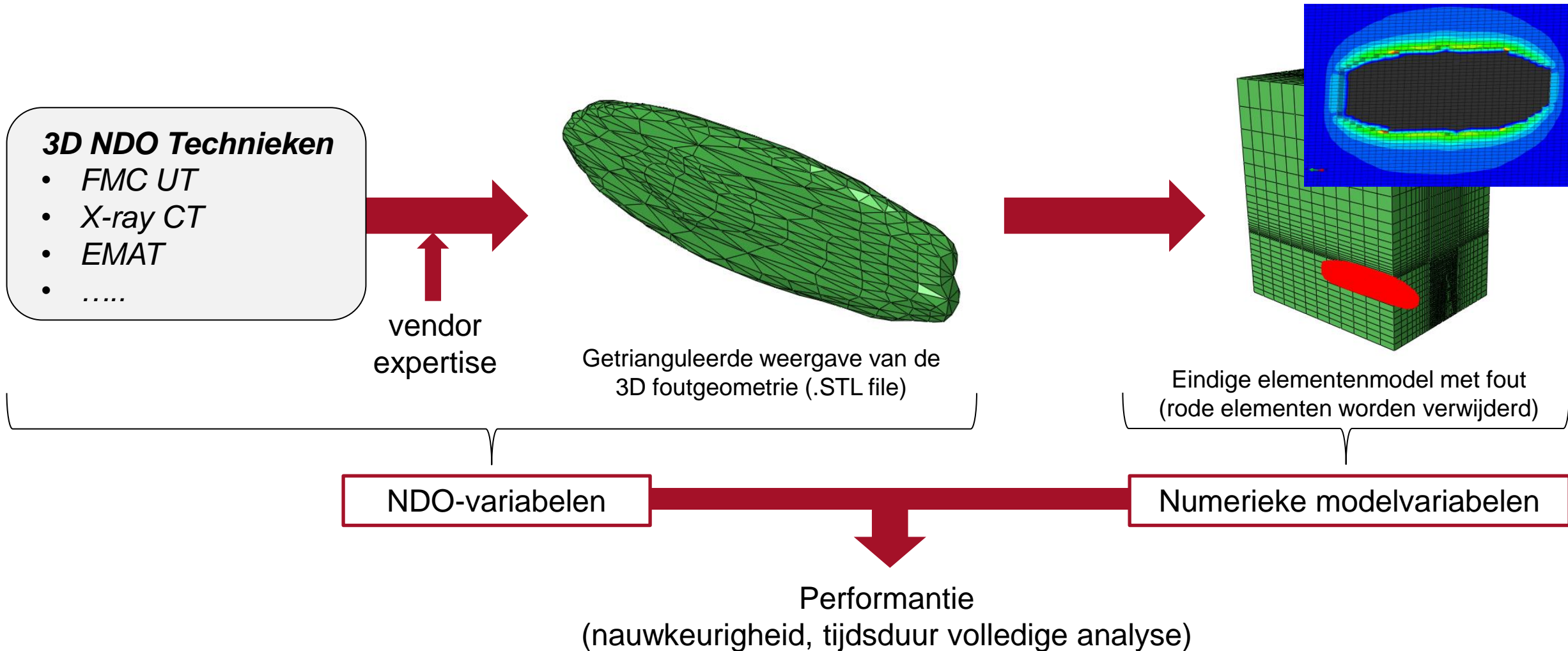
Invloed van NDO-parameters op analyse

Nauwkeurigheid en tijdsduur van analyse

Link tussen nauwkeurigheid van NDO en breukmechanische analyse

Experimentele validatie

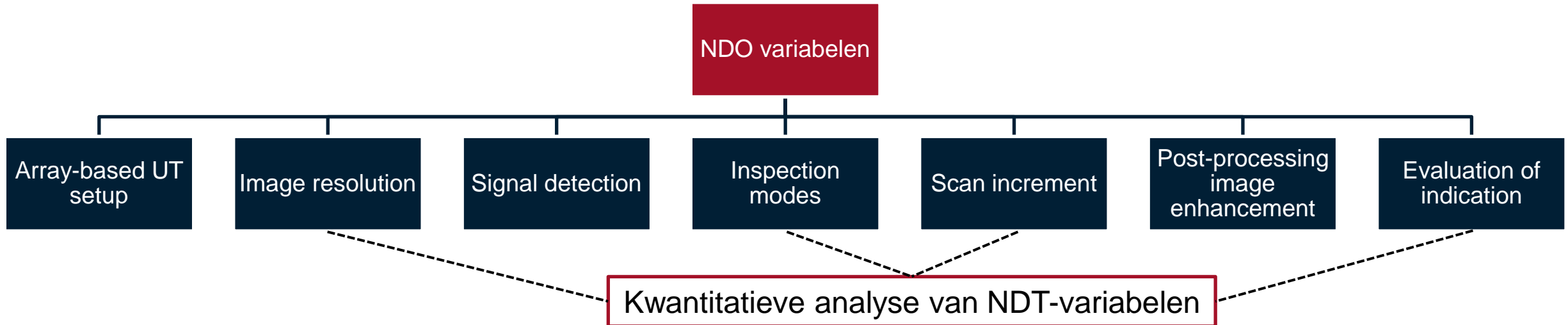
Performantie van de methode op twee niveau's: NDO en eindige-elementenmodel



Invloed van NDO-parameters op analyse (met focus op full-matrix-capture ultrasoon onderzoek)

Twee technieken werden gebruikt:

- *Applus+RTD: IWEX scanning [1]*
- *Eddyfi Technologies: FMC TFM scanning [2,3]*



[1] N. Portzgen, D. Gisolf, and G. Blacquiere, "Inverse wave field extrapolation: a different NDI approach to imaging defects," *IEEE Transactions on Ultrasonics, Ferroelectrics, and Frequency Control*, vol. 54, no. 1, pp. 118-127, 2007, doi: 10.1109/TUFFC.2007.217.

[2] F. Reverdy, G. Benoist, and L. L. Ber, "Advantages and Complementarity of Phased-Array Technology and Total Focusing Method," presented at the 19th World Conference on Non-Destructive Testing (WCNDT 2016), Munich, Germany, 2016. [Online].

Available: <http://www.ndt.net/?id=19648>.

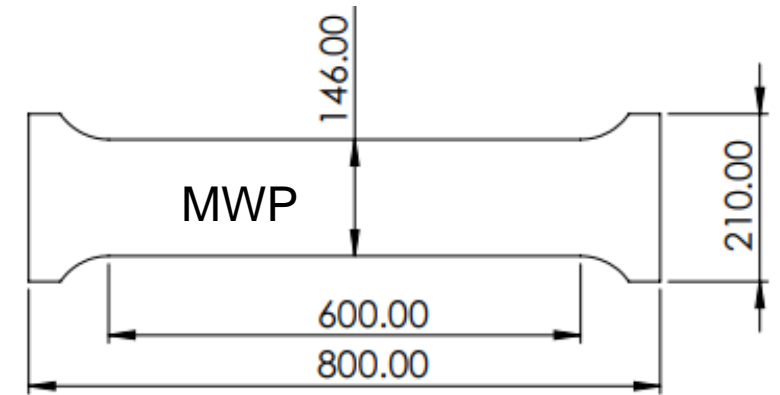
[3] C. Wassink and G. Neau, "Practical and economic advantages of FMC/TFM," presented at the ASNT Annual Conference 2018, 2018.

NDO werd uitgevoerd op gekerfde “medium wide plate” (MWP) proefstukken

API 5L X56 buis (36”, 14 mm, °1965)



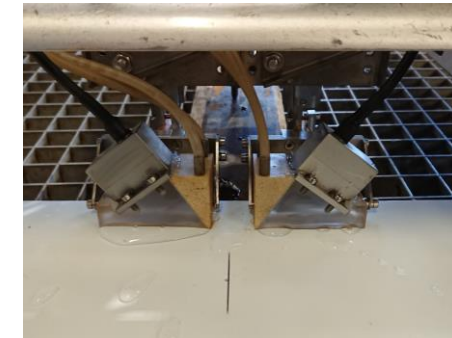
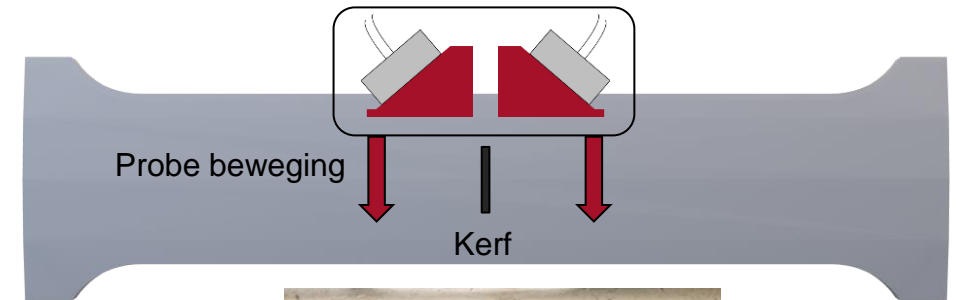
Image courtesy: A.H.M. Krom



Tien proefstukken vervaardigd

Oppervlaktekerven aangebracht door frezen of EDM

“Optimale” (volgens vendor) en bewust suboptimale parameters
→ NDO-scans van sterk variabele kwaliteit voor verdere analyse



Kwalitatieve en kwantitatieve analyse van NDT-variabelen: samenvatting

13

Invloedsklassificatie is gebaseerd op

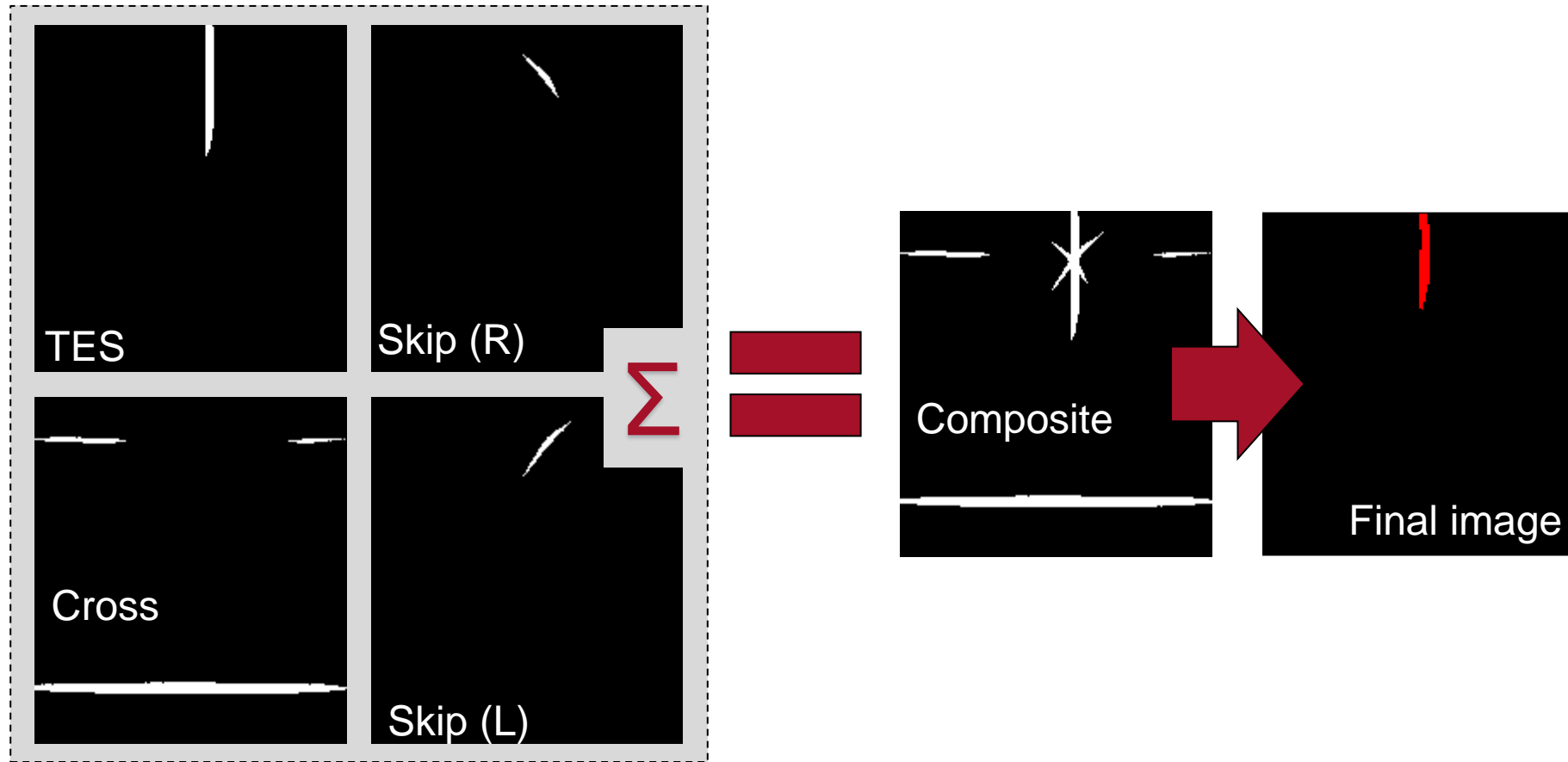
- kwaliteit van foutrepresentatie (“geschikt” of “niet geschikt”)
- en, indien geschikt, de kwantificering van de nauwkeurigheid van foutgeometrie

Invloed Ranking	Variabelen	Opmerking (NDO techniek en defect geometrie specifiek)
1	Inspectiemode(s)	Juiste keuze essentieel voor nauwkeurige defectrepresentatie
2	Beeldresolutie in vlak loodrecht op het defect	Grote invloed op bruikbaarheid NDO-scan voor verdere analyse
3	Strategie voor identificatie van defectgeometrie (6dB drop vs. tip diffractie)	Vooral invloed op bemating foutgrootte, eerder dan op geometrie
4	Scan-increment in langsrichting van het defect	Bepaalde invloed, die nadien met post-processing in zekere mate kan opgeheven worden

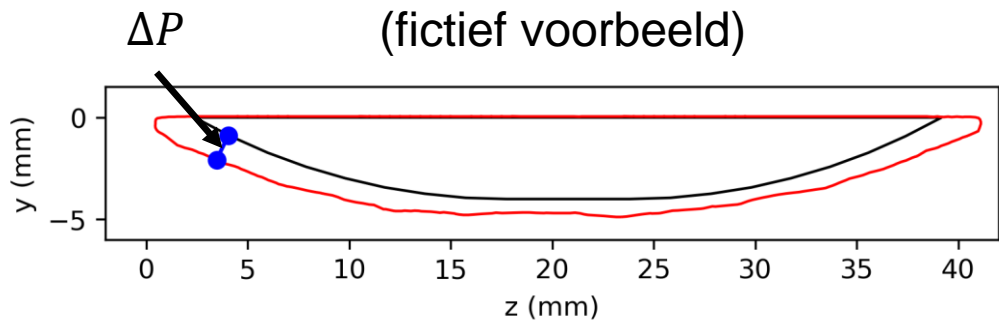
Voorbeeld analyse: belang van keuze inspectiemode(s)

14

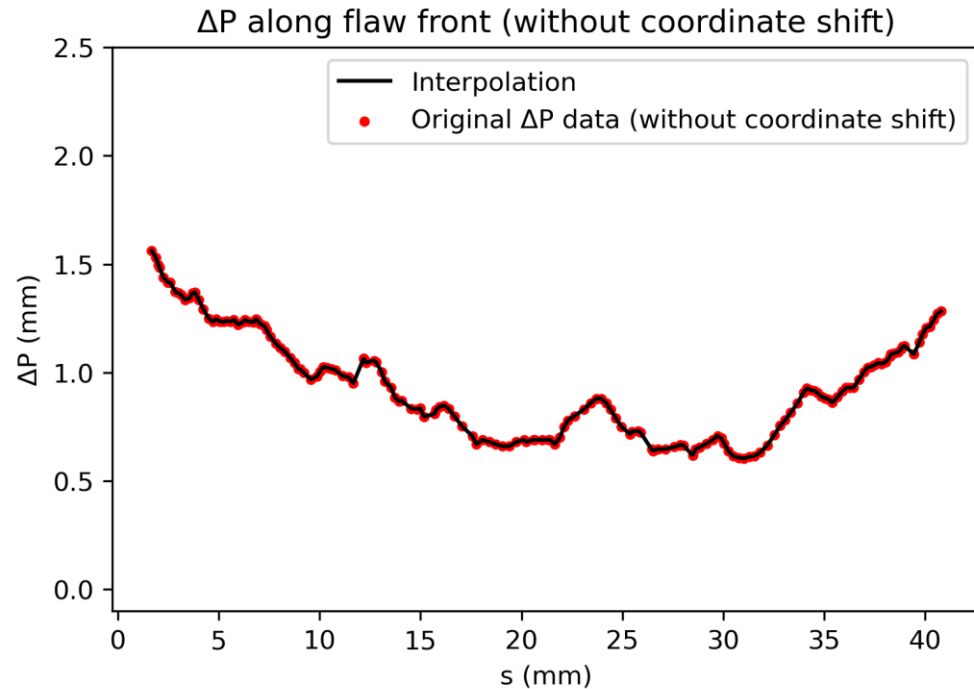
NDO-leveranciers hebben cruciale expertise in het kiezen van de beste inspectiemode(s) voor weergave en dimensionering van defecten.



Kwantificering van de afwijking tussen werkelijke en gescande foutgeometrie

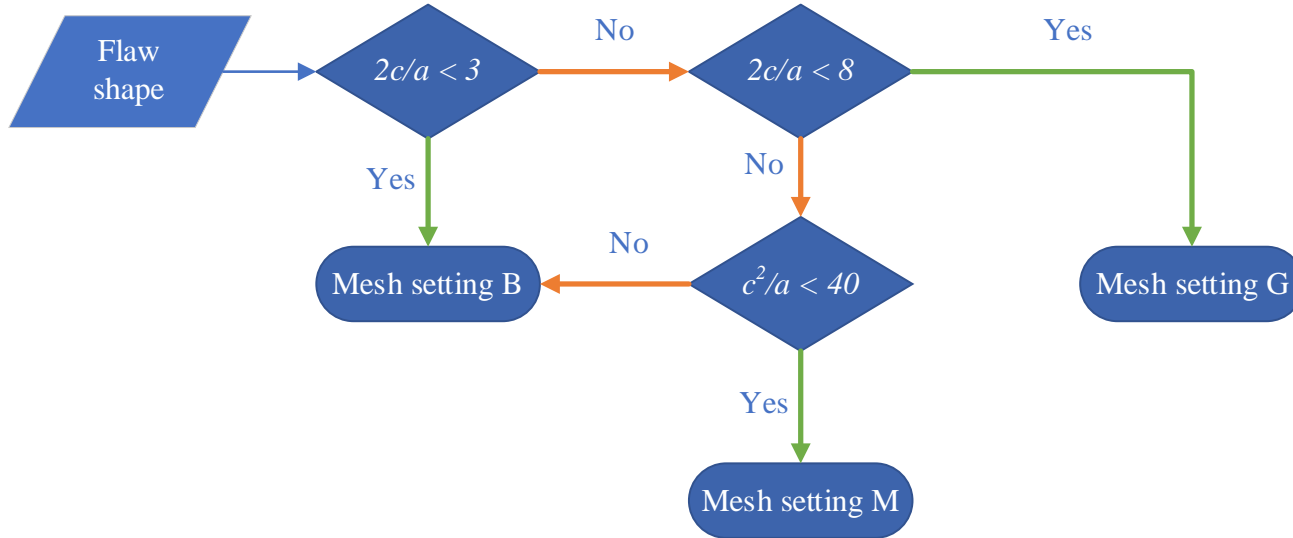


ΔP : loodrecht verschil tussen scan en werkelijke foutgeometrie



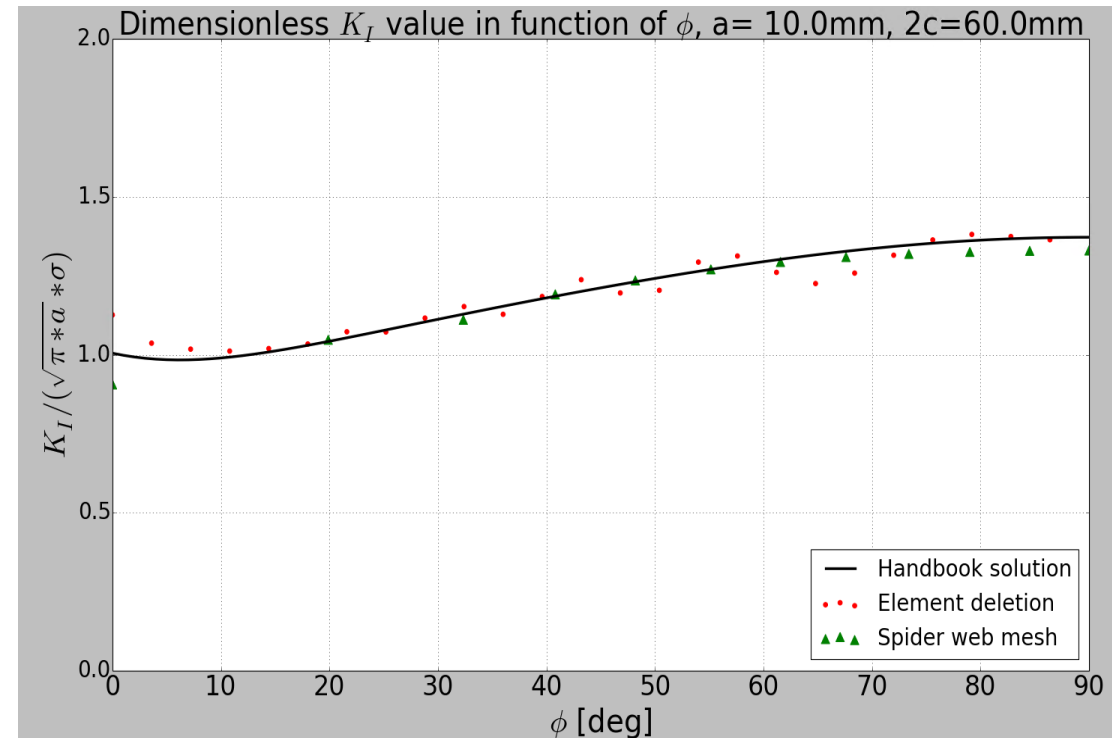
$PIE\%_{\Delta P}$: RMS-afwijking op ΔP

Eindige-elementen breukmechanische analyse: optimalisatie van modelparameters



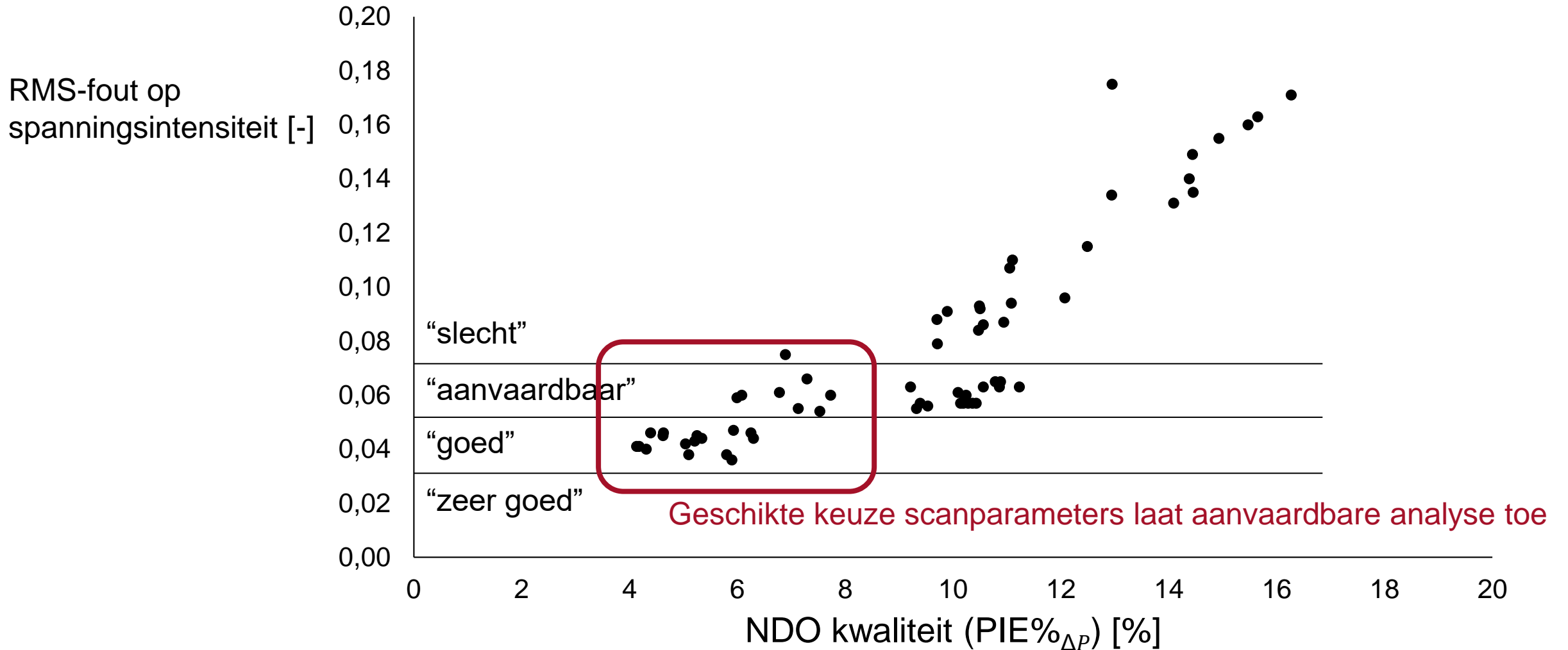
Gebaseerd op “Pareto efficientie”:
balans tussen nauwkeurigheid en analyseduur

Huidige modellering benadert een analyseduur die
toepassing in het veld economisch kan verantwoorden



Nauwkeurigheid van breukmechanische analyse is sterk gerelateerd aan kwaliteit van NDO

17



PRCI-ECA-1-1: Integration of 3D NDE systems to FEA evaluation of flaws

Methode-ontwikkeling

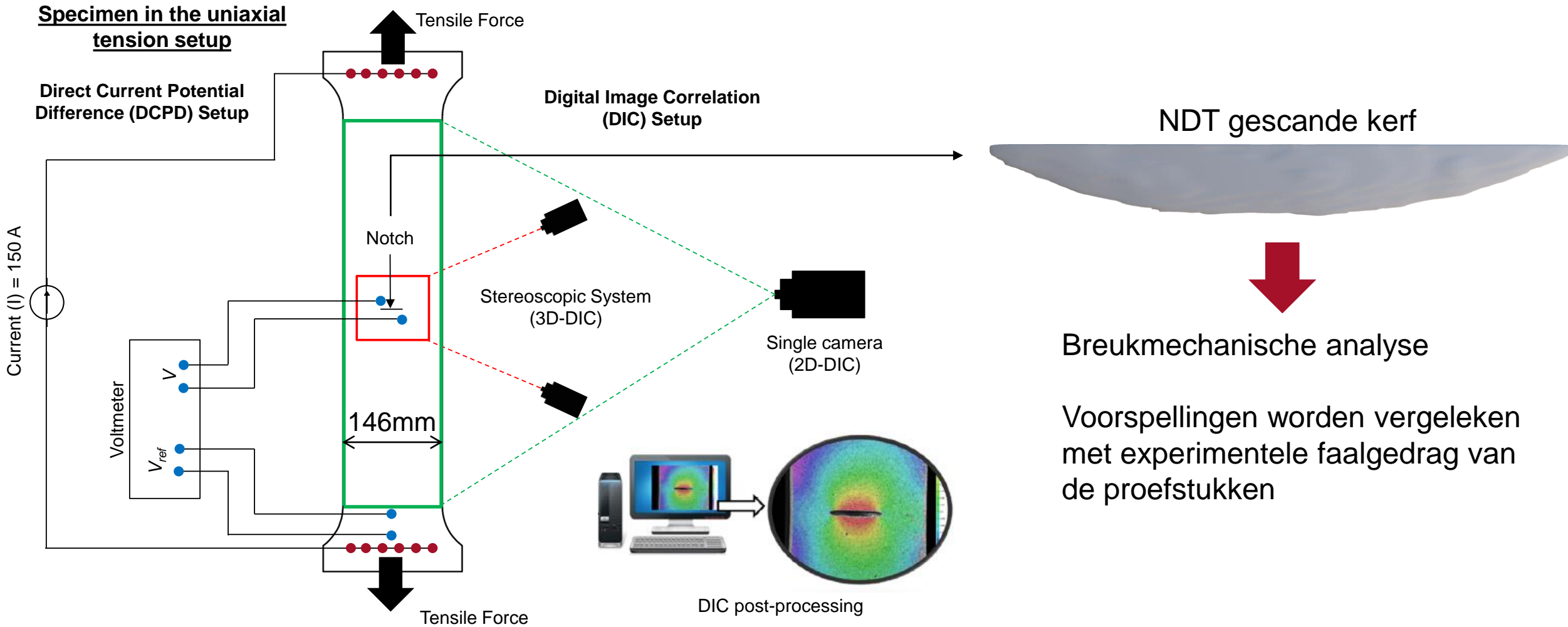
Technologische en economische haalbaarheid

Experimentele validatie

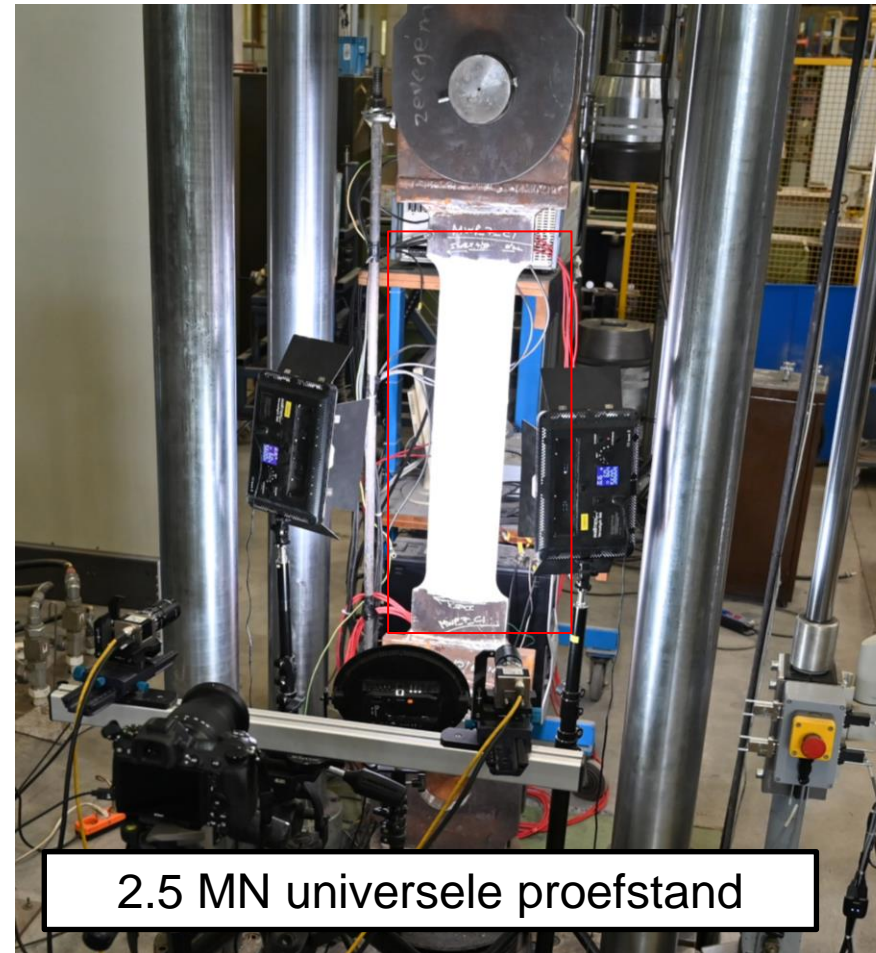
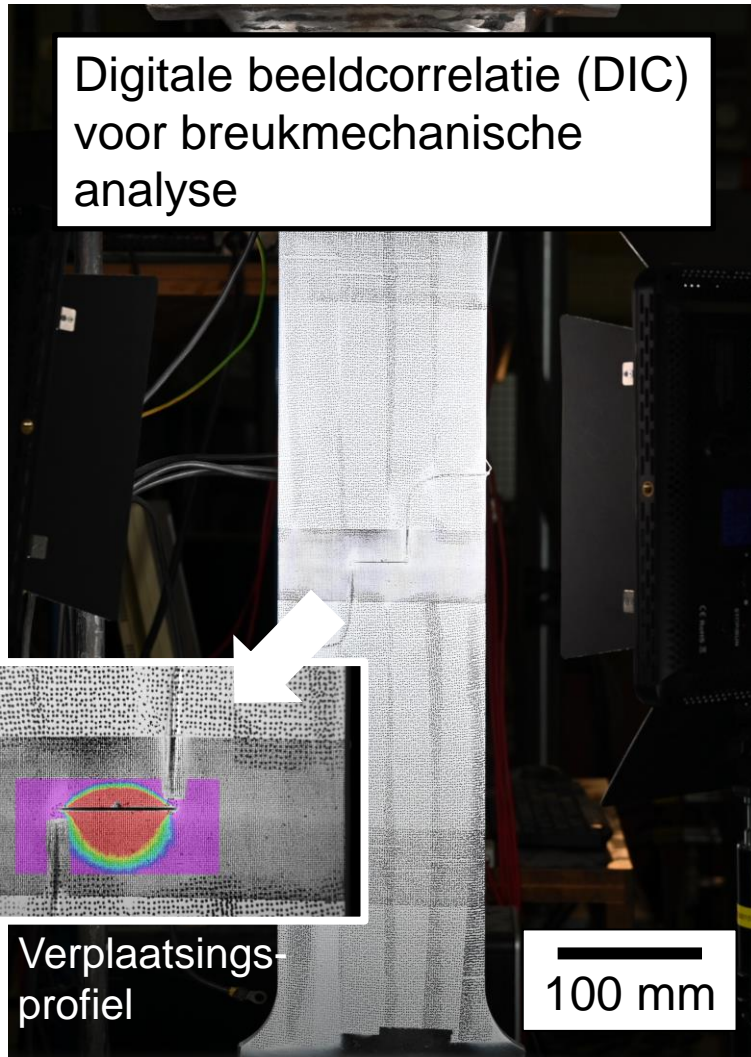
Proefprogramma

Voorbeeld resultaat

Experimentele validatie a.h.v. medium wide plate (MWP) trekproeven



Experimentele validatie: MWP testen (work in progress)



DCPD bedrading
(bepaling van initiatie van ductiele scheurgroei)



PRCI-ECA-1-1: Integration of 3D NDE systems to FEA evaluation of flaws



- Methodie-ontwikkeling
- Technologische en economische haalbaarheid
- Experimentele validatie

Resterende onderzoeksvragen

Inpassing van NDE-FEA methodologie in gestandaardiseerde methodes voor breukmechanische analyse (failure assessment diagram)

Toepassing van methode op ingebedde defecten (momenteel beperkte nauwkeurigheid)

Invloed van stomphed van fouten? (“porositeit versus scheur”)

PRCI-ECA-1-1: Integration of 3D NDE systems to FEA evaluation of flaws



Hartelijk dank aan volgende projectpartners voor in-kind aanleveren van scans:

- **Applus+ RTD**
- **Eddyfi Technologies**
- **ROSEN Group**
- **ADV Integrity**