



Beoordeling van damwandconstructies

Webinar vrijdag 12 april 2024

Renger van de Kamp (RWS)

Hans Brinkman (Deltares)

Diego Allaix (TNO)



12 april 2024



KENNISPROGRAMMA
NATTE KUNSTWERKEN

Inhoud

Programma

- 9.00 Welkom en introductie - Renger van de Kamp
- 9.10 Beoordeling van damwandconstructies: overzicht van huidige en aankomende normen - Hans Brinkman
- 9.30 Corrosie van stalen damwanden: metingen op damwandplanken en ankers en nieuwe ontwikkelingen - Hans Brinkman, Diego Allaix
- 9.50 Methodiek voor het bepalen van einde technische levensduur van damwanden - Diego Allaix
- 10.10 Q&A
- 10.30 Sluiting

S.v.p. vragen via chat & microfoon uit



KENNISPROGRAMMA
NATTE KUNSTWERKEN

Kennisprogramma Natte Kunstwerken

- Samenwerking tussen 3 kennisinstututen en 1 'natte' assetmanager



- Co-creatie
- Sinds 2017
- Kennisdeling met projecten en met collega assetmanagers via de Kennisbank KPNK (website)



Drie kernvragen waar elke beheerder antwoorden op zal zoeken:

1. **Hoe lang gaat mijn kunstwerk nog mee?**
2. Welke opties heb ik vervolgens?
3. Hoe weeg ik opties af in termen van kosten en baten, nu of later?



12 april 2024





KENNISPROGRAMMA
NATTE KUNSTWERKEN

Waarom damwanden



Damwanden

- aanzienlijk aantal "einde technische levensduur"
- lastig te inspecteren; bovendien riskant

➤ RWS-areaal damwanden: bijna 800 km + wat onderdeel is van kunstwerken





Waarom damwanden

Setting:

- Hoge vervangingskosten
- Geen duidelijke omschrijving van “einde levensduur”
- Geen objectieve criteria voor restlevensduur van bestaande damwanden
- Afweging “correctief onderhoud” versus “betrouwbare budgetreserveringen”

Technisch:

- Is afkeuren op plooi wel realistisch?
- “wildgroei” aan corrosiesnelheden in normen en richtlijnen
- Hoe kun je goede corrosiemetingen uitvoeren ?
- Hoe bepaal je restlevensduur van ankerstangen?
- Criteria voor toepassing hergebruikte planken?



Waarom damwanden

- Kansen en vragen vanuit projecten en van beheerders:
 - Kunnen we vaarweg verdiepen?
 - Hoe lang gaat het nog mee?
 - Vrijkomende damwanden vanuit o.a. Eefde (85 jr) en Roggebotsluis (75 jr).
 - Vrijkomende ankerstangen Twentekanal, Roggebotsluis
 - Database corrosiemetingen.



- NEN 6766, NEN8707 en NPR bewezen sterkte
- Producten kennisprogramma



KENNISPROGRAMMA
NATTE KUNSTWERKEN

Meer info



KENNISPROGRAMMA
NATTE KUNSTWERKEN

[Home](#) [Over ons](#) [Het programma](#) [Kennisbank](#) [Meedoen](#) [Begrippen](#) [Contact](#) [Q](#)



Inzicht in de uitdaging

Natte kunstwerken van de toekomst

In Nederland zijn kunstwerken in de waterinfrastructuur (zoals schutsluizen, stuwen, gemalen en stormvloedkeringen) gebouwd met een verwachte levensduur tot wel 100 jaar. Een groot deel van deze kunstwerken nadert het einde van die levensduur. Het vervangen en renoveren ervan is een miljardeninvestering. Op deze website ontsluiten we kennis over de vraag wanneer een kunstwerk vervangen of gerenoveerd moet worden, hoe vervangings- en renovatieopties eruit kunnen zien en tegen elkaar afgewogen kunnen worden en hoe we daarbij kunnen anticiperen op toekomstige ontwikkelingen.



www.nattekunstwerkenvandetoekomst.nl



12 april 2024



KENNISPROGRAMMA
NATTE KUNSTWERKEN

Kennisbank



KENNISPROGRAMMA
NATTE KUNSTWERKEN

[Home](#) [Over ons](#) [Het programma](#) [Kennisbank](#)

Toolbox damwanden; interactieve pdf over onzekerheidsreductie voorspelling restlevensduur

10 APRIL 2024

Veel van de stalen damwandconstructies die als beschoeiingen langs vaarwegen of als onderdeel van natte kunstwerken geplaatst zijn in de jaren 50, 60 en 70...

[Naar kennisbijdrage](#)

KEERSLUIS | SCHUTSLUIS | STORMVLOEDKERING | SPUISLUIS | STUW

Protocol verwerking AIS-data voor aanvaarrisico's en - belastingen

20 MAART 2024

Veel natte kunstwerken zijn maatwerkoplossingen op hun specifieke locatie in het Hoofdwatersysteem. Een aantal van deze kunstwerken heeft te maken met extra belasting door steeds...

[Naar kennisbijdrage](#)

DAMWAND

Dikteafname ankerstangen Twentekanaal

15 MAART 2024

Door corrosie neemt de dikte af van ankerstangen in damwandconstructies. Maar hoe groot is die afname en hoe betrouwbaar kunnen we de reststerkte van de...

[Naar kennisbijdrage](#)

DUIKER | SIFON

Integrale analyse van inspectie- en onderzoeksgegevens als bijdrage aan een betere prognose van de restlevensduur van duikers en sifons

1 MAART 2024

Duikers en sifons hebben belangrijke functies als het gaat om kruisen van wegen en waterwegen, en voor het watersysteem. We gaan ervan uit dat deze...

[Naar kennisbijdrage](#)

17 april 2024



Beoordeling van damwandconstructies

Een overzicht van huidige en aankomende normen

Hans Brinkman



Inhoud

Onderzoek

Normen en richtlijnen & tools

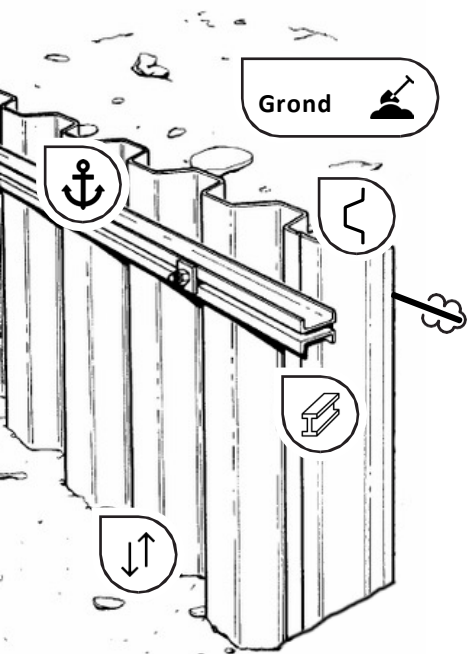
- Huidig
- Aankomende



Infographic

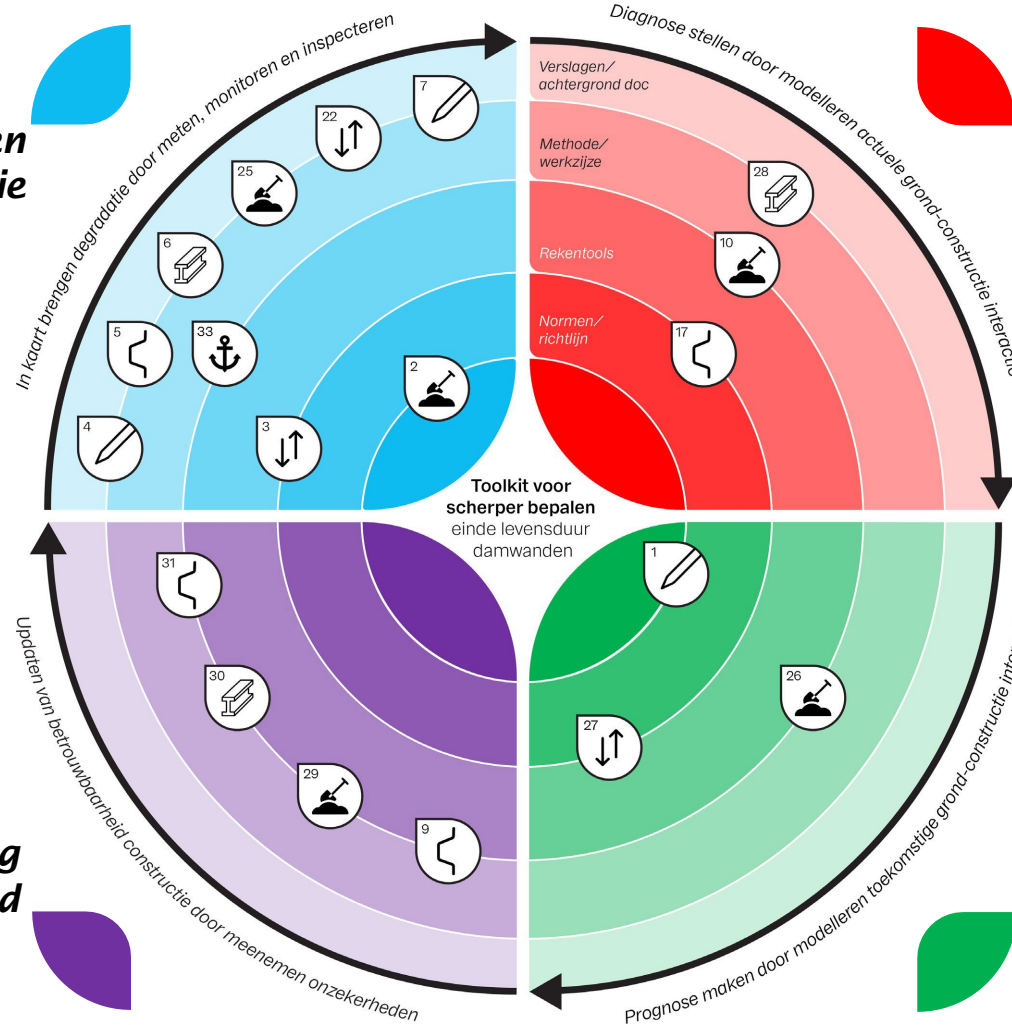
Kennisniveaus

1. Onderzoek
2. Methoden
3. Rekentools
4. Normen & richtlijnen



In kaart brengen huidige conditie

Bepaling betrouwbaarheid



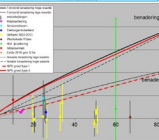


Onderzoek

KENNISPROGRAMMA NATTE KUNSTWERKEN

Eefde

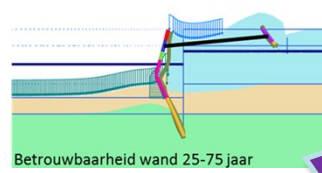
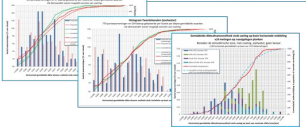
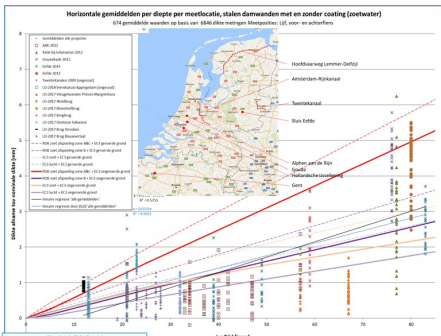
85 jaar oud



verrijkt in de bodem (jaar)

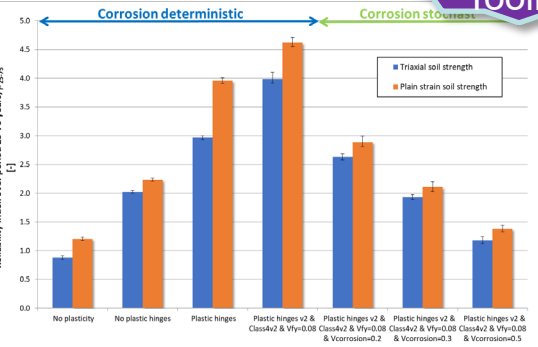
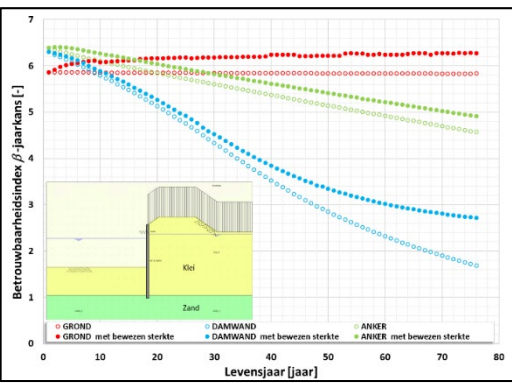
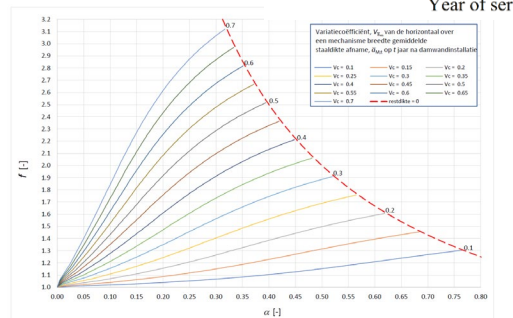
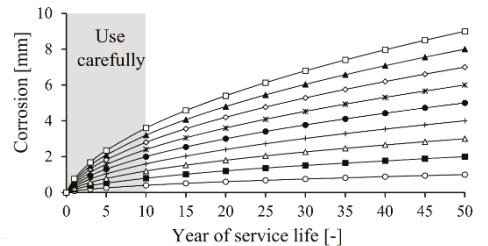
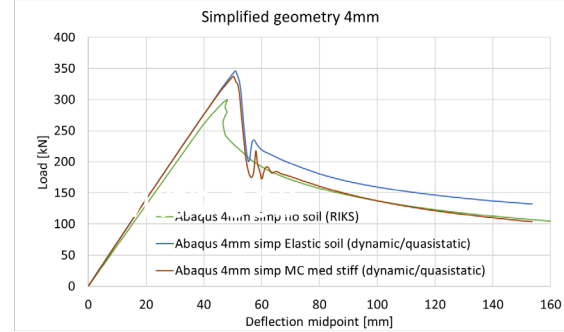
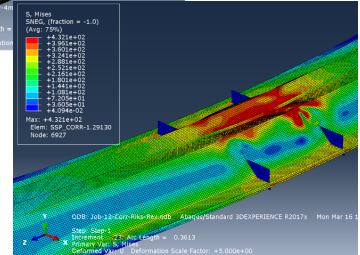
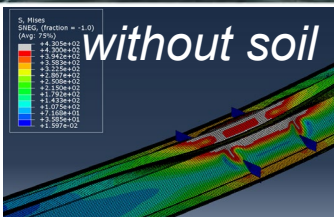
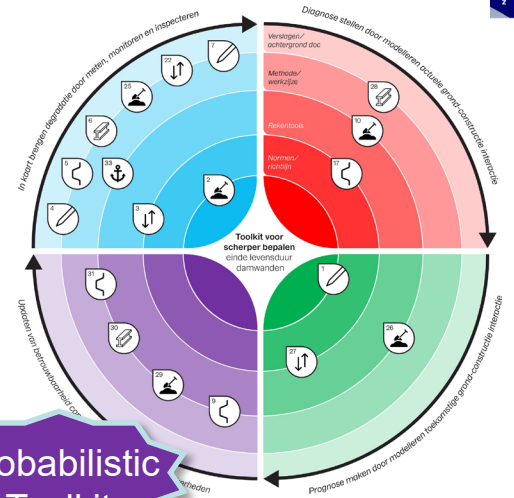


Nederland



Betrouwbaarheid wand 25-75 jaar

Probabilistic Toolkit

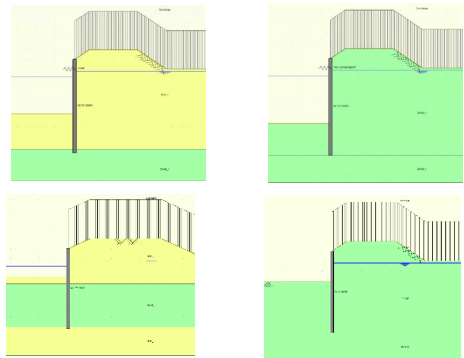
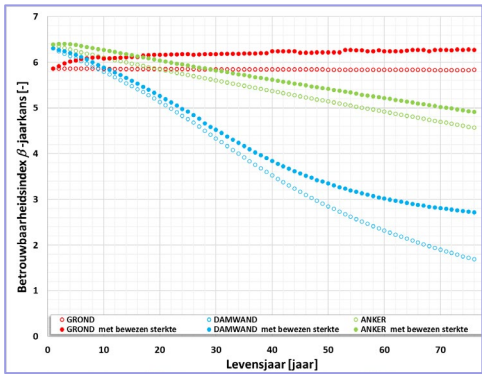




Onderzoek

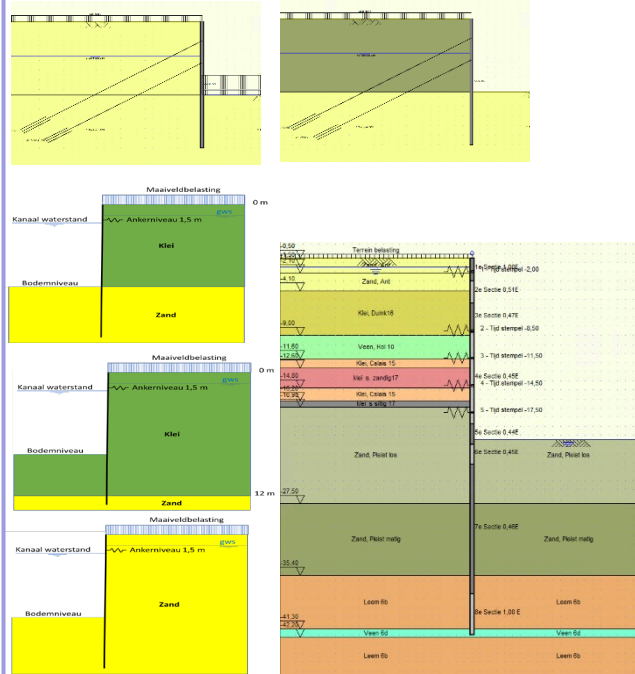
Regionale keringen (2024)

- bewezen sterkte, 75 jaar
- jaarkansen
- corrosie
- belasting Gumbel
- onverankerd en verankerd
- grondwaterstroming



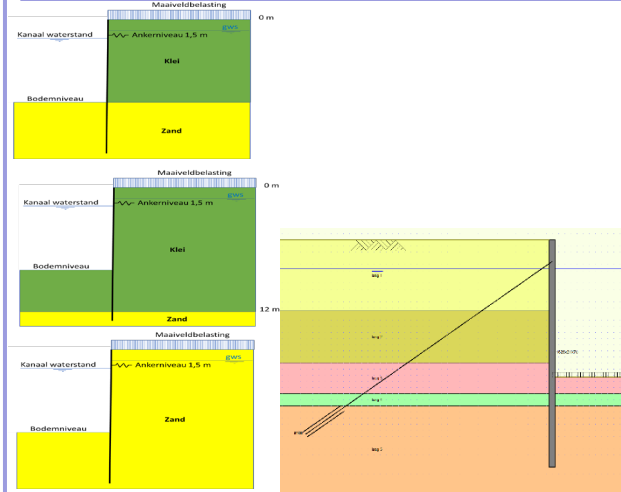
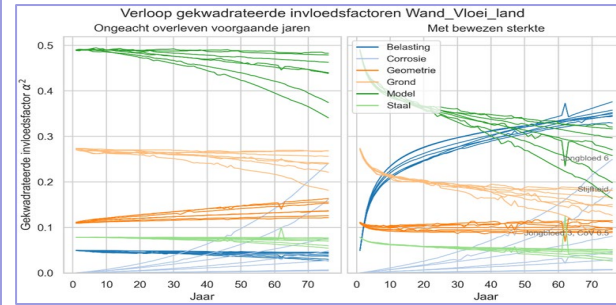
CUR166 7^e druk (2024)

- levensduurkansen
- corrosie
- belasting Gumbel
- variatie steunpunt stijfheid
- enkel en meervoudig ondersteund



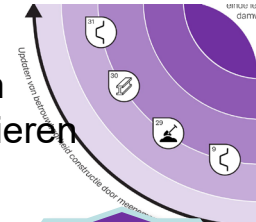
NEN 8994 (2023)

- bewezen sterkte, 75 jaar
- jaarkansen
- corrosie
- belasting Gumbel
- enkelvoudig verankerd

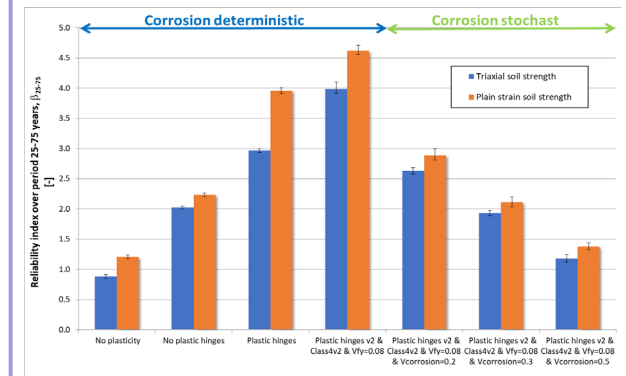
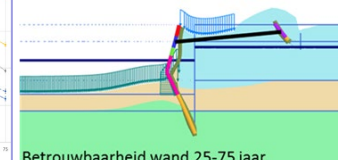
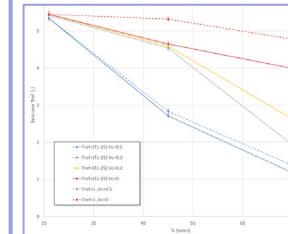


KpNK (2021)

- bestaande damwand
- restlevensduurkansen
- incl plastische scharnieren
- belasting Gumbel
- corrosie
- 2D/3D sterkte
- PTK + PLAXIS

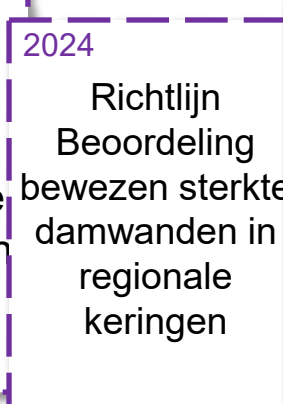
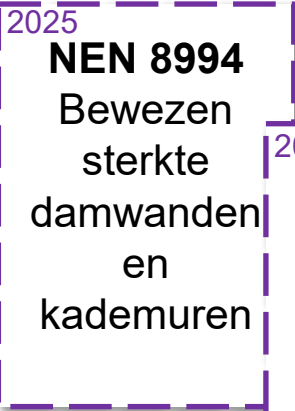
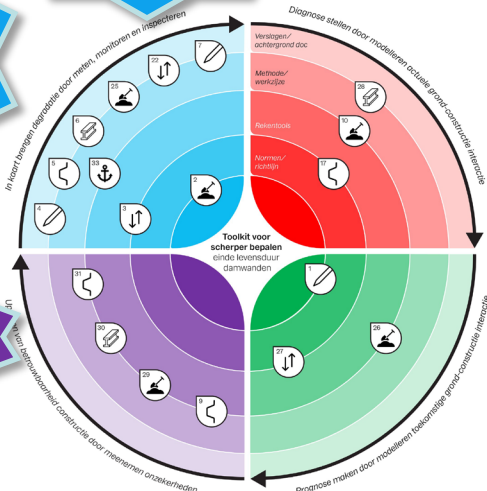
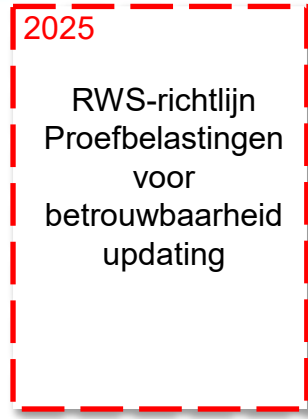
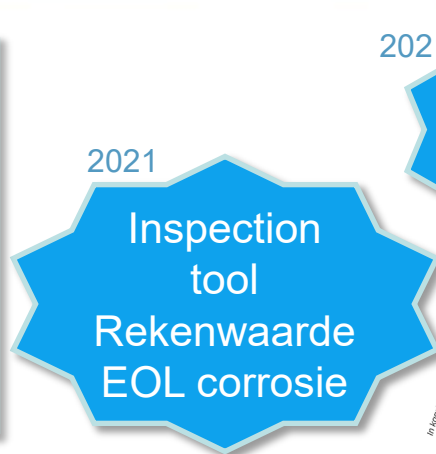


Probabilistic Toolkit



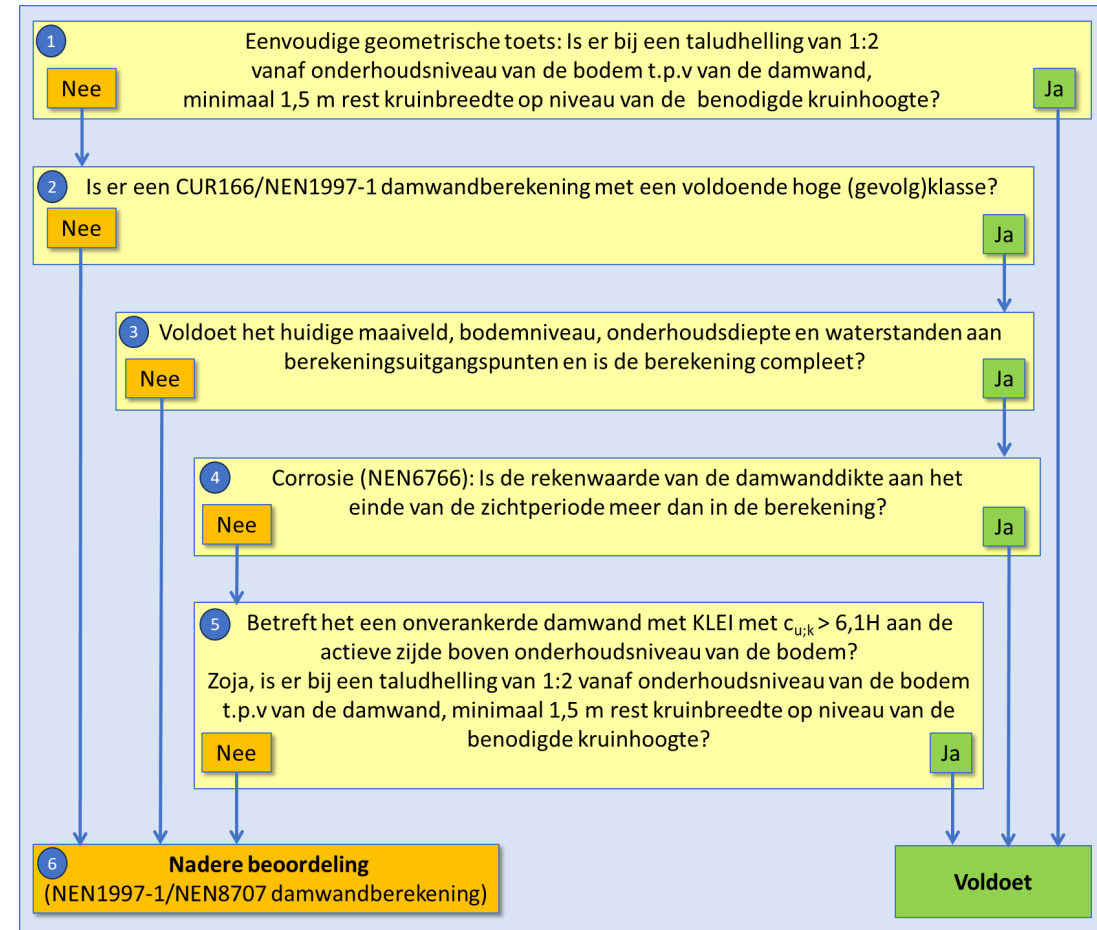
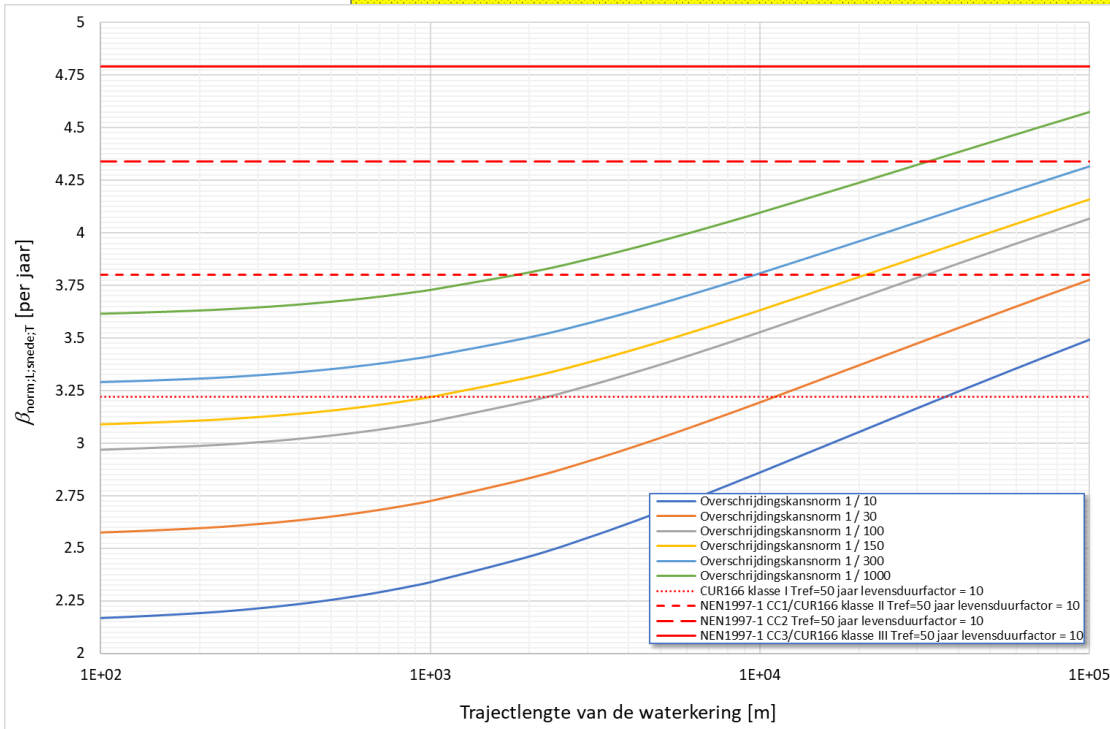
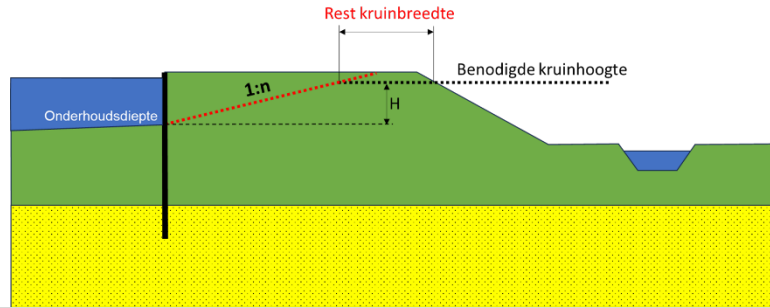


Resultaat: normen, richtlijnen, protocol en tools





Verfijndere beoordeling damwanden in regionale keringen in Rijksbeheer





Veiligheidsformat 7^e druk CUR166:2024

Beoordeling op elementniveau

Splitsing geotechnisch en constructief falen

Geotechnisch falen

Constructief falen

Beoordelings- combinaties

VC3-Geo + M2-Geo

Invloed op betrouwbaarheid



Constructieve sterkte en belasting in balans

VC3-Str + M2-Str

+

Vangnet
constructieve sterkte dominant

VC4 + M1

Invloed op betrouwbaarheid





NEN 8994:2025

Bewezen sterkte damwanden en kademuuren

- Aanvullende norm op NEN8707
- Gebaseerd op jaarkansen
- Stalen damwanden
- 30 jaar ongewijzigde situatie (=ervaring)
- Beoordeling CC1 en CC2 op afkeur voor maximale restlevensduur van 15 jaar
- Tabellen met aangepaste partiele factoren
- Eisen aan inspectie



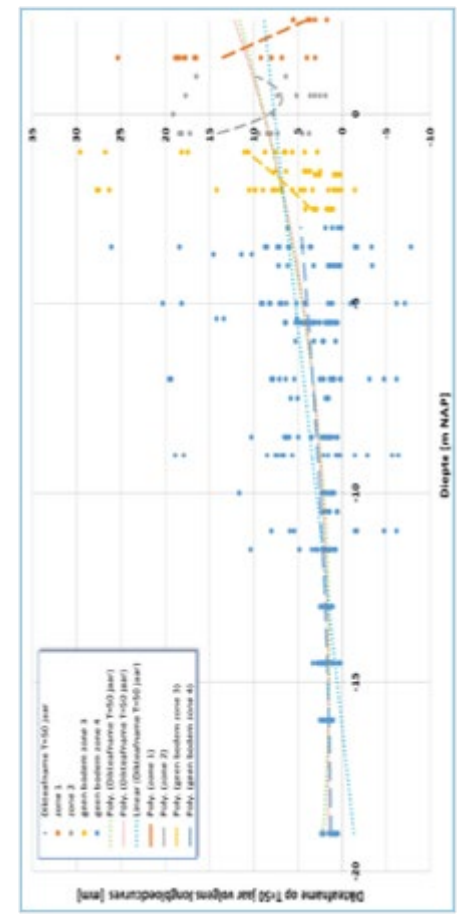
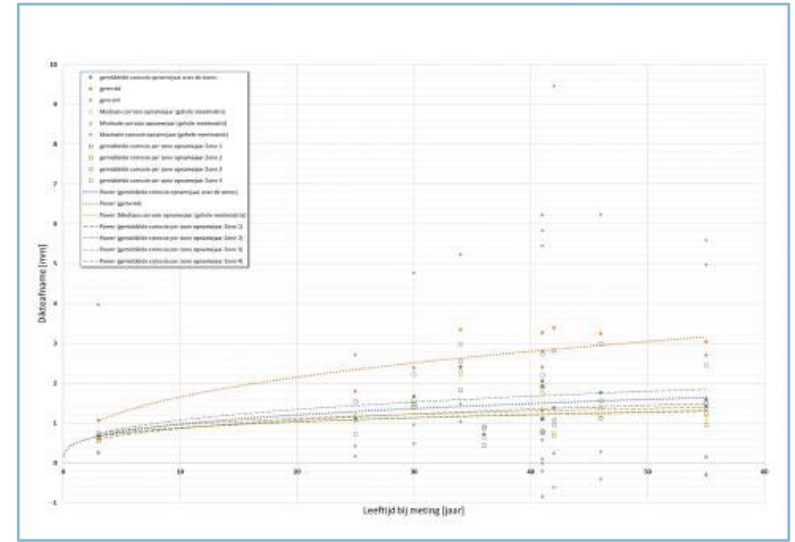
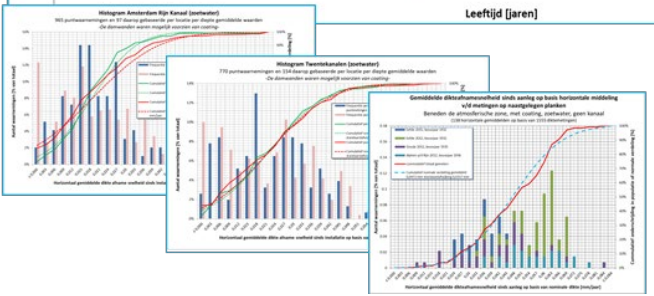
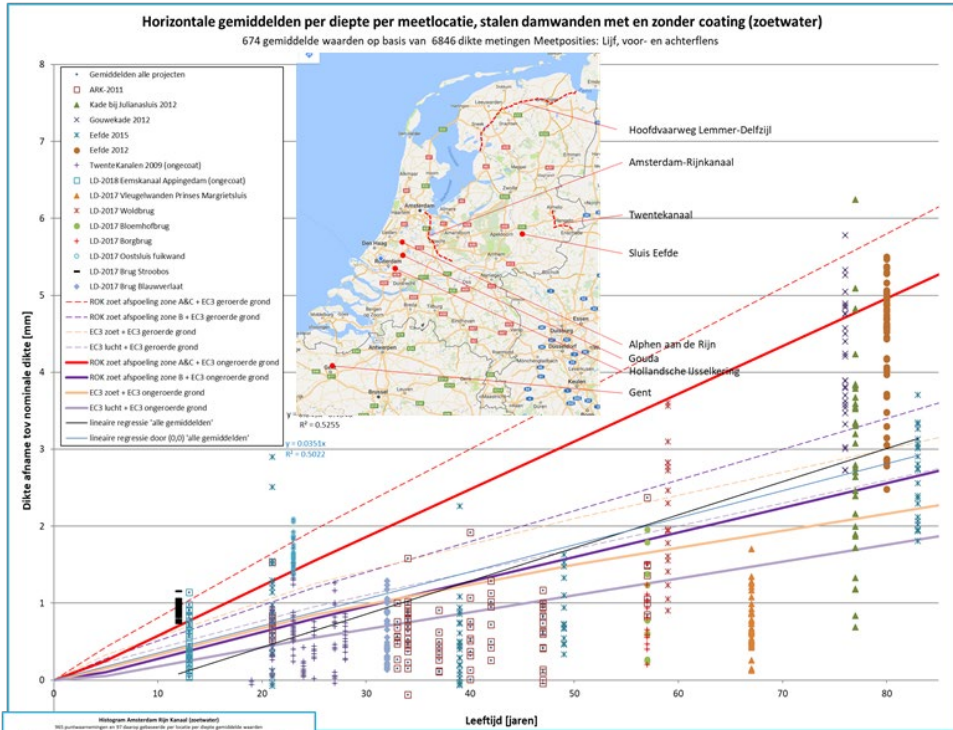
Corrosie van stalen damwanden

Metingen op damwandplanken en ankers en nieuwe ontwikkelingen

Hans Brinkman en Diego Allaix



Bestaande metingen dam- en combi-wanden

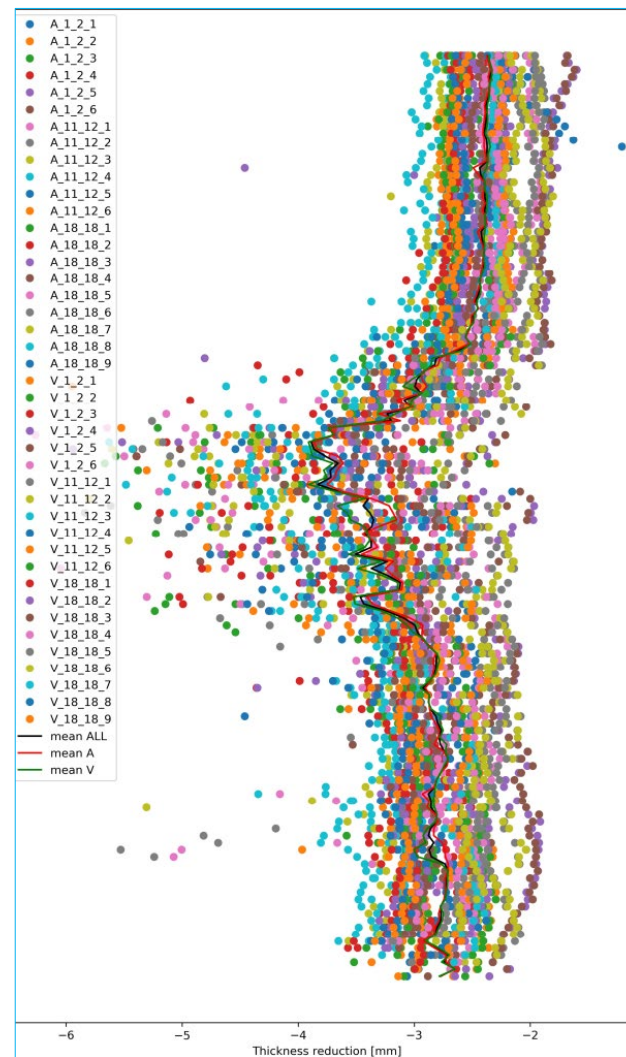
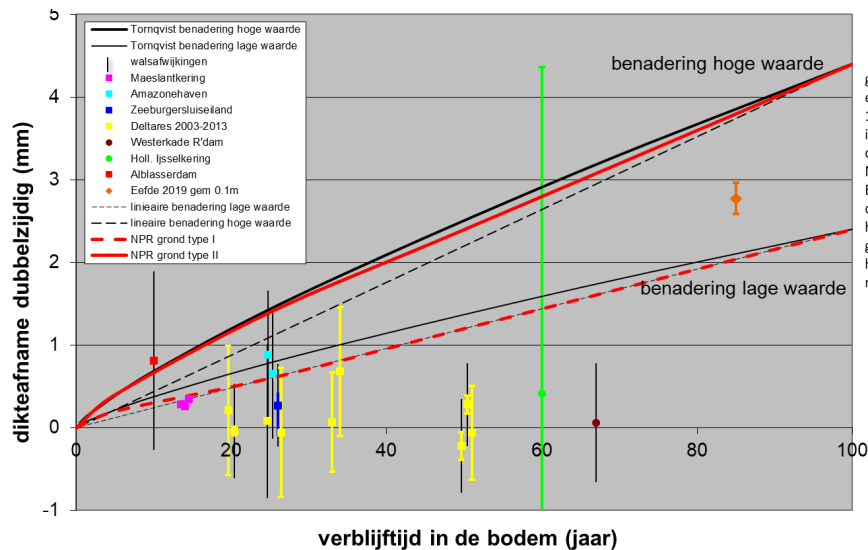




KENNISPROGRAMMA
NATTE KUNSTWERKEN

Sluis Eefde

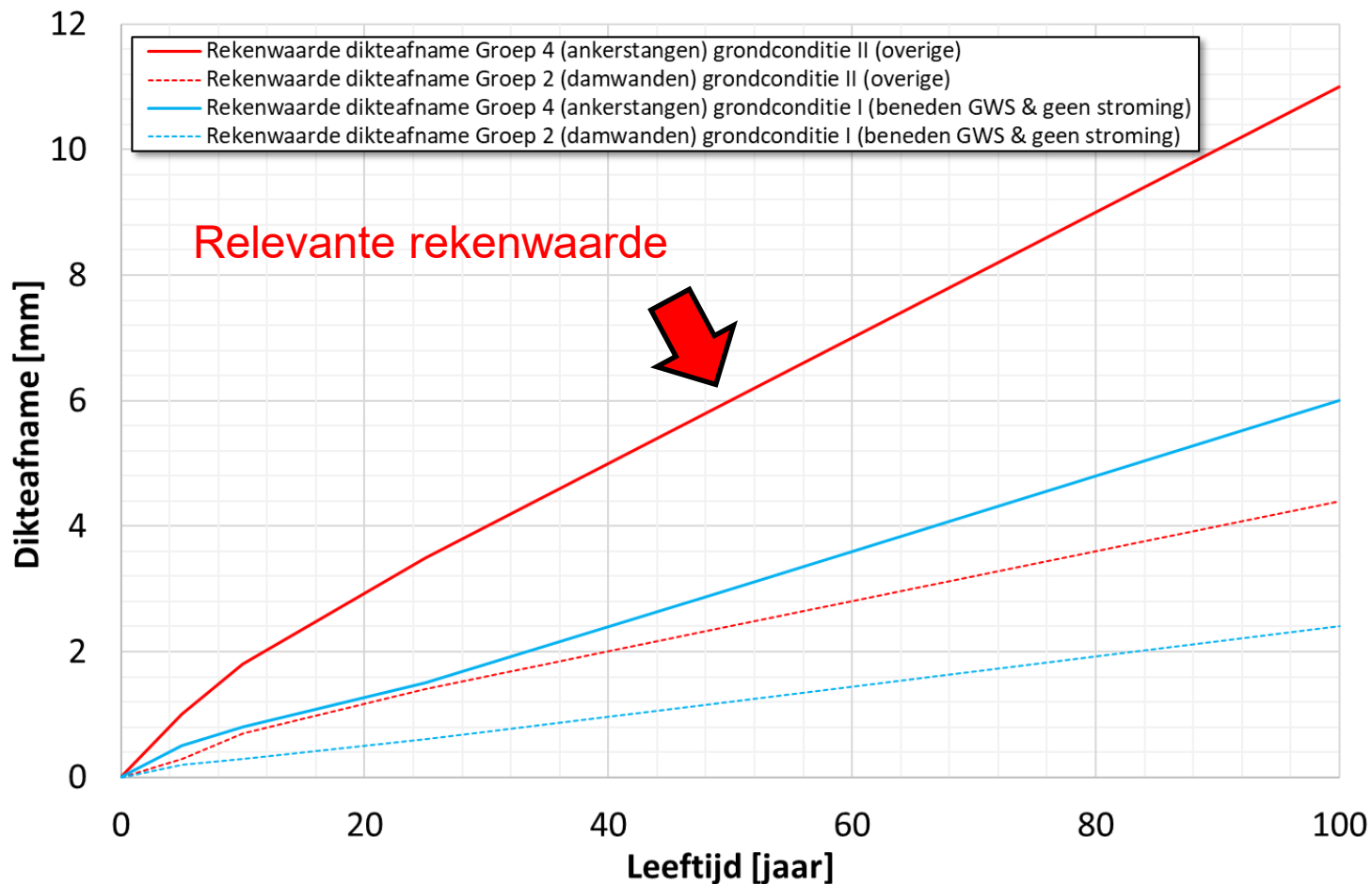
Diktemetingen 85 jaar oude damwandplanken

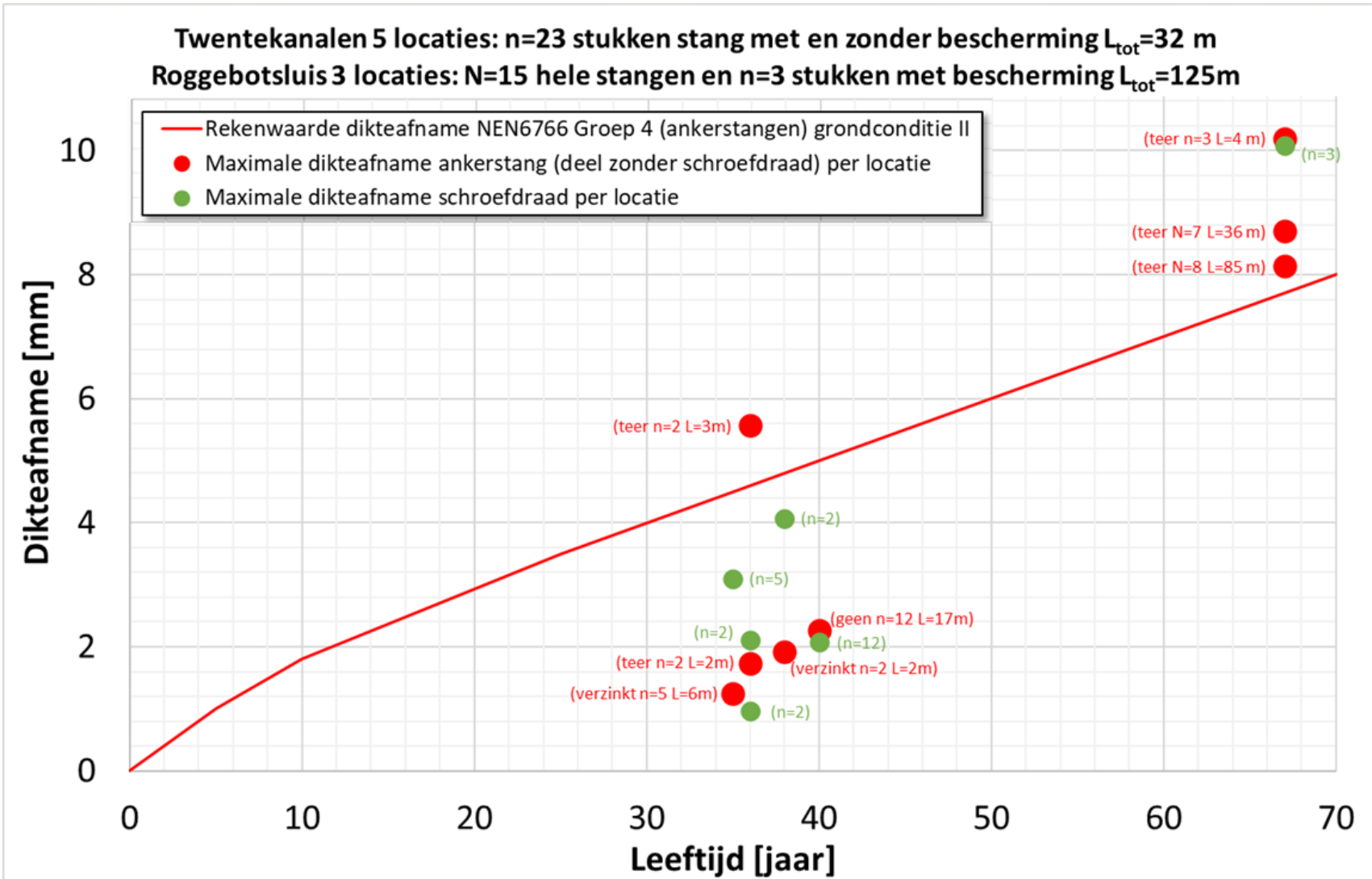




Metingen op ankerstangen Twentekanal en Roggebotsluis (NEN6766 type grondconditie II)

Rekenwaarde dikteafname ankerstangen = 2,5 x rekenwaarde dikteafname damwanden
(beide volledig omsloten door grond)







Voorbeelden van de ankerstangen

Twentekanalalen



Roggebotsluis

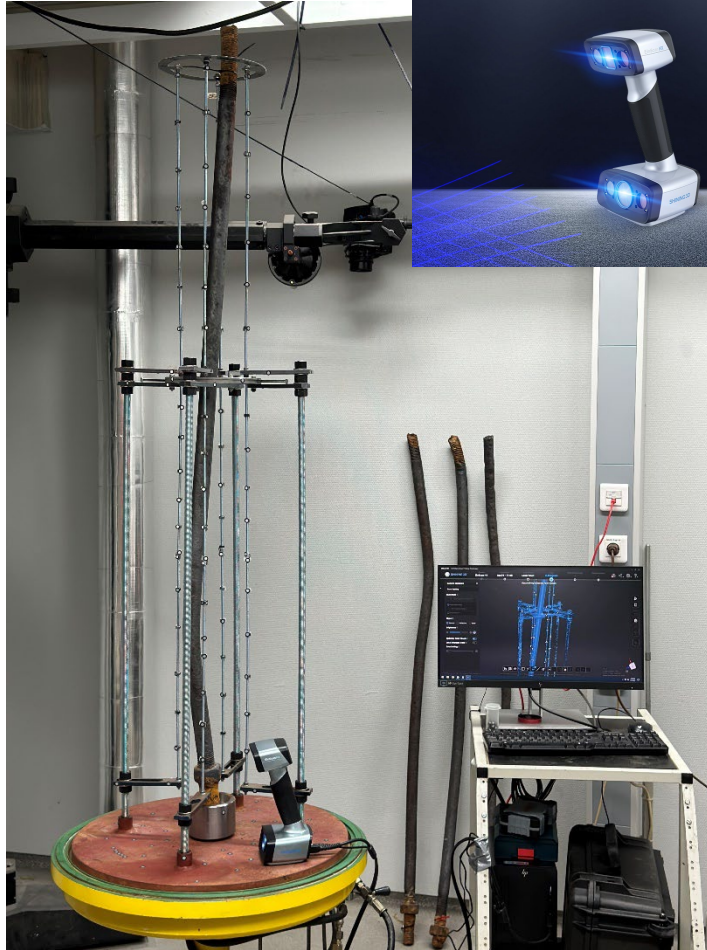




Schoonmaken Laser/gritten

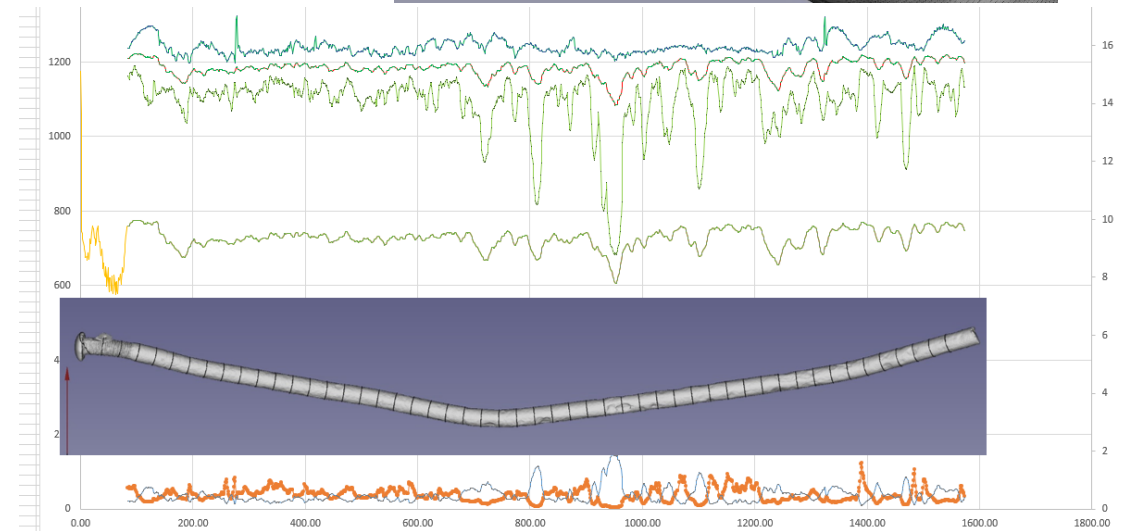
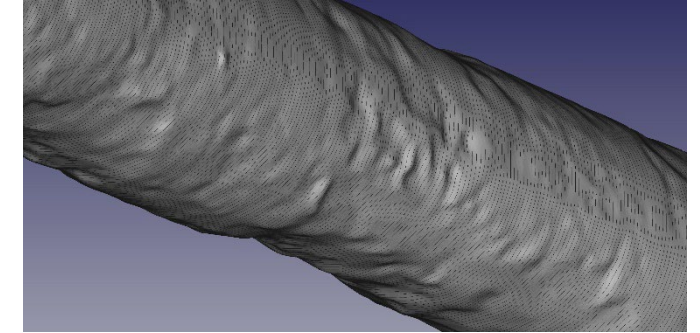


Scannen



Verwerking meetdata naar doorsnede data per mm

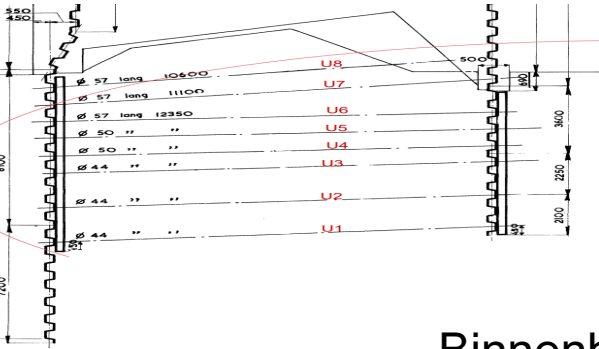
- Surface Area Full Range
- Surface area
- MinRadius/stdev
- Min Radius from origin
- Max Radius from Origin
- Stdev on Radius from Origin
- Mean Radius



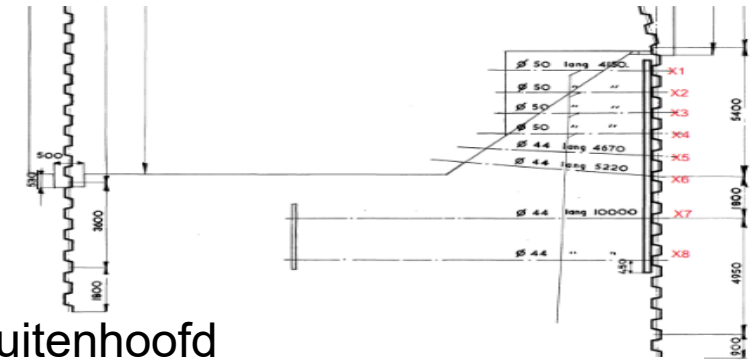


KENNISPROGRAMMA
NATTE KUNSTWERKEN

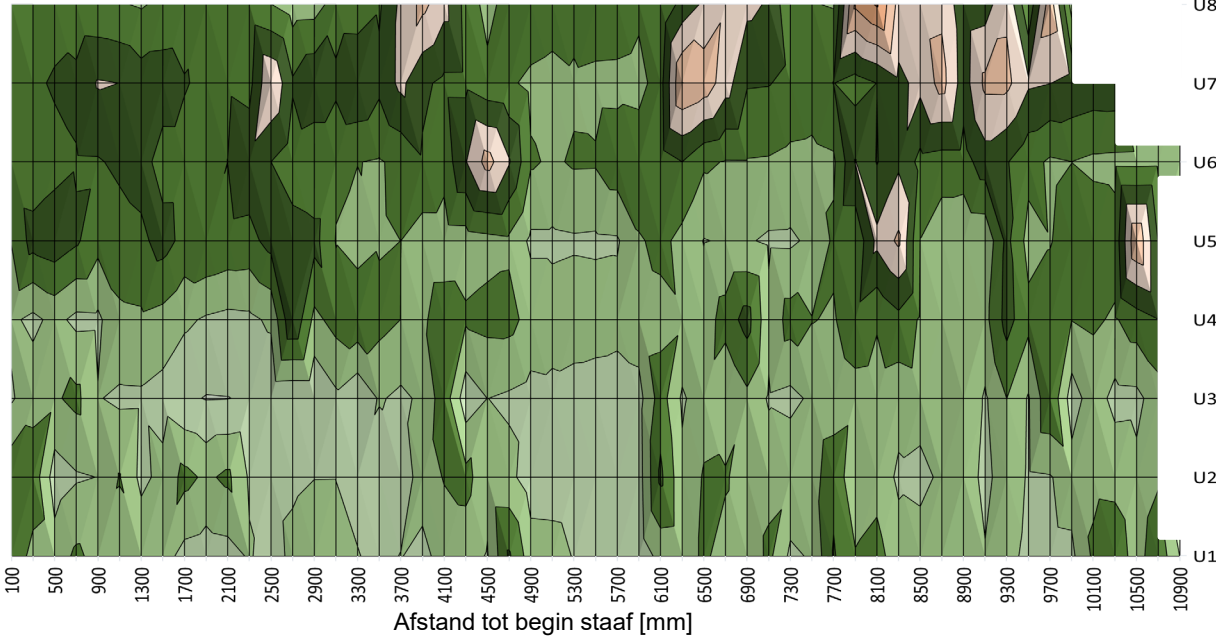
Roggebotsluis corrosiepatronen bovenaanzicht maxima per 0,1 m



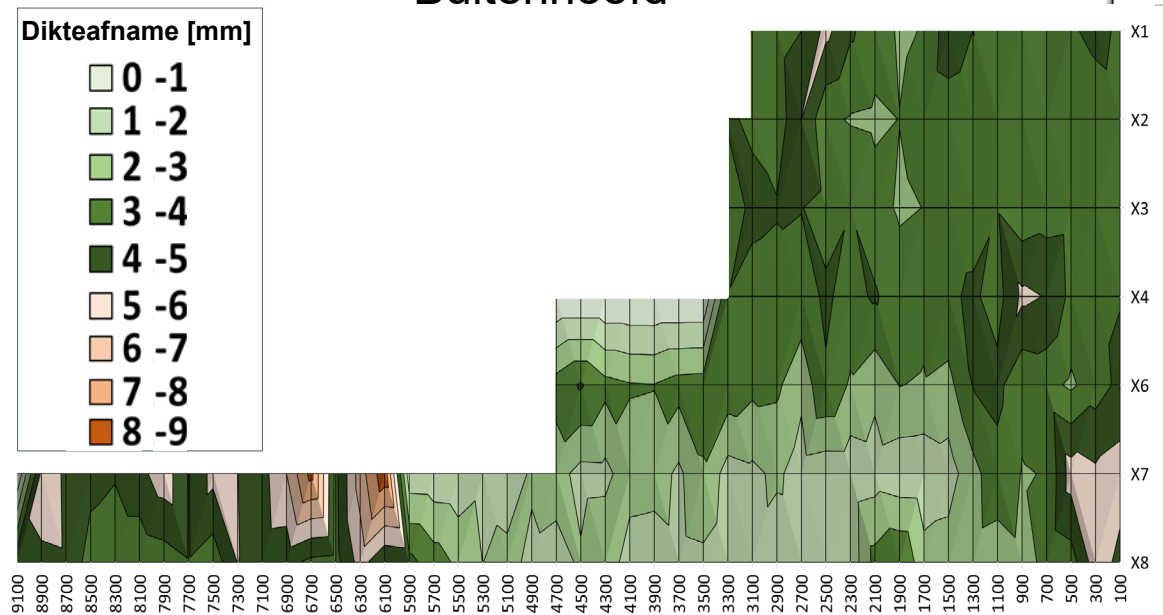
Binnenhoofd



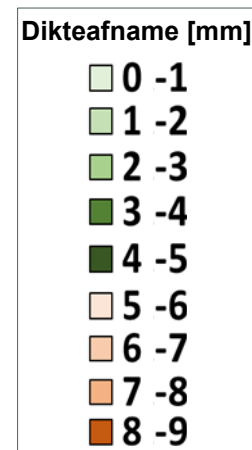
Buitenhoofd



Afstand tot begin staaf [mm]



Afstand tot begin staaf [mm]





Sterkste corrosie op schroefdraad

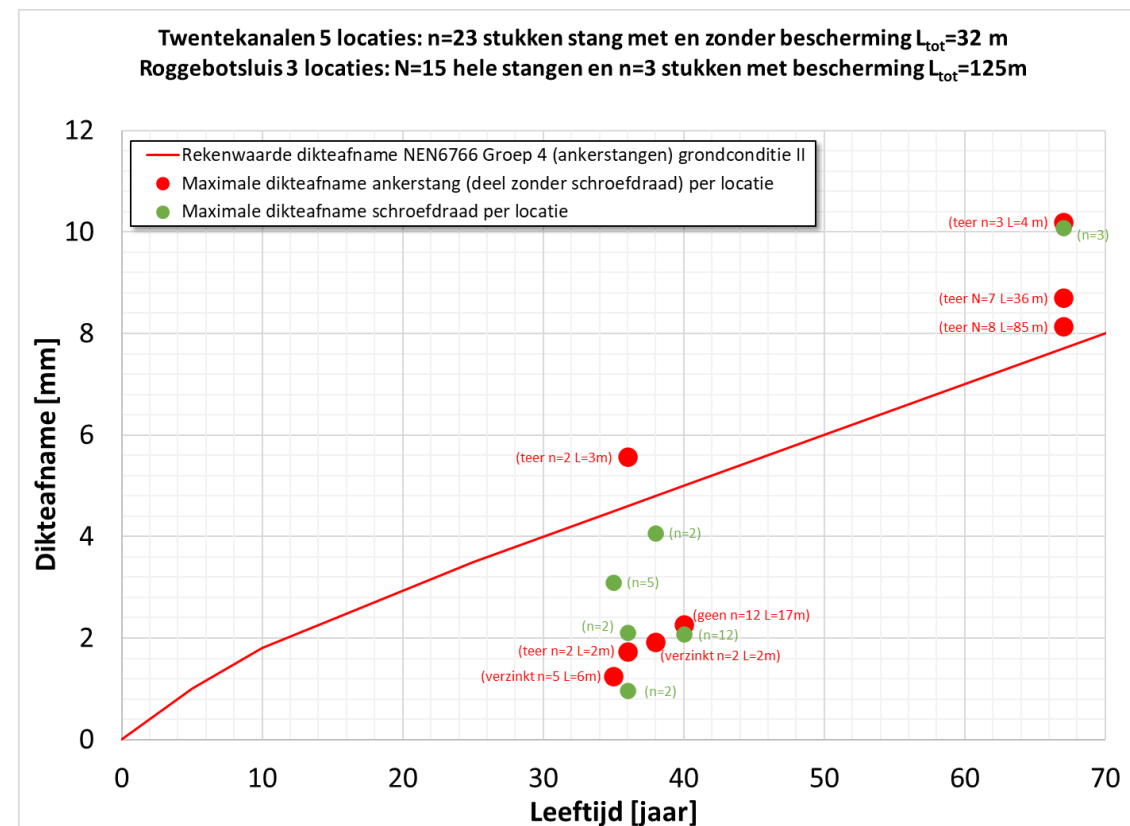
Corrosiebescherming: geen verschil waargenomen

Ankerstang

- Maximale dikteafname bij 4 v/d 8 locaties meer dan rekenwaarde NEN6766
- Maximale dikteafname op 4 plaatsen in 157 m stanglengte groter dan rekenwaarde NEN6766
- Correlatie tussen extremen van naastgelegen ankerstaven

Schroefdraad

- Maximale dikteafname schroefdraad gemiddeld 25% meer dan van die ankerstang





KENNISPROGRAMMA
NATTE KUNSTWERKEN



Beoordeling van damwandconstructies

Nieuwe ontwikkelingen rond damwandinspecties

Diego Allaix

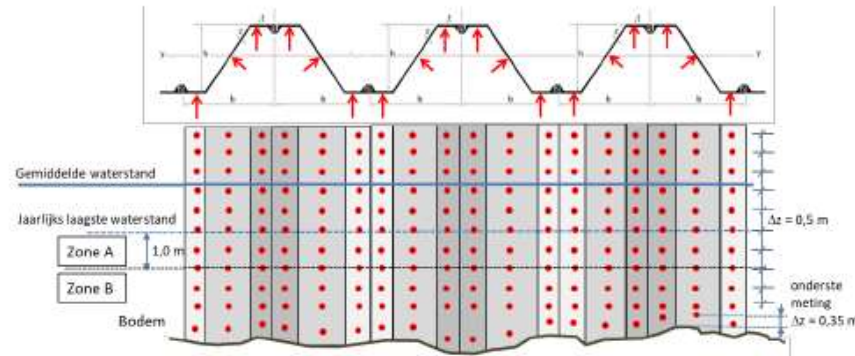


12 april 2024



Meettechnieken voor inspecties

Huidige state of the art: ultrasone metingen



Niet traditionele technieken voor damwanden:

- Pulsed Eddy Current Testing (PECT)
- Phased Array Ultrasonic Testing (PAUT)

Protocol gemiddelde
staaldiktebepaling van
6 aangrenzende stalen
damwandplanken met
ultrasone metingen





KENNISPROGRAMMA
NATTE KUNSTWERKEN

Onderzoek over niet traditionele meettechnieken

Doelstelling: kwantificeren van de meetonzekerheid van PECT en PAUT technieken

Aanpak:

- meetcampagne:
 - PECT metingen in-situ
 - PECT metingen in het lab
 - PAUT metingen in het lab
 - laser metingen in het lab
 - ultrasone metingen in het lab
- data analyse
- probabilistische modellering van de meetonzekerheid

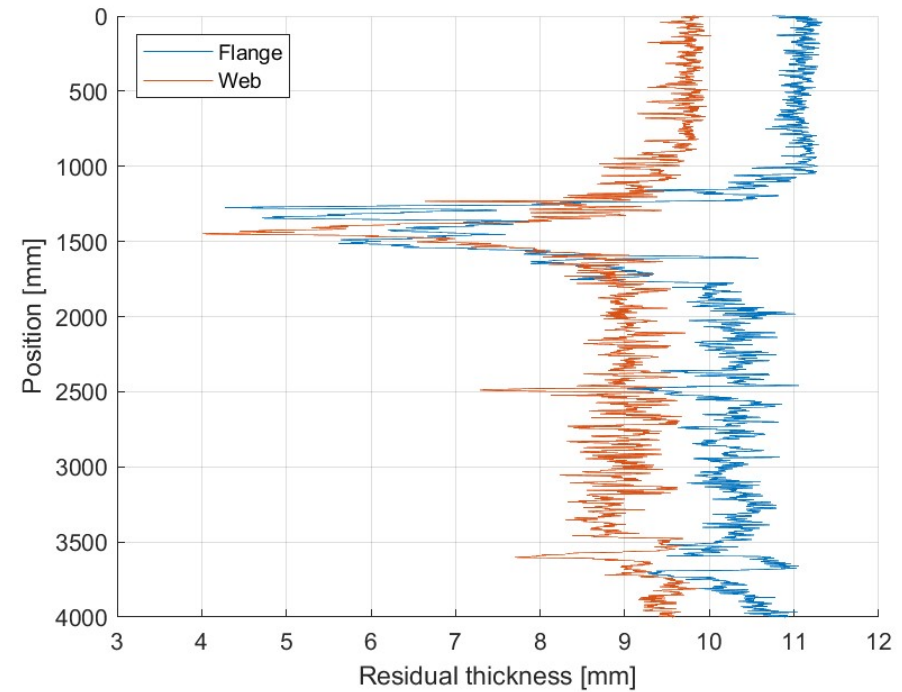
12 april 2024



KENNISPROGRAMMA
NATTE KUNSTWERKEN

Onderzoek over niet traditionele meettechnieken

Damwanden: Belval Z II R

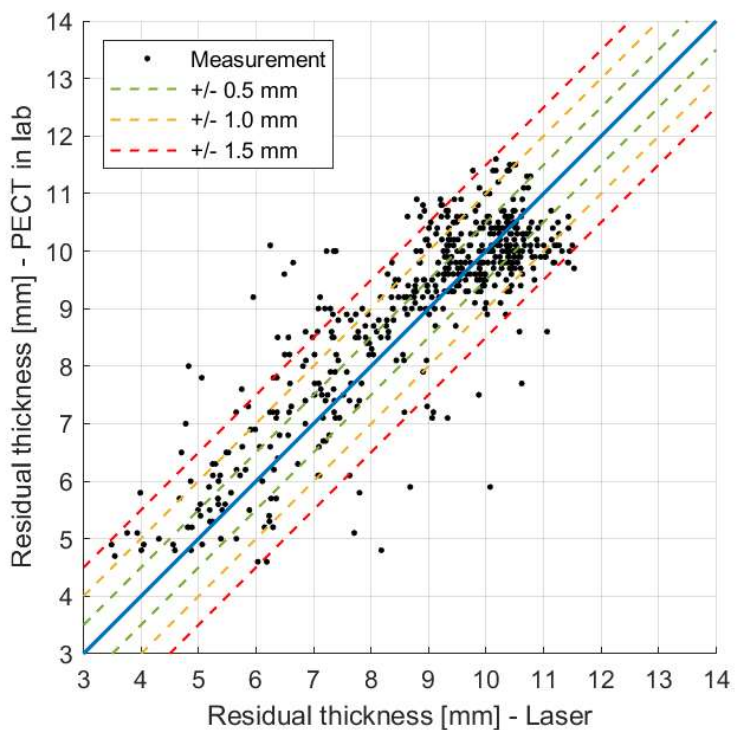


12 april 2024

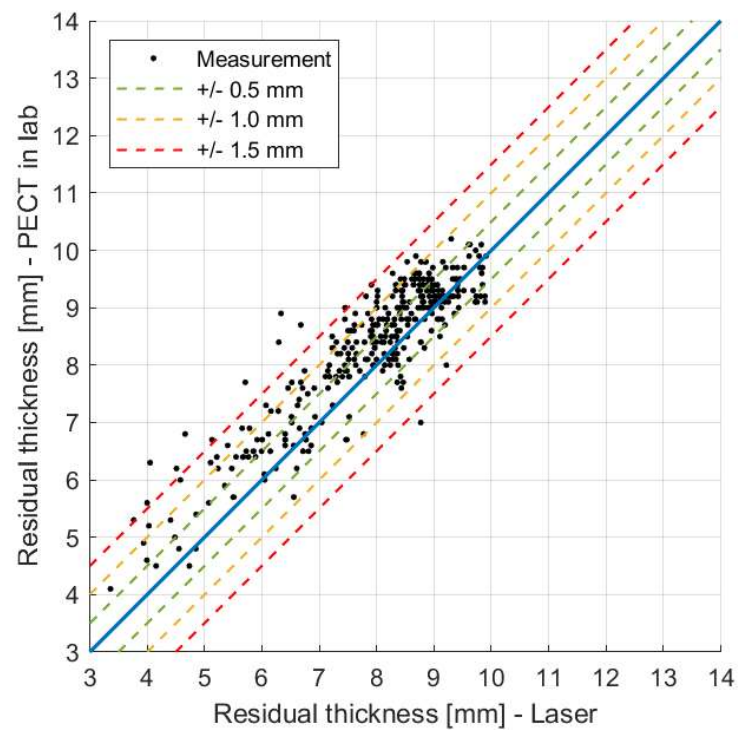


Vergelijking PECT in het lab vs laser

Flenzen

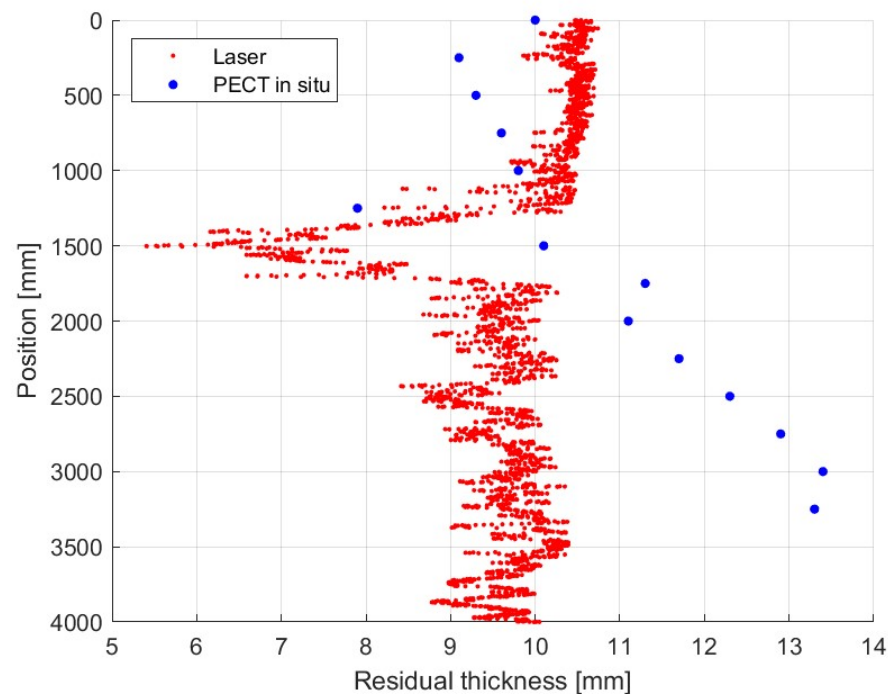
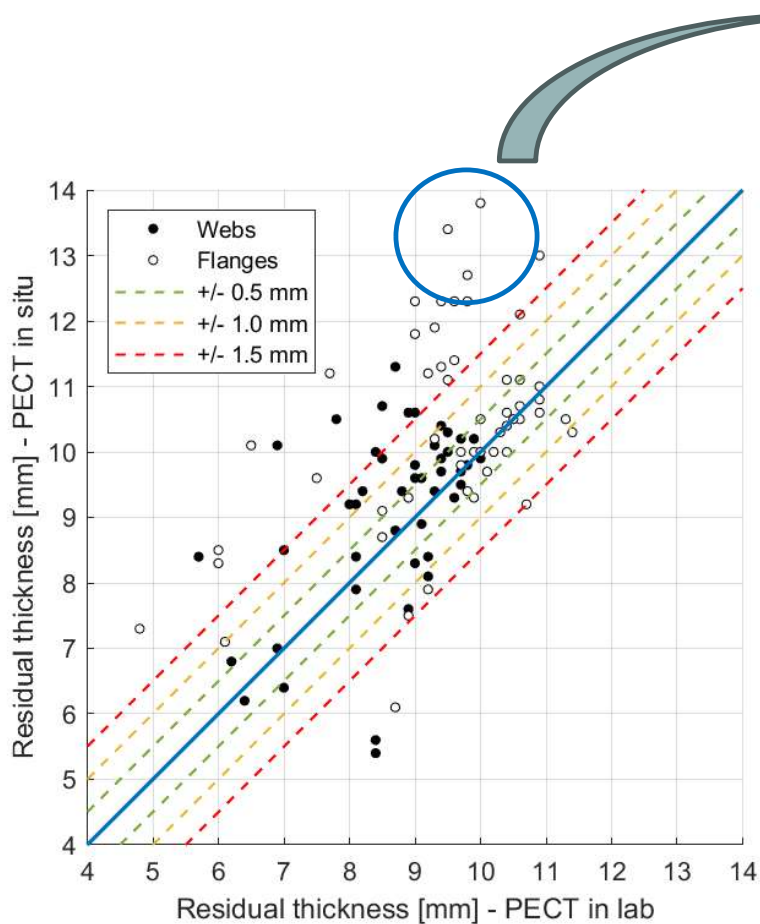


Lijven





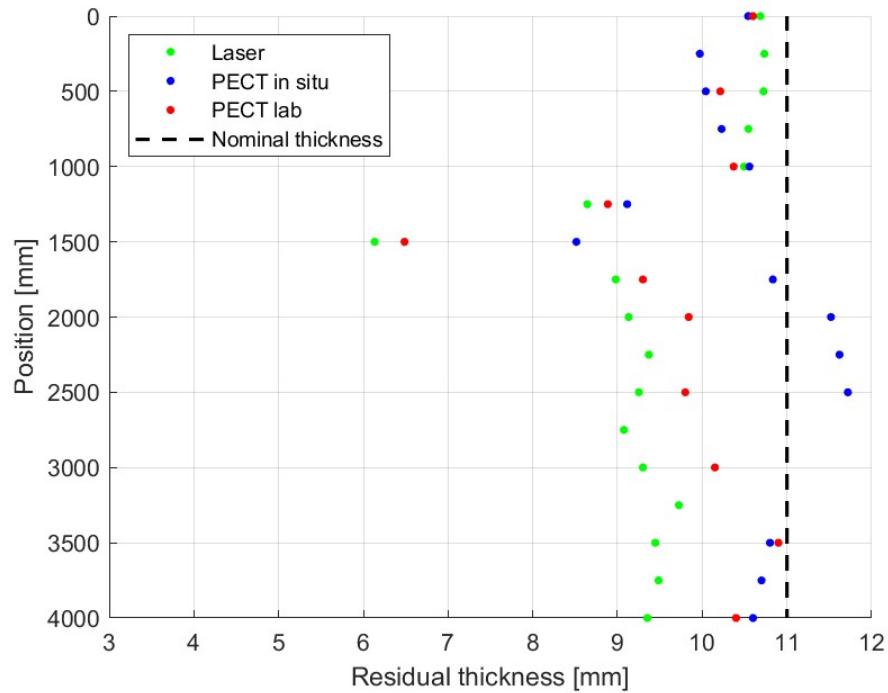
Vergelijking PECT in situ vs PECT in het lab



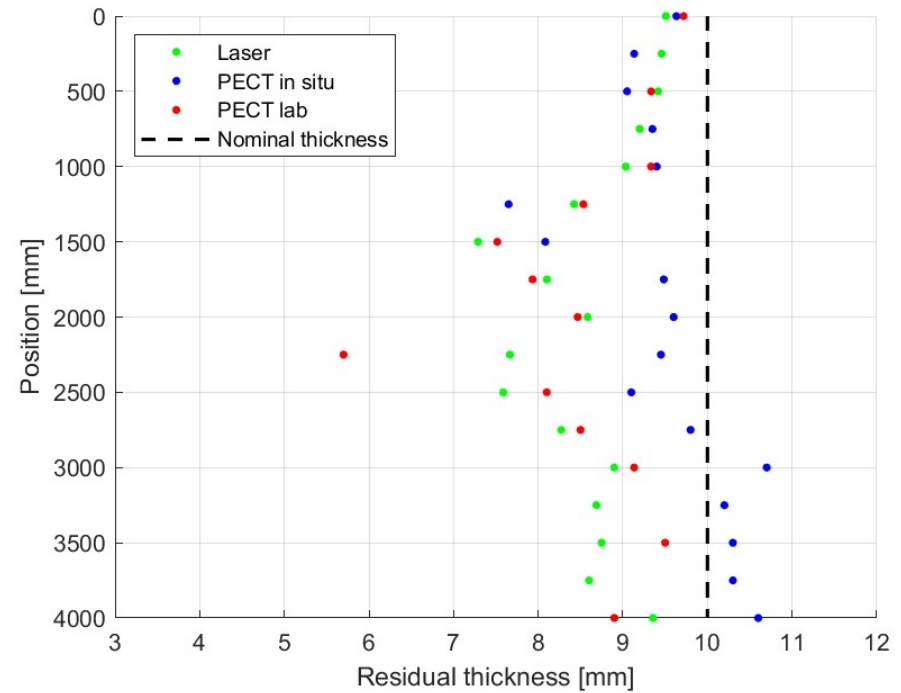


Vergelijking gemiddelde restdikte

Flenzen



Lijven





Beoordeling van damwandconstructies

Methodiek voor het bepalen van einde technische levensduur
van damwanden

Diego Allaix



Waarom?

- Rijkswaterstaat beheert ongeveer 800 km van stalen damwanden in het Hoofdvaarwegennet
- Effect van veroudering op de prestatie van de damwandconstructies
- Beperkte beschikbaarheid van areaalgegevens → grote onzekerheid over het einde technische levensduur (er wordt uitgegaan van een technische levensduur van 75 jaar)

Vraag: is het niet beter om onderscheid te maken tussen verschillende bouwjaren en toepassingen?

Deelopgave	Netwerk	Kwaliteitscore
Vaste stalen bruggen	HWN / HVWN	✓✓✓
Betonnen bruggen	HWN	✓✓✓
Beweegbare bruggen	HWN / HVWN	✓✓✓
Renovatiebehoefte tunnels	HWN	✓✓✓
Wegfunderingen / Verhardingen	HWN	✓✓✓
Geluidwerende voorzieningen	HWN	✗✓✗
Lichtmasten	HWN	✗✓✗
Duikers en sifons	HWN / HWS	✗✗✗
Schutsluizen	HVWN	✓✓✓
Damwandoevers	HVWN	✗✓✗
Stuwen	HVWN / HWS	✓✓✓
Gemalen en spuisluizen: <ul style="list-style-type: none"> • gemalen • spuisluizen 	HWS	✓✓✓ ✗✓✓
Regionale waterkeringen en rijkskeringen	HWS	Geen waarde opgenomen
Areaal ten behoeve van verkeer- en watermanagement	HVWN / HWN / HWS	Geen waarde opgenomen
Stormvloedkeringen	HWS	Niet opgenomen in de prognose VenR

Rijkswaterstaat. Prognose rapport 2022. Vervanging en Renovatie. Prognose voor de periode 2023 tot en met 2050. Definitief rapport, 28 juli 2022



KENNISPROGRAMMA
NATTE KUNSTWERKEN

Typologieën damwanden in Nederland

Drie typologieën op basis van de functie:

- Damwanden als onder- en achterloopsheidscherm bij kunstwerken
- Damwanden bij kunstwerken met een grond- en waterkerende functie
- Damwanden als oeverconstructie in kanalen

Typologieën (leveranciers) damwandplanken:

- Voor 1965: Hoesch en Larssen-profielen
- 1965-1980: Belval-planken

Typologieën verankering:

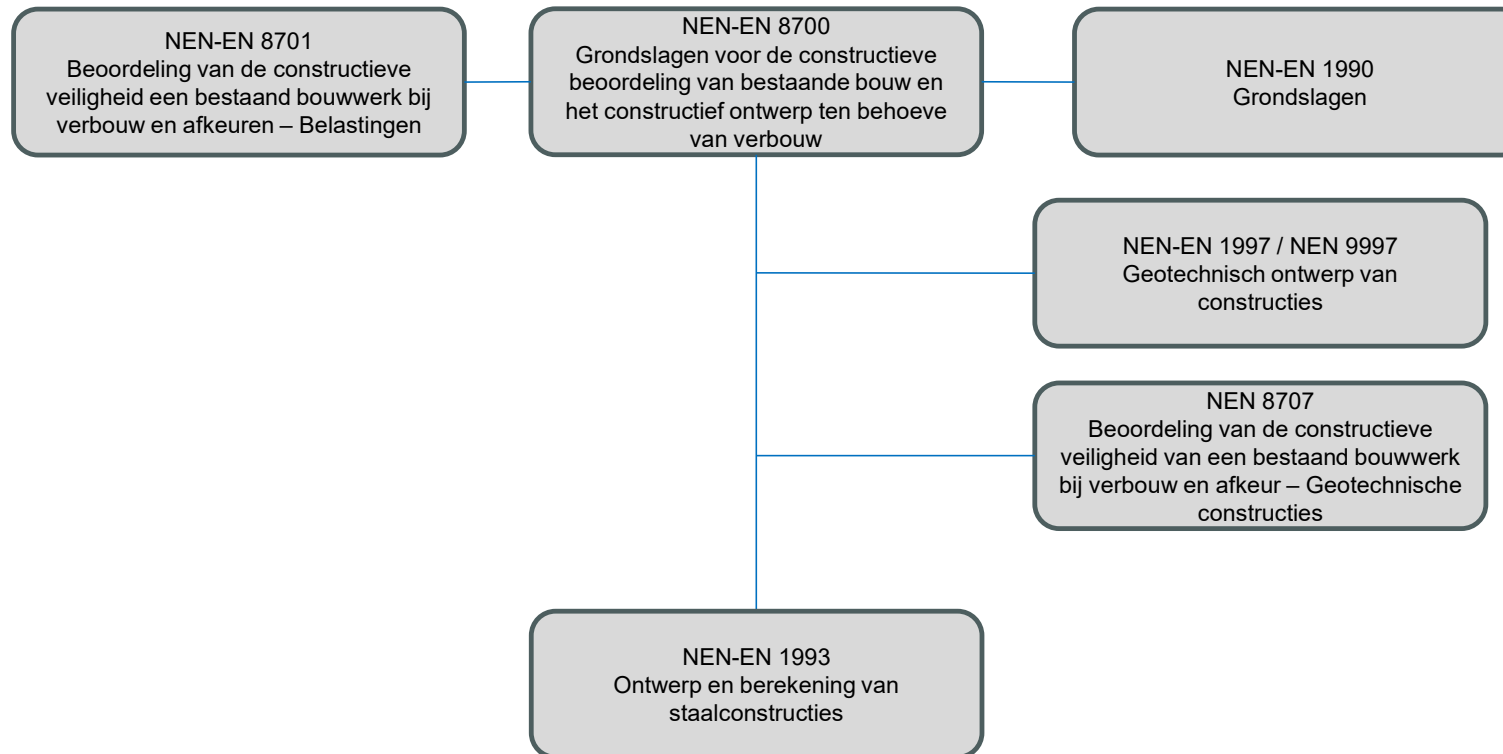
- Voor 1970: verankers met een palenjuk of een ankerscherm
- Na 1970: groutankers
- Langs kanalen: vaak legankers met betonnen ankerschot

Corrosie: in het verleden werd niet gerekend met een specifieke overdikte voor corrosie

12 april 2024



Criteria en grenstoestanden belangrijk voor het einde technische levensduur





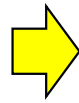
Methodiek voor het bepalen van het einde technische levensduur van damwanden

Definitie van kenmerken van de typologieën

- leeftijd
- kenmerken met betrekking tot corrosie
 - zoutgehalte (sulfaat) van het water
 - stromingscondities
 - bodemgesteldheid
 - chemische samenstelling en wals wijze van het staal
 - aantastingszone
- kenmerken met betrekking tot gedrag en weerstand
 - type damwandprofiel en geometrie, damwandlengte
 - type, positie, helling en diameter van de verankering
 - staalkwaliteit
 - belastingen, variatie van bodemligging en (grond)waterstanden
 - grondlagen en grondeigenschappen



Inventarisatie
informatie van
areaal



Definitie van de
typologieën damwanden
en het indelingsschema

Resultaat: representatieve
objecten voor elk typologie en
mogelijke variaties



Selectie van kritieke
kunstwerken

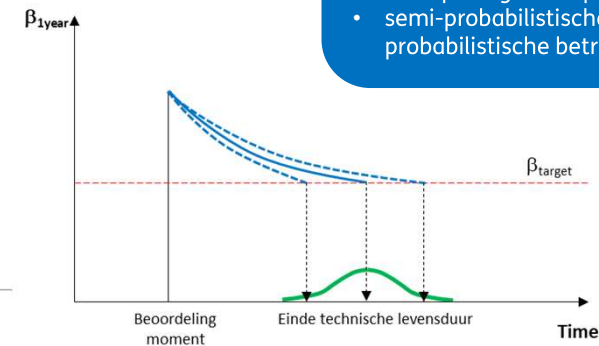
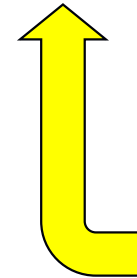


Inspecties /
testen



Beoordeling van de
betrouwbaarheid en einde
technische levensduur

- faalmechanismen
- voorspelling verloop corrosie in de tijd
- semi-probabilistische aanpak of volledige probabilistische betrouwbaarheidsanalyse





KENNISPROGRAMMA
NATTE KUNSTWERKEN

Q&A

Ideeën zijn welkom.

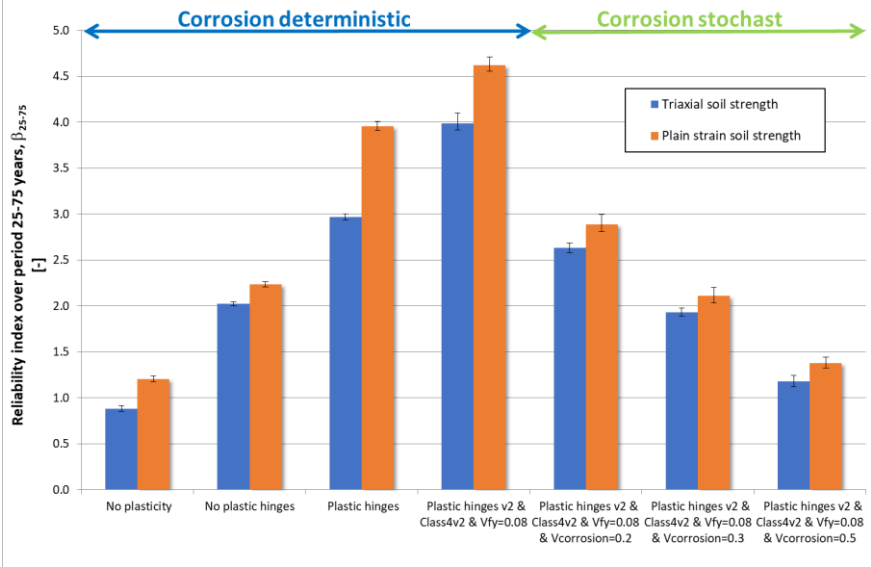
Ook rapporten van andere partijen via kennisbank beschikbaar stellen.



www.nattekunstwerkenvandetoekomst.nl

17 april 2024

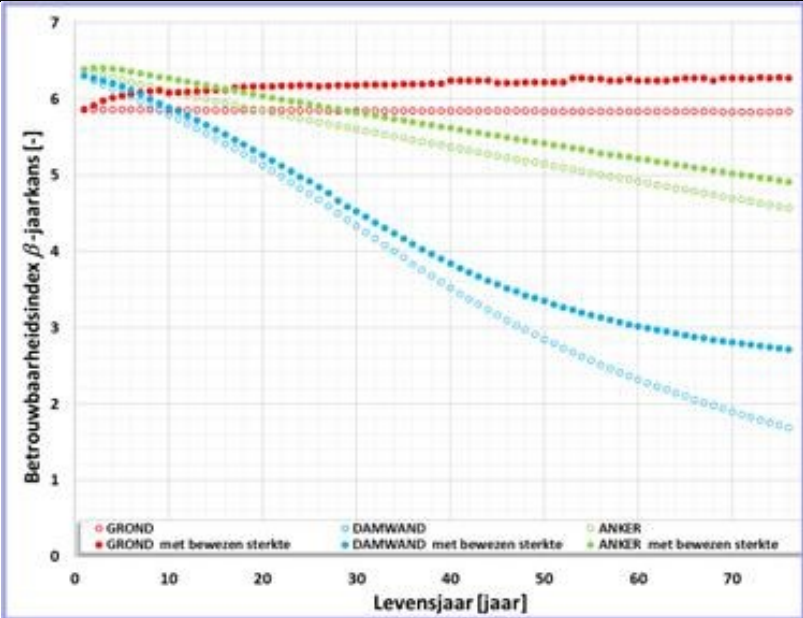
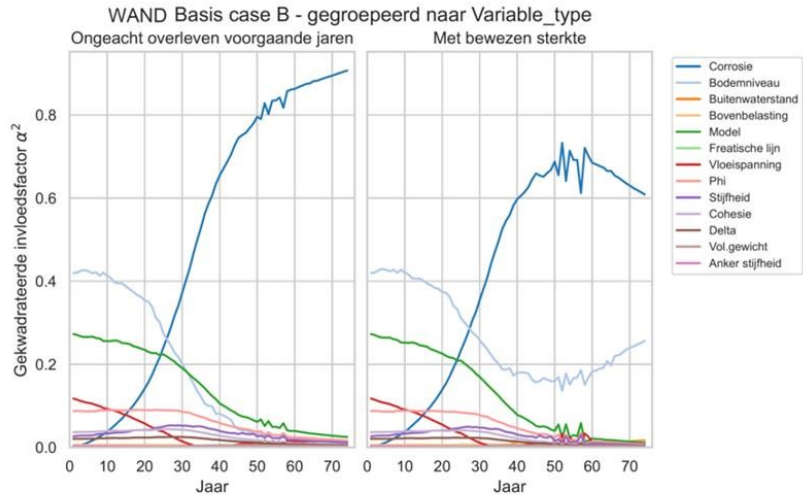


	Vraag	Antwoord																								
1	Ik zie in de staafdiagrammen dat 3D analyse een lagere betrouwbaarheidsindex levert. Klopt dit? En zo ja, wat is de verklaring? Klinkt namelijk niet logisch.	<p>De benaming is verwarrend, deze is in onderstaande figuur nu veranderd in "Triaxial soil strength" en "Plain strain soil strength". Met "Triaxial soil strength" (3D) wordt de sterkte in een situatie zoals in een triaxiaal apparaat bedoeld, de grond is vrij om in alle richtingen te bezwijken. Met de "Plain strain soil strength" (2D) sterkte wordt vlakke vervormingstoestand zoals in een biaxiaal apparaat bedoeld dit is de situatie bij damwanden deze is hoger dan die uit de triaxiaalproef.</p> <p>De NEN9997-1 2.4.3 Stelt hierover "De hoek van inwendige wrijving uit proeven onder niet vlakke vervormingscondities, zoals bijvoorbeeld een triaxiaalproef, mag alleen voor vlakke vervormingscondities bij toepassing van tweedimensionale 'Eindige Elementen Methode'-berekeningen door vermenigvuldiging met een factor 9/8 worden verhoogd naar een hoek van inwendige wrijving voor vlakke vervormingssituaties."</p>  <table border="1" data-bbox="555 853 1430 1417"> <caption>Reliability index over period 25-75 years, β_{25-75}</caption> <thead> <tr> <th>Scenario</th> <th>Triaxial soil strength</th> <th>Plain strain soil strength</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>No plasticity</td> <td>~0.9</td> <td>~1.2</td> </tr> <tr> <td>No plastic hinges</td> <td>~2.0</td> <td>~2.2</td> </tr> <tr> <td>Plastic hinges</td> <td>~3.0</td> <td>~4.0</td> </tr> <tr> <td>Plastic hinges v2 & Class4v2 & Vfy=0.08</td> <td>~4.0</td> <td>~4.6</td> </tr> <tr> <td>Plastic hinges v2 & Class4v2 & Vfy=0.08 & Vccorrosion=0.2</td> <td>~2.6</td> <td>~2.9</td> </tr> <tr> <td>Plastic hinges v2 & Class4v2 & Vfy=0.08 & Vccorrosion=0.3</td> <td>~1.9</td> <td>~2.1</td> </tr> <tr> <td>Plastic hinges v2 & Class4v2 & Vfy=0.08 & Vccorrosion=0.5</td> <td>~1.2</td> <td>~1.4</td> </tr> </tbody> </table>	Scenario	Triaxial soil strength	Plain strain soil strength	No plasticity	~0.9	~1.2	No plastic hinges	~2.0	~2.2	Plastic hinges	~3.0	~4.0	Plastic hinges v2 & Class4v2 & Vfy=0.08	~4.0	~4.6	Plastic hinges v2 & Class4v2 & Vfy=0.08 & Vccorrosion=0.2	~2.6	~2.9	Plastic hinges v2 & Class4v2 & Vfy=0.08 & Vccorrosion=0.3	~1.9	~2.1	Plastic hinges v2 & Class4v2 & Vfy=0.08 & Vccorrosion=0.5	~1.2	~1.4
Scenario	Triaxial soil strength	Plain strain soil strength																								
No plasticity	~0.9	~1.2																								
No plastic hinges	~2.0	~2.2																								
Plastic hinges	~3.0	~4.0																								
Plastic hinges v2 & Class4v2 & Vfy=0.08	~4.0	~4.6																								
Plastic hinges v2 & Class4v2 & Vfy=0.08 & Vccorrosion=0.2	~2.6	~2.9																								
Plastic hinges v2 & Class4v2 & Vfy=0.08 & Vccorrosion=0.3	~1.9	~2.1																								
Plastic hinges v2 & Class4v2 & Vfy=0.08 & Vccorrosion=0.5	~1.2	~1.4																								
2	Is de bewezen sterkte bepaald op geconserveerde damwanden of zijn het niet geconserveerde damwanden?	De aanpak voor bewezen sterkte kan zowel voor geconserveerde als niet-geconserveerde damwanden worden toegepast. Bij geconserveerde damwanden komt er alleen wel een variabele bij (levensduur en toestand van de coating).																								
3	Huidig toetskader voor regionale keringen gaat uit van damwanden levensduur van 25 jaar. Dat is op hout gebaseerd. RWS heeft meeste damwanden van staal. Neem dit ook mee in het aanpassen van het toets kader. Nu wordt er veel afgekeurd op einde levensduur terwijl dat niet zo is.	Dit moet worden meegenomen bij een volgende versie van het voorschrift voor toetsen van regionale keringen.																								
4	Maar je hebt constructieve sterkte nodig om grondsterkte te kunnen mobiliseren, dus het is ook niet onafhankelijk. Hoe zit dat?	Ja, daarom bestaat worden er 2 beoordelingen (checks) uitgevoerd. -1- GEO = de grond moet sterk genoeg zijn -2- STR = elk element van de constructie moet sterk genoeg zijn Dus er wordt gecheckt of alle GEO- en STR-mechanismen voldoet aan de betrouwbaarheid behorend bij de CC-klasse.																								

	Vraag	Antwoord
5	ik zag dat je trajectkansen betreft in de beoordeling; waar zijn de correlatielengtes op gebaseerd?	<p>De methode om trajectkansen te bepalen is overeenkomstig die is gehanteerd bij de beoordeling op aardbevingsbestendig Groningse keringen [Beoordeling aardbevingsbestendigheid van regionale waterkeringen, Ruben Jongejan, versie 18-1-2017] Hierin is het lengte-effect uitgedrukt in de factor N, zoals in de primaire waterkeringen gebruikelijk</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 10px 0;"> $N = 1 + a \cdot L / b \quad \text{met} \quad a=0,033 \text{ en } b=50 \text{ m}$ <p>Waarin:</p> <p>a Mechanismegevoelige lengte (-)</p> <p>L Trajectlengte (m)</p> <p>b Lengte van equivalente, onafhankelijke strekkingen (m)</p> </div>
6	Wanneer is er sprake van een ongewijzigde situatie i.r.t. bewezen sterkte?	Als de belastingen en eigenschappen van de constructie niet wijzigen (i.c. zelfde kerende hoogte, vergelijkbare terreinbelastingen, enz.)
7	Zijn in deze beschouwing ook breukmechanische aspecten meegenomen? Een lokaal defect hoeft namelijk niet automatisch te leiden tot falen van de totale constructie.	Ja, daar wordt rekening mee gehouden. Bijvoorbeeld bij ankerstangen is de zwakste doorsnede maatgevend voor de corrosie, voor damwanden zelf kan worden "gemiddeld".
8	Hoe gebruik je historische kennis waaruit bijvoorbeeld blijkt dat ankers en gordingen zijn gegalvaniseerd?	Dat is een lastig punt. Corrosiebescherming werkt goed, totdat er beschadigingen optreden of de bescherming degradeert. Dan ontstaan daar juist extra zwakke plekken. Bij analyse van bestaande constructies is het (helaas) niet mogelijk om te bepalen hoe lang de corrosiebescherming intact is gebleven. De gebruikelijke methode is om dan gedurende restlevensduur een extra inspectie uit te voeren ter verificatie van de bij de beoordeling aangehouden dikteafname snelheid.
9	Is er ook onderzoek uitgevoerd naar strengankers en dan voornamelijk de staat van de corrosiebescherming rondom de ankerkoppen?	Nee. Wel zijn er schadegevallen bekend waarbij door onvoldoende onderhoud aan de ankerkoppen hoge-sterkte ankerstaven zijn bezweken. Over het algemeen zijn strengankers <u>zeer</u> kwetsbaar voor corrosie (want voorspanstaal).
10	Dit gaat over algemene corrosie, hoe wordt pitting beoordeeld?	<p>De dikte-afname door pitting is ook meegenomen in de waarden van de NEN6766. Het is dus de gemiddelde dikteafname = volume verlies door pitting + volumeverlies door algemene corrosie.</p> <p>Opgemerkt wordt dat het CROW- "Protocol gemiddelde staaldiktebepaling van 6 aangrenzende stalen damwandplanken met ultrasone metingen" niet tot doel heeft alleen algemene corrosie te meten maar ook het effect van pitting. Er wordt per niveau op vaste posities op 6 voorflenzen, 6 lijven en 6 achterflenzen de damwanddikte gemeten ongeacht of op die die positie een corrosie put zich bevindt. Dus ook er wordt ook in eventuele putten gemeten. Mocht dat op een specifieke plaats niet mogelijk zijn dan dient die meting in duplo te worden uitgevoerd (5 cm boven en onder) en wordt het gemiddelde van die 2 metingen meegenomen. Doordat er per niveau op 18 locaties wordt gemeten wordt een goed inzicht verkregen van de gemiddelde dikteafname zelfs als er op 1 of 2 locaties meting niet mogelijk is door een put is de onderschatting van de dikteafname nog beperkt. stel dat de gemiddelde gemeten afname bij 17 meetpunten 2 mm is en in een niet meetbare put 6 mm. Dan resulteert het protocol in 2 mm dikteafname i.p.v. 2,2 mm een onderschatting van 0,2 mm en bij 2 niet meetbare putten van 6 mm is dat een onderschatting van 0,4 mm. Voor de laatste situatie zijn er voor de 2 putten 2x3 meetpogingen gedaan die dus allemaal niet succesvol waren.</p> <p>Echter in extreme situaties met een zone met zulke sterkte pitting dat een significant aantal van de posities de ultrasone metingen niet kunnen worden uitgevoerd dient separaat ook de volumeafname door pitting worden bepaald en gesommeerd met de resultaten van de UT-metingen. Zie voor de bepaling van het volumeverlies door pitting het SBRCURnet Handboek Inspectie Staal pagina's 26 t/m 28.</p>
11	Wat is er bij de diktemetingen aangehouden als 0 - meting? In	De theoretische dikte. Het is inderdaad correct dat de initiële dikte kan variëren. Dit is een van de onzekerheden in elke analyse van corrosiemetingen. Echter bij

	Vraag	Antwoord
	de damwandplanken (zeker oudere) kan de begindikte nogal variëren.	de analyse van de grote hoeveelheid meetdata afkomstig uit heel Nederland middelt invloed van onzekerheid van initiële dikte uit. Overigens zorgt toepassing van het nieuwe CROW-meetprotocol ook een vermindering van de invloed van de spreiding initiële dikte. Door op 6 naast gelegen planken te meten en ook op meerdere locaties langs een damwandtracé te meten wordt de invloed op het eindresultaat een variatie van de initiële dikte van individuele planken op de resultaten beperkt.
12	Zijn het allemaal leganker die zijn gemeten?	Ja
13	Inzake corrosie: Er worden veel sluizen genoemd als bron, Deze gebieden kennen we meestal als extra corrosief. Zijn ook voldoende andere bronnen die een meer corrosievriendelijk (of wat we voorheen als vriendelijker inschatte) gedrag hebben meegegaan in de steekproef?	Ja, er zijn ook reguliere kanaalstrekkings meegenomen in de proeven. De planken van de Roggebot komen overigens niet uit het 7 meest belaste gebied (kolk), maar uit de vleugelwanden. Daarnaast bevond een groot deel van de locaties van de verzamelde diktemetingen van damwanden zich niet in sluizen. Bij de analyse van de metingen is onderscheid gemaakt naar type locatie, zoutgehalte en natuurlijk niveau ten opzichte van de hoog/laagwaterlijn.
14	Hebben jullie ook een beeld hoe regelmatig of onregelmatig de oorspronkelijke ankerstangen waren.	Ja, door een vergelijking te maken tussen de straal van de ankerstangen t.p.v. delen die het minst gecorrodeerd waren met de bouwtekeningen.
15	Zou je vanwege alle onzekerheid ankers niet liever proefbelasten?	Een proefbelasting is helaas niet altijd mogelijk (vijzel moet bijvoorbeeld wel op de ankerkop geplaatst kunnen worden). Maar het is wel een interessante gedachte om vast te houden want je vangt namelijk 2 vliegen in een klap de staalsterkte en zwakste doorsnede. De vraag is dan wel tot welke kracht je durft te gaan en moet gaan om een prognose naar de toekomst te maken zal je ivm degradatie wel een marge moeten hebben op de sterkte. En voor de vraag hoe je durft te gaan zal je tot ook gevoel/enig inzicht moeten hebben wat je kan verwachten. Maar een slimme aanpak met wie weet een mobiele tijdelijke gording die voor voldoende herverdeling zorg bij falen zou het misschien wel mogelijk moeten zijn ankers voldoende zwaar te beproeven, met het enige risico dat deze bij falen moet worden vervangen maar dat kan goed opwegen tegen het hoge nut van zwaardere testen voor de bepaling van de restlevensduur.
16	Schroefdraden zijn sterktetechisch ook plekken waar spanningsconcentratie optreedt. Kan ook spaningscorrosie een rol spelen?	Zeker, in combinatie met de zuurstofrijke omgeving t.p.v. aansluiting lijkt deze zone erg kwetsbaar.
17	En hoe zit het met de teercoating. Zat die hier ook. Of heeft dat daar met lokale verzwakking een extra "putcorrosief" effect gehad?	Er is geen separaat onderzoek naar teercoating op de 3 kleine stukjes schroefdraad uitgevoerd. Maar het is onlogisch dat deze niet waren voorzien van teercoating zoals de rest van de stang zeker aangezien dit ook nog in situ kon worden aangebracht.
18	is ook gekeken naar staalsamenstelling van de diverse (typen) ankers?	Dit onderzoek wordt in de tweede helft van 2024 uitgevoerd.
19	Is op RWS-niveau overwogen om bij nieuwe projecten voor te schrijven om een dummy damwand / anker te plaatsen? Bij een toekomstige beoordeling kan, na afkeuring o.b.v. toch wel vaak veilige aanname van de corrosietoeslag, overwogen worden het element te trekken om de corrosietoeslag ter plaatse vast te stellen.	Ja, maar het is heel lastig om dit op de lange termijn instant te houden (wie weet over 50 jaar nog waarvoor die plank bedoeld was). Bij een enkel object zijn overigens wel dummy-elementen geplaatst t.b.v. toekomstig corrosie-onderzoek. Dit betreft dan damwanden waarvan de dikte normaal niet kan worden gemeten.

	Vraag	Antwoord
20	Wat is er bij de diktemetingen van de ankerstangen aangehouden als 0 - meting? Hoe zeker zijn deze waarden, zijn er meerdere diktemetingen in de tijd uitgevoerd of slechts 1 meting aan het einde?	Zie ook vraag 14. Er is zo goed mogelijk rekening mee gehouden. Een toelichting is opgenomen in het rapport.
21	Als je bij een kleine steekproef al meerdere keren vaststelt dat de dikteafname van ankers door corrosie hoger is dan de norm - die dekkend zou moeten zijn - dan is er toch reden voor zorg?	Ja, dat is reden tot serieuze zorg. Maar er dient rekening gehouden te worden dat dit kan zijn veroorzaakt zijn door lokale omstandigheden denk aan de invloed dooizouten en helaas paste bodemonderzoek niet in het budget van dit verkennende onderzoek. De meetresultaten later zien dat er aanvullend, meer omvattend onderzoek nodig is op meer oude ankers maar dit kan nu wel een stuk eenvoudiger nu er een goede meetopstelling is en procedures om meetresultaten om te zetten naar bruikbare gegevens. . Natuurlijk moet ook opgemerkt worden dat dit in het merendeel van de gevallen ankers met een corrosie bescherming betrof en het de vraag is hoe het bij onbeschermd ankers zit Overigens worden na afronding de resultaten van het onderzoek (komende maanden) aan de NEN commissie geotechniek aangeboden.
22	heb je ook een spreidingsgrafiek van een oorspronkelijke damwand	Nee, alleen toleranties volgens de ISO normen. Het is overigens de vraag welke spreiding er in het verleden waren. Nieuwe planken zijn niet vergelijkbaar met planken van 75 jaar oud.
23	Voor primaire waterkeringen wordt uitgegaan van een levensduur van 100 jaar. Dat past niet bij de technische levensduur van 75 jaar.	Voor kunstwerken conform de ROK ook. De 75 jaar werd aangehouden in het object-beheer-regime van RWS. Maar de 75 jaar leeftijd is voldoende om een generieke norm voor bestaande kadeconstructies met bewezen sterkte te maken. De in het onderzoek gebruikte "ontwerpen" zijn in eerste aanleg namelijk zo gemaakt dat deze na 75 jaar nog net voldoen aan een beoogde betrouwbaarheid. En vervolgens kan je dan "terugkijken" in die periode daarvoor wat voor partiele factoren nodig had voor de beoordeling in deze einde levensduurfase. Maar op basis van deze 75 jaarlange analyses kon ook worden bepaald hoeveel jaar "ervaring" voldoende lang is.
24	Is er onderzoek naar MIC bacterie op damwanden?	Ja, maar niet specifiek binnen het kennisprogramma. Neem eventueel contact op bij verdere vragen.
25	Metingen volgens CROW protocol staaldiktemetingen worden in de praktijk niet toegepast vanwege het zeer hoge aantal metingen dat benodigd is. In de praktijk wordt voor het bepalen van de damwanddikte voor beoordeling van een bestaande damwand regelmatig gebruik gemaakt van BAW (Bundesanwalt für Wasserbau) meetprotocol dat veel minder metingen verlangt. Hoe kijkt het KPNK naar dit verschil? Is meten volgens de BAW acceptabel voor het beoordelen van een reststerkte van een bestaande damwandconstructie?	Een van de belangrijkste inzichten van het KpNK onderzoek is dat het bij de beoordeling op constructieve veiligheid van een damwandscherm gaat over onzekerheid de gemiddelde sterkte over een mechanisme breedte (herverdeling) en de variatie van dat gemiddelde. Op basis van deze twee gegevens is kan de rekenwaarde van de corrosie worden bepaald (NEN6766). Het BAW meetprocol is ongeschikt, want daar meet je niet over 6 planken breedte. Anders dan het BAW-protocol is het Nederlandse CROW meetprotocol is puur vanuit oogpunt van de een kwantificeerbare constructieve veiligheid opgesteld (=rekenwaarde dikteafname) en neemt het essentiële (gunstige) aspect van herverdeling over een meerdere meters breedte mee. Samengevat gebruik het CROW-meetprotocol dan heb je data die je direct kan gebruiken voor een verfijnde bepaling van de einde levensduur en met de bijbehorende gratis software kan de meetdata nader worden geanalyseerd en prognoses gemaakt. Bespaar nooit op het uitvoeren van de diktemetingen het is een essentiële onderdeel van het kunnen maximaliseren van de restlevensduur.
26	Hoe werkt bewezen sterkte bij iets dat zwakker wordt (weg roest)? Dus je corrigeert hiervoor?	Ja, de sterkte wordt gereduceerd o.b.v. extrapolatie van corrosie. Je ziet dan ook een verschuiving in "dominante onzekerheden" (bijv. onzekerheid over grondsterkte wordt relatief minder belangrijk, corrosie juist meer). Maar netto is het positieve effect van bewezen sterkte op het aspect corrosie is toch wel aanwezig aangezien de corrosiesnelheid en de variatie ervan aanwezig waren in de periode voorafgaand aan de beoordeling. Echter het effect er van / de bijdrage ervan neemt steeds meer toe.

Vraag	Antwoord
	 <p>In bovenstaande figuur is het resultaat van een van de probabilistische analyses te zien voor 3 mechanismen GROND (Geotechnisch bezwijken) DAMWAND (constructief bezwijken damwand) en ANKER (constructief bezwijken ankerstang). In de grafiek zijn de betrouwbaarheden met en zonder het effect van bewezen sterkte te zien. En juist bij de DAMWAND laat een forse toename zien in de winst door bewezen sterkte. In de onderstaande bij behorende figuur met de verdeling van de invloeden is te zien dat deze gedurende de levensduur veranderd, En dat de bewezen sterkte analyse laat zien dat de onzekerheid van de belasting aan het einde weer een steeds grotere rol gaat spelen, want voor dunnere wand is "minder geleerd" of die de belasting kan houden.</p>  <p><i>Figuur 20 Case B gekwadrateerde invloedsfactoren α^2 met en zonder bewezen sterkte grenstoestandsfunctie WAND, basis case B. "Delta" in de legenda is R, de ratio tussen δ en ϕ</i></p>
27	<p>Worden bv ook elektrochemische metingen uitgevoerd aan de damwanden om de corrosiesnelheid te bepalen?</p> <p>Dit is in damwanden in zoet water op dit moment in elk geval nog niet gebruikelijk bij RWS areaal. Maar, zeker interessant om te onderzoeken voor de toekomst.</p>
28	<p>Als de geometrie in de o-situatie onzeker is, is de vloeisterkte van het sterkte in de 0-situatie dan wel zeker?</p> <p>De vloeisterkte is inderdaad ook onzeker. Er zijn wel mogelijkheden om die ook te bepalen (bijv. coupons testen of hardheidsmetingen). Vaak wordt voorzichtigshalve uitgegaan van een lage staalkwaliteit, maar materiaalkundig onderzoek kan zeker winst opleveren. Overigens levert in veel gevallen een hogere vloeisterkte geen winst op aan het einde van de levensduur omdat de staaldikte zover is afgenomen dat de</p>

	Vraag	Antwoord
		damwanden in Class 4 vallen en eerder plooiën dan vloeien. Dit is natuurlijk bij zware damwanden met grote wanddikte minder het geval dan bij lichtere damwanden.
29	Hoe staan jullie tegenover belasting proef van de ankers in de loop van de levensduur (50%, 75%). Dat is uiteindelijk de functie van het anker en een bewezen sterkte.	Als het mogelijk is (bijv. voldoende uitstekende schroefdraad) dan is dit uiteraard een goed middel om de sterkte aan te tonen. Er wordt ook nog gewerkt aan een handreiking voor proefbelastingen van damwanden.

