



Kennisprogramma Natte Kunstwerken
Kennisplan 2019

Technische levensduur

Corrosie van damwanden in
zoetwater

Deel 2 - Analyse verzamelde diktemetingen

Hans Brinkman (Deltares)
Stefan Jansen (Deltares)
Renger van de Kamp (Rijkswaterstaat)

Kenmerk : KpNK-2019-BKW-02a004
Versie : 1.0
Datum publicatie : 22 oktober 2019



In het **Kennisprogramma Natte Kunstwerken** (KpNK) werken Deltares, MARIN, Rijkswaterstaat en TNO samen aan de kennisontwikkeling om de vervangings- en renovatieopgave bij natte kunstwerken (stuwen, sluizen, gemalen en stormvloedkeringen) efficiënt en kostenbesparend aan te pakken.

Deltares

MARIN



TNO

Voor het kennisprogramma wordt er jaarlijks een inhoudelijk **Kennisplan** inclusief bijbehorend financieringsplan opgesteld. Andere partijen (zoals waterschappen en marktpartijen) worden nadrukkelijk uitgenodigd om deel te nemen.

Meer informatie over het Kennisprogramma Natte Kunstwerken vindt op www.nattekunstwerkenvandetoekomst.nl waar ook de onderzoeksresultaten ter beschikking worden gesteld.

NKWK

De samenwerking binnen het Kennisprogramma Natte Kunstwerken vormt de uitwerking van de onderzoekslijn “Toekomstbestendige Natte Kunstwerken” binnen het **Nationaal Kennisplatform voor Water en Klimaat** (NKWK). Dit kennisplatform brengt Nederlandse overheden, kennisinstellingen en bedrijven bij elkaar om samen te werken aan pilots, actuele vraagstukken en lange termijnontwikkelingen op gebied van water- en klimaatvraagstukken.

Meer informatie staat op www.waterenklimaat.nl.

Voor vragen met betrekking tot het rapport kunt u terecht bij de auteurs:

Hans Brinkman - hans.brinkman@deltares.nl

Stefan Jansen - stefan.jansen@deltares.nl

Voor vragen over Kennisprogramma Natte Kunstwerken en Kennisplan 2019 kunt u terecht bij:

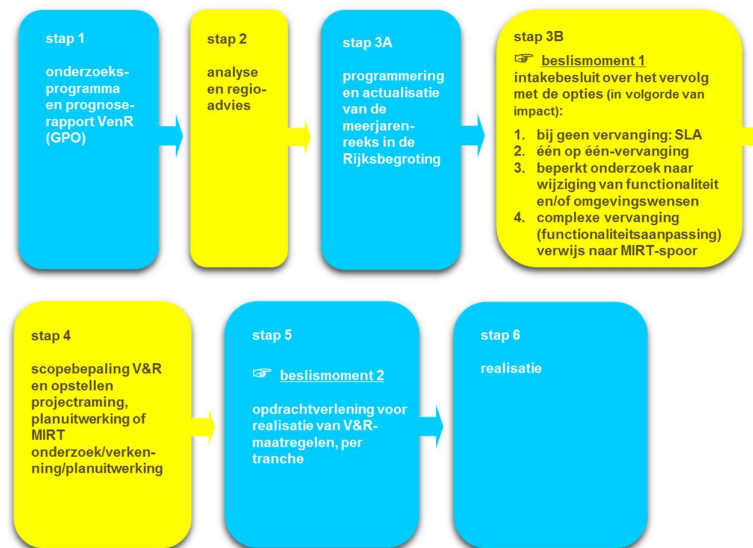
Martine Brinkhuis - martine.brinkhuis@rws.nl



Voorwoord

Sluizen, stuwen, gemalen en stormvloedkeringen zijn belangrijke assets van beheerders zoals Rijkswaterstaat en de waterschappen. Een groot deel van deze natte kunstwerken bereikt komende decennia het einde van de (technische) levensduur waarvoor het is ontworpen. Er dient zich dan ook een aanzienlijke vervangings- en renovatieopgave van deze kunstwerken aan.

De laatste jaren wordt steeds meer gezocht naar mogelijkheden om levensduur van kunstwerken te verlengen, en om bij einde levensduur (noodzakelijke) ingrepen aan gebiedsontwikkelingen en/of functionele/netwerk ontwikkelingen te koppelen. Rijkswaterstaat heeft daartoe als asset manager een vernieuwde werkwijze voor het Vervanging en Renovatie (VenR) proces opgesteld, welke de basis vormt voor de inrichting van het Kennisprogramma Natte Kunstwerken (zie Figuur 1).



Figuur 1. Vernieuwde RWS-werkwijze Vervanging en Renovatie.

In het Kennisprogramma Natte Kunstwerken wordt kennis ontwikkeld die bijdraagt aan de verschillende stappen binnen deze vernieuwde VenR-werkwijze, met als focuspunten stap 1 (prognoserapport) en stap 2 (regio-analyse en -advies). Het prognoserapport richt zich op de (einde) technische levensduur, het regio-advies brengt met name de relatie object-netwerk-gebied in kaart.

Het onderzoek in het Kennisprogramma Natte Kunstwerken vindt plaats langs de onderstaande 3 onderzoekssporen en heeft tot doel om een effectieve en efficiënte aanpak van de vervanging- en renovatie-opgave en nieuwbouw van natte kunstwerken mogelijk te maken:

- bestaand object
 - inzicht in (einde) technische levensduur
 - levensduurverlenging
- object-systeem
 - inzicht in (einde) functionele levensduur en object-systeemrelaties
- nieuw(e) object/objectonderdelen
 - toepassen innovaties
 - inspelen op toekomstige ontwikkelingen.



Kennisprogramma Natte Kunstwerken *Kennisplan 2019*

Sinds enkele jaren is er het Nationaal Kennisplatform voor Water en Klimaat (NKWK). Hieronder lopen diverse onderzoekslijnen. Eén van de onderzoekslijnen is “Toekomstbestendige Natte Kunstwerken”. Voor het praktisch laten functioneren van deze onderzoekslijn is er een Samenwerkingsovereenkomst Natte Kunstwerken en een Kennisprogramma Natte Kunstwerken opgesteld:

- Samenwerkingsovereenkomst Natte Kunstwerken. De partijen die momenteel binnen deze overeenkomst samenwerken aan onderwerpen rondom de vervangings- en renovatieopgave bij natte kunstwerken zijn Deltares, MARIN, Rijkswaterstaat en TNO.
- In het kader van de bovengenoemde Samenwerkingsovereenkomst Natte Kunstwerken en de 3 onderzoekssporen van het Kennisprogramma Natte Kunstwerken wordt er jaarlijks een inhoudelijk Kennisplan inclusief bijbehorend financieringsplan opgesteld.

Naast de genoemde partijen zijn en worden andere partijen nadrukkelijk uitgenodigd om deel te nemen aan de Samenwerkingsovereenkomst Natte Kunstwerken en/of het Kennisplan. Inzet kan zowel in kind en/of financieel zijn. In het Kennisplan 2019 is er binnen het kader van Kennisprogramma Natte Kunstwerken samengewerkt met Acotec BV, Arcadis, ArcelorMittal, Koninklijke Boskalis en DIANA FEA.

Resultaten uit het Kennisprogramma Natte Kunstwerken worden gedeeld met de gehele sector, onder andere via de website www.nattekunstwerkenvandetoekomst.nl.

De hierop volgende samenvatting heeft betrekking op het onderliggende rapport ‘Corrosie van damwanden in zoetwater – Deel 2: Analyse verzamelde diktemetingen’. Dit onderzoek is geleid door Deltares in het kader van het Kennisplan 2019. In verband met de Algemene Verordening Gegevensbescherming is het originele Deltares rapport ten behoeve van het publiceren op de website alleen qua persoonsgegevens, maar niet qua inhoud aangepast.



Samenvatting

Corrosie van damwanden in zoetwater – Deel 2: Analyse verzamelde diktemetingen

Aanleiding

In Nederland heeft Rijkswaterstaat meer dan 800 km stalen damwand in zoetwater in haar beheer. Voor stalen damwandconstructies richting einde technische levensduur is de dikteafname door corrosie één van de dominante onzekerheden (en waarschijnlijk zelfs de dominante onzekerheid). Immers, als aan het einde van de technische levensduur er nauwelijks of geen staal meer aanwezig is, dan faalt de constructie zeker.

Geconstateerd wordt echter dat op dit moment een rationeel kader lijkt te ontbreken voor de wijze waarop met corrosie wordt omgegaan in ontwerp en beoordeling. Belangrijkste argumenten voor deze stelling zijn dat normen en richtlijnen uitgaan van deterministische waarden voor corrosie en geen inzicht geven in de variatie, terwijl het duidelijk is dat corrosie geen exact proces is. Dat er niet expliciet met de onzekerheid in corrosie rekening wordt gehouden is ook vreemd, in het licht dat er wel expliciet met de onzekerheid in grond en belasting parameters wordt rekening gehouden. Verder zijn de wettelijke kaders op een probabilistische (i.e. rekening houdend met onzekerheid) manier opgesteld. Dit is aanleiding om te trachten tot een meer rationele aanpak van ontwerp en beoordeling van stalen damwandconstructies te komen.

In 2018 heeft een workshop¹ plaatsgevonden met beheerders en inspectiepartijen waarin de eerste resultaten van het onderzoek richting een meer rationale aanpak zijn gepresenteerd en bediscussieerd. Vervolgens is een literatuurstudie² uitgevoerd om na te gaan wat er bekend is over corrosie van stalen damwanden in zoetwater, over inspectiemethoden en protocollen en wat voor effect corrosie heeft op de betrouwbaarheid van een damwandconstructie. De resultaten en inzichten uit zowel deze workshop als literatuurstudie zijn meegenomen in de voorliggende rapportage.

Onderzoeksvraag en -opzet (WAT)

Voorliggende rapportage is de tweede deelrapportage van een serie rapportages richting een meer rationele aanpak van ontwerp en beoordeling van stalen damwandconstructies. Het doel van deze tweede stap was om een pragmatische analyse van verzamelde recente diktemetingen op stalen damwanden uit de praktijk uit te voeren, om een eerste inzicht te verkrijgen van het corrosiebeeld van stalen damwanden in zoetwatercondities in Nederland.

Met 'pragmatisch' wordt hier bedoeld, dat het hoofddoel van de analyse meer was om te komen tot nuttige inzichten dan het trekken van goed beargumenteerde kwantitatieve conclusies, wat lastig blijkt te zijn met de beschikbare (praktijk)data.

¹ zie "Technische Levensduur – Verslag workshop 'Corrosie van bestaande stalen damwanden in zoetwater'", Kennisprogramma Natte Kunstwerken, kenmerk KpNK-2018-BKW-02a001, versie 1.0, 5 juli 2018;

² zie "Technische Levensduur – Literatuurstudie 'Corrosie van bestaande stalen damwanden in zoetwater'", Kennisprogramma Natte Kunstwerken, kenmerk KpNK-2019-BKW-02a003, versie 1.0, 22 oktober 2019;



Onderzoeksaanpak en -methode (HOE)

Het beschouwen van corrosie van stalen damwandconstructies is een snijvlak van meerdere specialismen. De beschouwing in voorliggende rapportage is het tweede deel in een reeks van onderzoek naar de veroudering van bestaande stalen damwanden in zoetwater en wordt grotendeels gedaan met een geotechnische bril, rekening houdend met constructieve en probabilistische aspecten.

Samen met Acotec BV zijn recente diktemetingen van stalen damwanden in zoetwater van een groot aantal locaties in België en Nederland verzameld. De volgende aanpak is bij de analyse hierop aangehouden:

- De verzamelde diktemetingen zijn eerst beoordeeld en gefilterd op geschiktheid. Uiteindelijk bleek een kwart van de locaties voldoende geschikt voor analyse.
- Op deze metingen is vervolgens een analyse uitgevoerd naar in de praktijk optredende corrosiesnelheden en de herkenbare patronen daarin. Een eerste vergelijking is daarbij gemaakt tussen de afgeleide daadwerkelijke corrosiesnelheden en de waarden uit de Eurocode en Richtlijn Ontwerpen Kunstwerken die nu worden gehanteerd.
- Verder is getracht inzicht te krijgen in de optredende variaties binnen de dikteafname ten gevolge van corrosie.

Onderzoeksresultaten en synthese

Op basis van de analyse zijn diverse inzichten opgedaan waarvan het belangrijkste twee zijn dat:

- De in de huidige normen en richtlijnen vermelde deterministische waarden niet als een zeer veilige (bovengrens) waarde kunnen worden gezien. Het lijkt dat de vermelde waarden eerder een benadering zijn van de horizontaal gemiddeld optredende dikteafname (corrosie).
- Inspectie met diktemetingen bij damwanden lijkt een effectieve levensduur-verlengende maatregel te zijn, omdat (gemiddeld genomen) lokaal de spreidingen in dikteafname significant kleiner lijken te zijn dan de grote spreidingen op landelijke schaal.

Evaluatie en vooruitblik

Naar aanleiding van het eerdere literatuuronderzoek en de voorliggende eerste analyse van verzamelde diktemetingen wordt aanbevolen om een standaard meetprotocol op te stellen en de metingen vast te leggen in een nationale database. Nader onderzoek naar corrosiepatronen en -trends wordt verwacht te leiden tot betere inzichten en daarmee tot betere aanbevelingen voor de praktijk van ontwerp en beoordeling van bestaande damwand constructies.

Tot slot wordt aanbevolen na te denken over een veiligheidsfilosofie waarin het onzekere karakter van corrosie, maar ook het gebruik inspectieresultaten, beter wordt meegenomen om zo te komen tot een meer rationeel ontwerp en beoordelingskader.

Corrosie van damwanden in zoetwater

Deel 2 - Analyse verzamelde diktemetingen



Corrosie van damwanden in zoetwater

Deel 2 - Analyse verzamelde diktemetingen

Hans Brinkman
Stefan Jansen

Inhoud

1 Inleiding	1
1.1 Achtergrond	1
1.2 Probleemstelling	1
1.3 Doelstelling van deze rapportage	2
1.4 Afbakening van deze rapportage	2
1.5 Leeswijzer	3
2 Verzamelde diktemetingen	4
2.1 Inleiding	4
2.2 Sluis Eefde	8
2.2.1 Meting Eefde 2012 door Acotec	9
2.2.2 Meting Eefde 2015 door DVA	16
2.3 Hollandsche IJsselkering	18
2.4 Amsterdam-Rijnkanaal	20
2.5 Twentekanalen	25
2.6 Julianasluis te Gouda	30
2.7 Gouwekade te Alphen aan de Rijn	35
2.8 Hoofdvaarweg Lemmer Delfzijl	41
2.8.1 Meetlocaties en metingen	41
2.8.2 Overzicht meetresultaten	44
2.8.3 Trend over opvolgende raaien	45
2.9 Locaties te Gent	51
2.9.1 Marlux kade	51
2.9.2 Noordelijke zijde Moervaart	52
2.10 Resume	54
3 Analyse verzamelde diktemetingen	56
3.1 Referentielijnen dikteafnamen uit EC3-5 en ROK1.4	56
3.2 Systematische verschillen locatie individuele metingen: locatie	59
3.3 Systematische verschillen horizontale gemiddelden: locatie	60
3.4 Systematische verschillen horizontale gemiddelden: locatie + diepte + coating	63
3.4.1 Langs kanaal (Groep A)	63
3.4.2 Niet langs kanaal (Groep B)	79
3.5 Histogrammen	92
3.5.1 Twentekanalen	92
3.5.2 Amsterdam-Rijnkanaal	93
3.5.3 Leeftijd 76 – 83 jaar	95
3.5.4 Resume	99
4 Conclusies	101
5 Aanbevelingen	104
Literatuur	1

Bijlage(n)

A Meetlocaties

A-1

B Dikteafname

B-1

1 Inleiding

1.1 Achtergrond

Bestaande natte kunstwerken, bijvoorbeeld een sluis, leiden aan verouderingsverschijnselen. Stalen damwanden vormen een belangrijk onderdeel bij deze kunstwerken. Beheerders zijn zich bewust van de veroudering van stalen damwanden, bijvoorbeeld door corrosie. Vervanging is een enorme inspanning. De geotechnische en constructieve consequenties van veroudering zijn echter slechts beperkt bekend (laat staan vastgelegd in gevalideerde voorspellingsmodellen), wat kan leiden tot onnodige kosten (reparatie, vervanging) of onveiligheid. In 2015 bleek tijdens het onderzoek naar een probabilistisch grond-constructie-interactie model in het kader van het Kennisprogramma Natte Kunstwerken (KpNK) dat geen inzicht aanwezig is in de betrouwbaarheid van het in [NEN-EN1993-5] gegeven model betreffende het degradatie gedrag van de niet-grondbelegde zijde van stalen damwanden.

RWS, partner van KpNK, beheert een grote hoeveelheid damwanden, grenzend aan zoetwater, die al lange tijd geleden zijn aangelegd. RWS is zich bewust van de veroudering van stalen damwanden. Op dit moment is niet duidelijk welke (gedetailleerde) inspectiemethoden, en op welke manier, een beeld kunnen geven over de staat van de damwanden.

Vooraf ruimtelijke spreiding van de sterkte, lokale defecten (bijvoorbeeld putcorrosie) en algehele constructieve staat spelen een rol bij de beoordeling. Daarom is sinds 2017 binnen het programma Natte Kunstwerken door Deltares en TNO gewerkt aan een betere onderbouwing van de benodigde inspectiemethoden, gebaseerd op:

- 1 De geotechnische en constructieve eisen te stellen aan, en de eigenschappen van, de damwanden;
- 2 Het karakter en de verwachte ontwikkeling van de corrosieprocessen;
- 3 Het toepassen van geavanceerde niet destructieve technieken (NDT) voor inspecteren, meten en monitoren aan (gevolgen van) corrosieprocessen.

1.2 Probleemstelling

Geconstateerd wordt dat op dit moment normen en richtlijnen uitgaan van deterministische waarden van een dikteafname als gevolg van corrosie. Het is onduidelijk of de genoemde waarden gemiddelden zijn of bovengrenswaarden betreffen. Verder is duidelijk dat corrosie geen exact proces is en dat rekening dient te worden gehouden met onzekerheid. De huidige normen en richtlijnen geven echter geen inzicht in de variatie waarmee rekening dient te worden gehouden.

Dat niet expliciet met onzekerheid in corrosie rekening wordt gehouden is vreemd, om dat wel uitvoerig over onzekerheid in geotechnische sterkte parameters wordt gesproken en over onzekerheid in belastingen om de levensduur te schatten. Ook zijn de wettelijke kaders op een probabilistische manier opgesteld: er dient aangetoond te worden dat wordt voldaan aan een bepaalde maximale faalkans (c.q. een minimale betrouwbaarheidsindex).

Verder kan eenvoudig worden beredeneerd dat voor stalen damwandconstructies richting einde technische levensduur de dikteafname door corrosie één van de dominante onzekerheden (en waarschijnlijk zelfs DE dominante onzekerheid) moet zijn: immers als aan het einde van de technische levensduur er nauwelijks of geen staal meer aanwezig is dan faalt de constructie zeker.

Naar verwachting zal in de toekomst meer en meer met probabilistische ontwerp- en beoordelingstools worden gewerkt. Op deze wijze worden onzekerheden explicieter in rekening gebracht en kan tot een scherper ontwerp dan wel beoordeling worden gekomen. Een vereiste voor het uitvoeren van dergelijke analyses is echter dat inzicht bestaat in de relevante stochasten.

Voorgaande geeft aanleiding tot een nader onderzoek om te komen tot een meer rationele aanpak van ontwerp en beoordeling van stalen damwand constructies.

1.3 Doelstelling van deze rapportage

Hoofddoelstelling van dit onderzoek binnen het KpNK is te komen tot een meer rationele aanpak van ontwerp en beoordeling van stalen damwandconstructies.

Voorliggende rapportage is de tweede deelrapportage van een serie rapportages. In de eerste rapportage is aan de hand van literatuur nagegaan wat er bekend is over corrosie van damwanden in zoetwater, over inspectiemethoden en protocollen en wat voor effect corrosie heeft op de betrouwbaarheid van een damwandconstructie. Doelstelling van voorliggende tweede rapportage is:

Een eerste inzicht verkrijgen van het corrosiebeeld van stalen damwanden in zoetwatercondities voor Nederland.

Samen met Acotec BV zijn recente diktemetingen van stalen damwanden van een groot aantal locaties in België en Nederland verzameld. Op deze metingen wordt een eerste analyse uitgevoerd naar in de praktijk optredende corrosiesnelheden en de herkenbare patronen daarin. Een eerste vergelijking zal worden gemaakt tussen de afgeleide daadwerkelijke corrosiesnelheden en de waarden uit de [NEN1993-5] en [ROK1.4] die nu worden gehanteerd. Verder wordt getracht inzicht te krijgen in de optredende variaties binnen de dikteafname ten gevolge van corrosie.

In 2018 heeft een workshop [KpNK 2018] met beheerders en inspectiepartijen plaats gevonden waarin de eerste resultaten van het onderzoek zijn gepresenteerd en bediscussieerd. De resultaten en inzichten uit de workshop zijn meegenomen in de rapportage.

1.4 Afbakening van deze rapportage

Het beschouwen van corrosie van stalen damwandconstructies is een snijvlak van meerdere specialismen, zoals:

- Biologisch en chemisch: in relatie tot corrosie processen
- Constructief: in relatie tot sterkte van de stalen damwand
- Geotechnisch: in relatie tot grond-constructie interactie
- Probabilistisch: in relatie tot omgaan met onzekerheden

De beschouwing in voorliggende rapportage is het tweede deel in een reeks van onderzoek naar de veroudering van bestaande stalen damwanden en wordt grotendeels gedaan met een geotechnische bril, rekening houdend met constructieve en probabilistische aspecten. Daarbij is de beschouwing “pragmatisch” waarmee hier wordt bedoeld dat het hoofddoel van de analyse meer is te komen tot nuttige inzichten en aanbevelingen voor de praktijk dan het trekken van goed beargumenteerde kwantitatieve conclusies, hetgeen lastig blijkt met de beschikbare (praktijk) data.

Deze rapportage gaat verder expliciet over corrosie van damwanden grenzend aan zoetwater. Deze afbakening wordt gemaakt omdat voor zoutwater condities in Nederland reeds veel kennis bestaat bij het Havenbedrijf Rotterdam.

1.5 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 wordt ingegaan op de, in het kader van dit onderzoek, verzamelde diktemetingen per dataset en in hoofdstuk 3 zijn de verzamelde dikte metingen gecombineerd tot een verzameling metingen en weergegeven in diverse grafieken met de dikte afname als functie van de leeftijd en het beeld van de ligging van de waarnemingen vergeleken met de waarden volgend uit de [NEN-EN1993-5] en ROK1.4 [RWS 2017a]. Ditzelfde is gedaan met deelverzamelingen met als doel systematische trends te signaleren. In hoofdstuk 4 worden conclusies getrokken waarna in hoofdstuk 5 aanbevelingen worden gedaan.

Onzekerheden: soms diktetoename

Wanneer een gemeten staaldikte wordt vergeleken met de initiële staaldikte uit een tabellenboekje resulteert dit soms in een negatieve waarde, er lijkt soms sprake te zijn van toename in staaldikte. Alhoewel meetnauwkeurigheid in deze negatieve waarden een aandeel kan hebben, zijn ook andere bronnen mogelijk zoals: walstolerantie, grote dikte ter plaatse van het walsmerk en lokaal kan zelfs, in speciale gevallen, de dikte ook iets toenemen. Daarnaast dient ook nog rekening gehouden te worden met het feit dat enkele van de planken met een overdikte kunnen zijn geleverd omdat deze nog op voorraad lagen. Dergelijke planken kunnen door elkaar heen voorkomen. Dit is ook nu nog de praktijk dat leveranciers ongevraagd, maar ook onvermeld, (enkele) damwandplanken met een hogere staalkwaliteit of een iets grotere dikte leveren dan besteld. Als laatste moet ook nog worden vermeld dat het ook mogelijk is dat damwandplanken met een over- of onderdikte zijn besteld en dat deze as-built informatie niet meer bekend is. Deze onzekerheden zullen naar verwachting, met name op meetpuntniveau, tot een iets grotere spreiding leiden. De invloed zal naar verwachting afnemen wanneer het gemiddelde over meerdere planken wordt beschouwd. Verder wordt de invloed van deze onzekerheden naar mate de leeftijd van de damwand hoger is kleiner. Maar feit blijft dat dit geen wetenschappelijke uitgevoerde en gedocumenteerde metingen zijn. Op dit moment zijn deze datasets het enige wat er nu voorhanden is voor deze eerste analyse naar mogelijke trends.

2 Verzamelde diktemetingen

2.1 Inleiding

Samen met het bedrijf Acotec bv zijn in het kader van dit onderzoek recente diktemetingen verzameld van 884 locaties in België en Nederland. De metingen op deze 884 locaties zijn onderdeel van diverse meetcampagnes, zie Tabel 2.1 voor het overzicht. Tijdens een meetcampagne kan zijn gemeten aan één of meerdere objecten, zoals bijvoorbeeld meerdere sluizen in een waterweg. Per object kan op één of meerdere locaties zijn gemeten. Per locatie kan er zijn gemeten op één of meerdere aansluitende damwandplanken en op één of meerdere meetniveaus. In Tabel 2.1 is een overzicht opgenomen van de kenmerken van de diverse meetcampagnes. In Figuur 2.1 is op de kaart schematisch de ligging van de objecten waar is gemeten, aangegeven.

In § 2.2 t/m 2.9 wordt per meetcampagne voor een specifieke locatie ingegaan op de analyse van meetgegevens. Hierbij wordt als eerste voor iedere locatie een beoordeling op geschiktheid uitgevoerd:

- betreft het zoet water?
- is het bouwjaar bekend?
- is het damwandtype bekend?

Vervolgens is een korte verificatie van de informatie uitgevoerd:

- bestond het gerapporteerde damwandprofiel bij aanleg?
- is de gemeten gemiddelde staaldikte van het gerapporteerde damwandprofiel niet groter dan de initiële dikte bij aanleg?

Uit het overzicht in Tabel 2.1 blijkt dat:

- de hoeveelheid metingen per locatie sterk verschilt: van 1 meting op de waterlijn tot 784 metingen waarbij op iedere 0,1 m diepte op 6 naastgelegen damwandplanken de dikte wordt gemeten. Omdat bekend is dat de staaldikte van een gecorrodeerde damwand door zeer lokale verschijnselen kan variëren is besloten de locaties waar slecht 1 diktemeting op de waterlijn was uitgevoerd niet mee te nemen in dit onderzoek.
- Van de verzamelde metingen is in 95% van de gevallen de staaldikte met behulp van de ultrasone techniek bepaald. Uit oogpunt van vergelijkbaarheid is besloten in het kader van deze eerste analyse alleen de dikten te beschouwen die met de ultrasone techniek gemeten zijn.

Van de 884 locaties zijn uiteindelijk de diktemetingen van 227 locaties meegenomen in het onderzoek, zie de aantallen aangegeven tussen haakjes in de kolom "Aantal locaties" in Tabel 2.1. In §2.2 t/m 2.8 is als eerste geanalyseerd of binnen de objecten trends in de dikteafnames zijn te herkennen. In Bijlage A zijn de situaties van deze 227 locaties opgenomen.

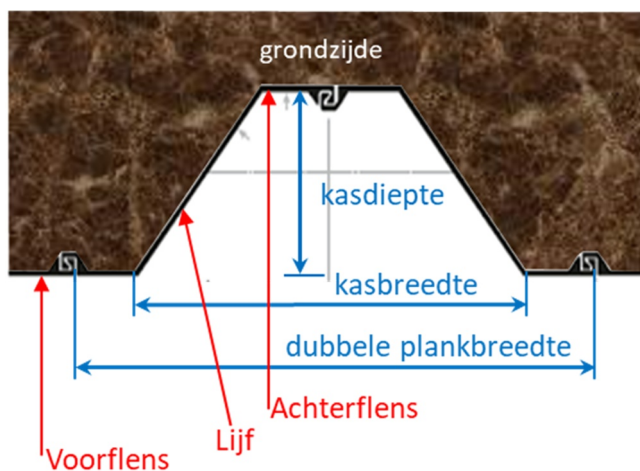
Bij de analyse naar de trends wordt gelet op:

- Hoe is de dikteafname verdeeld over de diepte?
- Zijn systematische verschillen herkenbaar tussen lijf, voor- en achterflens?
- Zijn systematische verschillen te herkennen tussen de diverse locaties binnen een object?
- Zijn overeenkomsten te herkennen tussen nabijgelegen locaties?

In de doorsnede van een damwandprofiel in Figuur 2.2 staan de in dit hoofdstuk gehanteerde benamingen aangegeven.



Figuur 2.1 Ligging van de meetlocaties [Google Maps]



Figuur 2.2 Benamingen

Object	Jaar van meting	Leeftijd	Meet-methode	Aantal locaties ¹	water diepte	Metingen per locatie			Coating	Damwand typen	Type locatie
						Aantallen					
						[#]	[#]	[#]			
[jaartal]	[jaren]	[#]	Aansluitende planken ⁴	Meet-diepten ⁵	Metingen per diepte ⁶	[ja/?/nee]					
Sluis Eefde	2012	80 ³	Ultrasoon Drooggezet Hogedruk	1 (1)	5,5 m	6	56	14	Ja	Hoesch III	Voorsluiswand Rivierzijde
	2015	21-83 ³	Ultrasoon Duiker	84 (51)	1 – 3 m	3	6-18	12	ja + ?	Hoesch III, BZIIN, BZIIN, BZ155, BZ250, BZ350, BZ450 en BZ12	Sluisfui, voorsluiswand en gemaaluitlaat
Amsterdam-Rijnkanaal	2004	14-50	Eddy current (Incotest) Duiker	14 (0)	1,5 - 4 m	5	7 – 10	10	Ja	BZII, BZIIN, BZIIR, BZIIN BZ17, BZ350	Langs kanaal
Amsterdam-Rijnkanaal	2011	21-57	Ultrasoon Duiker	14 (11)	1,5 - 4 m	5	7 - 10	20	Ja		Langs kanaal
Amsterdam-Rijnkanaal	2011	21-57	Ultrasoon		waterlijn	1	1	1	Ja		Langs kanaal
Twente kanalen	2009 en 2014	19-28	Ultrasoon Duiker	108 (28)	1 – 3 m	2	2 - 6	5	?	De Wendel 3400 en 5400 BZ17 LPW4.0	Langs kanaal
Gouwekade (Alphen aan de Rijn)	2012	76	Ultrasoon Drooggezet Hogedruk	11 (7)	2 m	5	4	11	ja	Hoesch lv	Kade in kanaal
Kade bij Julianasluis (Gouda)	2012	77	Ultrasoon Drooggezet Hogedruk	7 (7)	3,5 m	3	8	7	ja	Hoesch lv	Kade langs rivier
Hoofdvaarweg Lemmer Delfzijl	2018	13	Ultrasoon Duiker	10 (10)	0,3-1m	1	4 zones	27 per zone	nee	GU7-600	Langs kanaal

Object	Jaar van meting [jaartal]	Leeftijd [jaren]	Meet-methode	Aantal locaties ¹ [#]	Water diepte	Metingen per locatie aantallen			Coating [ja/?/nee]	Damwand typen	Type locatie
						[#]					
						Aansluitende planken ⁴	Meet-Diepten ⁵	Metingen per diepte ⁶			
Hoofdvaarweg Lemmer Delfzijl	2017	0-85	Ultrasoon Duiker	481 (105)	variabel	1	3	9	Ja en nee	AZ18-700 PAZ4470; BU6+12; BZIIN+R GU78+9-600; BU6 Larssen Ic+ Iln+L21+ L601+L602 VL602L; Hoesch 79+ 95+116+134	Sluisfui, Sluis, vleugelwanden en langs kanaal
Hollandsche IJsselkering	2016	61	Micrometer Getrokken	6 (0)	6,5 m	1	5	4	?	Larsen VI.	Kunstwerk in rivier
Moervaart (Gent) ²	2012	31	Ultrasoon Drooggezet Hogedruk	2 (0)	4 m	4	35	12	ja	BZ26	Kade
Marlux (Gent) ²	2012	14	Ultrasoon Drooggezet Hogedruk	1 (0)	5,5 m	4	20	8	ja	combi 1016/10+PU12	Kade

Tabel 2.1 Locaties waarvan corrosiedata van damwanden is verzameld, inclusief kenmerken

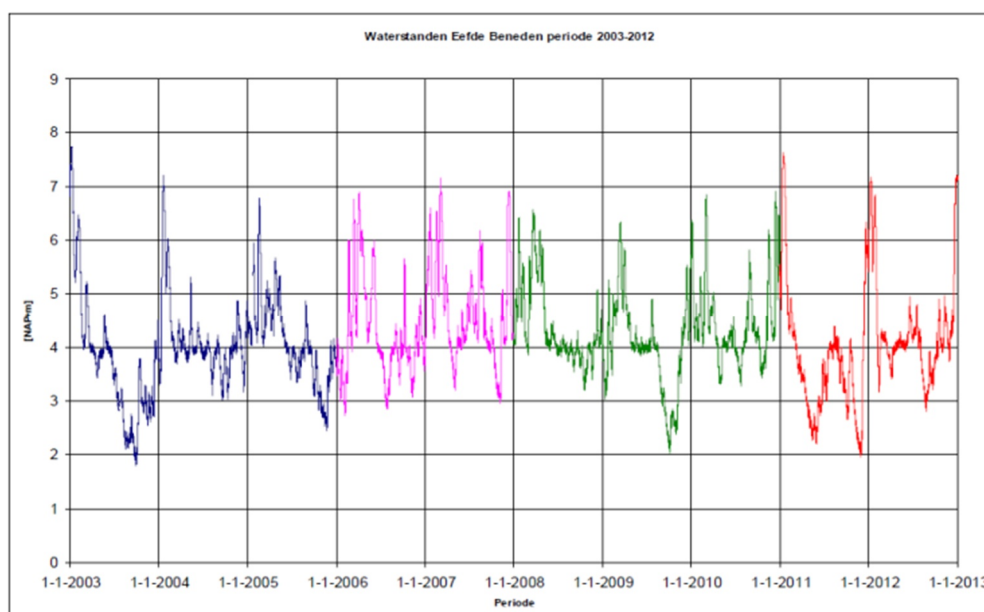
- 1) Het aantal locaties tussen haakjes is het aantal locaties dat uiteindelijk in het onderzoek in de analyses zijn gebruikt
- 2) locatie Gent is brakwater: buiten beschouwing gelaten
- 3) Op basis van aanvullende informatie is aangetoond dat enkele van de damwanden reeds in 1932 aanwezig waren, de leeftijd is daarop aangepast.
- 4) Aantal direct op elkaar aansluitende damwand planken waar de dikte van is gemeten
- 5) Aantal meetniveaus in de verticaal waar de dikte is gemeten
- 6) Aantal metingen per meetniveau.

2.2 Sluis Eefde

In 2012 en 2015 zijn diktemetingen uitgevoerd bij de Sluis bij Eefde: in 2012 door Acotec [Acotec 2012a] en in 2015 door DVA [DVA 2015]. De waterstand aan de kanaalzijde bij de sluis Eefde is een beheerst kanaalpeil maar aan de IJsselzijde fluctueert de waterstand. Het normaal peil in het Twentekanaal bedraagt NAP +10,00 m. In Tabel 2.2 staat volgens de betrekkinglijn 2012 voor Eefde beneden (de IJsselzijde van de sluis) het aantal dagen per jaar dat de waterstand wordt onderschreden en in Figuur 2.3 staan de gemeten waterstanden bij Eefde beneden over de periode 2003-2012.

Aantal dagen/jaar dat afvoer lager is	Afvoer bij Lobith [m ³ /s]	Gemiddelde waterstanden (volgens betrekkinglijn 2012) [m+NAP]	
		kmr. 931 (Twentekanaal, Eefde Beneden)	kmr. 929,3 (Zutphen Noord)
1,78	750	2,00	2,14
5,12	844	2,12	2,26
13,56	959	2,36	2,51
31,18	1.119	2,79	2,94
74,33	1.383	3,50	3,64
119,87	1.625	3,89	4,04
157,31	1.820	4,09	4,24
182,18	1.956	4,17	4,32
207,26	2.098	4,25	4,40
267,15	2.537	4,71	4,86
319,91	3.318	5,72	5,87
343,06	4.205	6,32	6,47
358,09	5.847	6,96	7,12

Tabel 2.2 Aantal dagen/jaar dat de afvoer in de IJssel lager is (kmr 931 en 929) [RWS 2018]



Figuur 2.3 Waterstanden Eefde beneden 2003-2012 [RWS 2018].

2.2.1 Meting Eefde 2012 door Acotec

2.2.1.1 Meetlocatie en meting

In 2012 zijn drie aaneensluitende dubbele damwandplanken bij de Sluis bij Eefde doorgemeten [Acotec 2012a]. De locatie van de inspectie is in Figuur 2.4 met de rode lijn schematisch aangegeven en in Figuur 2.5 is de DroogZetInstallatie (DZI) te zien waarbinnen de metingen in de droge zijn uitgevoerd. Langs de rode lijn in Figuur 2.4 zijn zeven droogzettingen uitgevoerd. Achtereenvolgens zijn uitgevoerd: een eerste visuele inspectie, de reiniging en een tweede visuele inspectie. Bij één van de 7 droogzettingen zijn uitgebreide diktemetingen gedaan en bij twee van de droogzettingen zijn door Acotec direct reparaties aan de damwand uitgevoerd. Het damwandtype was Hoesch III, zie voor schematische weergave Figuur 2.6. De damwanden zijn volgens [Acotec 2012a] geïnstalleerd in 1935. Echter, deze datum lijkt onwaarschijnlijk aangezien het sluiscomplex in de lente van 1933 is opgeleverd en op 1 juli 1933 officieel is geopend, zie Figuur 2.7. Aangezien de damwanden reeds tijdens de bouw van de heftorens van het benedenhoofd aanwezig waren, zie Figuur 2.7, moeten de damwanden dus in 1931/1932 zijn geïnstalleerd. Voor de analyses wordt daarom het jaar 1932 aangehouden. Op een aantal plaatsen zijn in 2012 door Acotec achter de damwanden maaiveldverzakkingen aangetroffen, veroorzaakt door gaten in de damwand waardoor zand kon wegstromen. Op de damwanden was een onbekende coating aanwezig [Acotec 2012a].



Figuur 2.4 : Satellietfoto sluis Eefde [Acotec, 2012a]



Figuur 2.5 Inzet van DroogZetInstalatie (DZI) bij Eefde waar binnen de metingen in 2012 zijn uitgevoerd [KpNK 2018]



Figuur 2.6 Schematische weergave van damwandprofiel bij sluis Eefde [Acotec 2012a]

Er zijn door Acotec verschillende metingen uitgevoerd:

- Wanddiktemetingen van het staal na schoonmaken van het oppervlak met een Cygnus 3 diktemeter. In de rapportage worden de niveaus waarop gemeten is aangegeven als 5 tot 10,5 meter vanaf de onderzijde van de kopbalk (deksloof). De hoogte van de kopbalk (deksloof), zie Figuur 2.5, is circa 0,15 m. De gaten zijn ook in de metingen meegenomen (met ander woorden: op sommige plaatsen is een damwanddikte van 0 mm gerapporteerd);
- Coating laagdikte meting (met Phynix laagdiktemeter);
- Potentiaalmeting;
- Analyse van microbiologische samenstelling met BART-testen (Biological Activity Reaction Test).



Figuur 2.7 **Rechts:** benedenhoofd schutsluis Eefde in aanbouw, damwanden waren al aanwezig (foto medio 1932) [Bierman 2011]. **Midden en Links:** opening op 1 juli 1933 [Bierman 2011]

2.2.1.2 Meetresultaten

Er zijn diverse soorten schade gerapporteerd: uniforme corrosie maar ook lokale corrosie. Lokaal was sprake van zeer intensieve corrosie (gaten). Op verschillende plaatsen is aangroei (zoetwatermosselen waren zeer talrijk aanwezig) gevonden een aanwijzing voor microbiële corrosie. Aanwezigheid van verschillende corrosie veroorzakende micro-organismen is aangetoond met BART-testen (Biological Activity Reaction Testen). Metingen van het potentiaalverschil tussen water en damwand zijn uitgevoerd van de waterlijn tot -5 meter diepte. Ze laten een potentiaal van -0,3 tot -0,4V zien, wat duidt op actief corroderende condities (> -0,65 V).

Rond de wind-waterlijn bevonden zich loszittende roestschollen bestaande uit meerdere lagen. Ter hoogte van de verzakkingen zijn gaten vastgesteld, zowel door mechanische schade als ten gevolge van corrosie. Mogelijke oorzaken voor deze schade zijn mechanische schade (schuren van schepen tegen de wand), en weersomstandigheden (vochtigheid, neerslag, hoge vochtigheidsgraad, verdamping van kanaalwater).

Onder de waterlijn werd ook hevige corrosie gevonden. In [Acotec 2012a] worden de volgende mogelijke oorzaken gegeven:

- Geen applicatie van coating;
- Mechanische schade;
- Aantasting door bacteriën;
- Begroeiing door zoetwatermosselen;
- Cavitatie.

De damwanddikte is op zes naastgelegen damwanden gemeten tussen een niveau van 4,8 en 10 m vanaf de bovenzijde van de damwand met verticaal een interval van 0,1 m. Per diepte is in horizontale zin op 14 posities gemeten (6x voorflens, 4x lijf en 4x achterflens). In totaal zijn zo 14 verticalen gemeten. In Figuur 2.8 staan de per 0,5 m hoogte gemiddelde gemeten staaldikte gegeven dit betreft het gemiddelde van 5 op 0,1 m interval boven elkaar gelegen metingen [Acotec 2012a]. Van deze waarden zijn vervolgens de nominale initiële wanddikten ter plaatse van het lijf en flenzen van een van Hoesch III afgetrokken om de gemiddelde dikteafname over 5 meetpunten boven elkaar gelegen meetpunten over de periode van 80 jaar sinds aanleg te bepalen.

Gemeten door: Kurt Claeys

Metingen in mm

Inspectie droogzetting n^o: 2

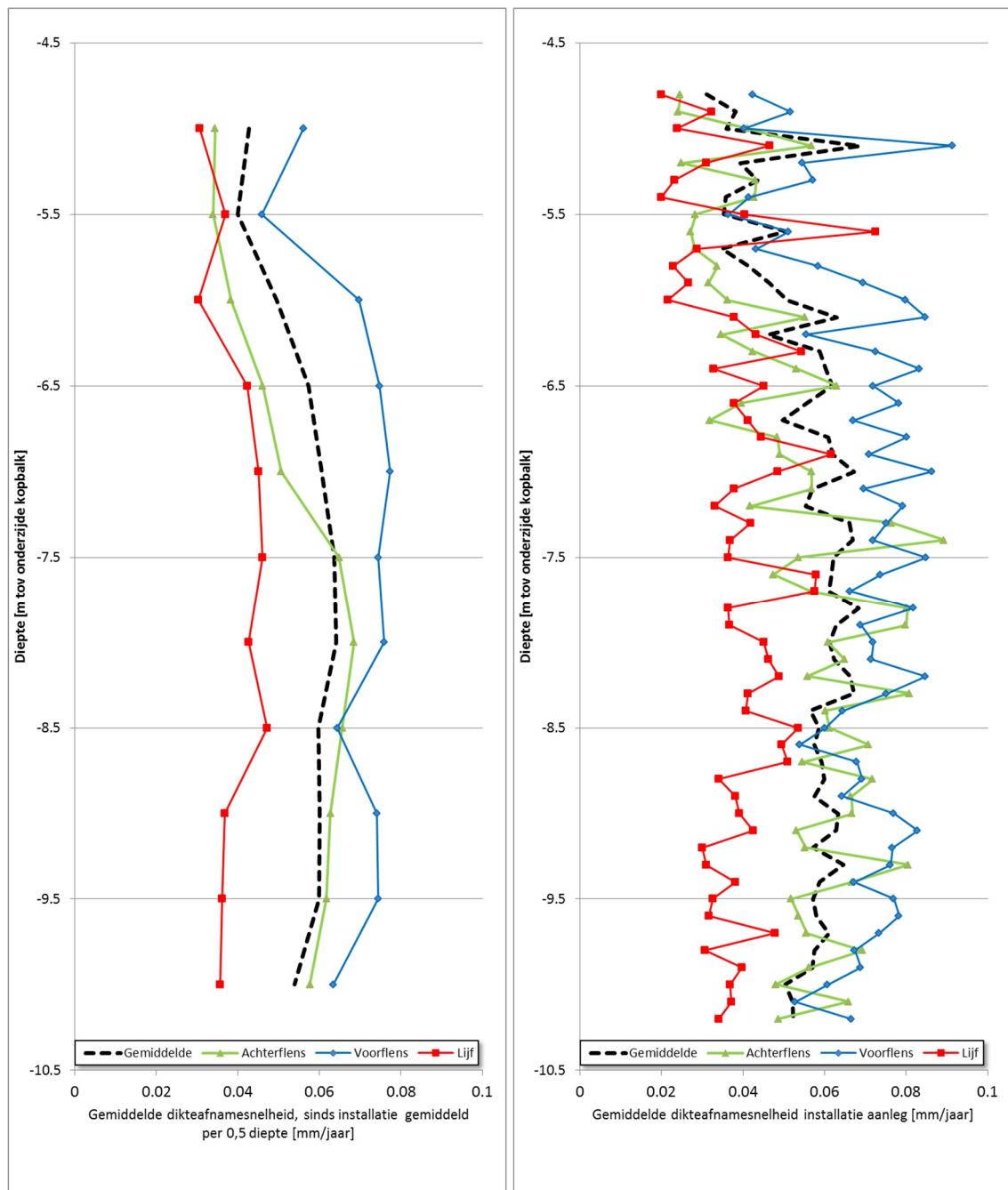
■ groter of gelijk aan 7 mm
■ tussen 5 en 7 mm
■ kleiner of gelijk aan 5 mm

Gemiddelde staaldikte

Plank № →	1						2						3					
	A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F
5,0			6,0	6,5	5,7	10,0	9,0	7,0	8,0	7,5	7,7	9,8	8,1	7,8	8,8	8,3		
5,5			9,3	8,4	5,7	9,8	9,7	6,2	9,5	7,7	6,5	9,6	8,0	7,7	9,5	5,5		
6,0			7,2	6,0	6,9	9,5	9,0	5,6	6,2	5,3	7,7	9,0	8,2	8,1	7,9	5,9		
6,5			5,6	6,6	6,0	9,4	7,9	6,7	4,6	5,8	5,9	8,3	7,7	6,0	6,1	7,5		
7,0			7,1	5,4	6,2	7,4	8,3	5,5	5,3	6,2	5,7	8,0	8,1	6,2	5,7	5,2		
7,5			6,5	7,6	5,4	6,9	5,2	5,7	5,6	5,4	5,8	7,4	7,7	6,4	6,2	4,9		
8,0			6,7	6,4	6,2	6,6	6,0	5,7	5,0	5,5	6,0	6,0	7,5	6,5	6,6	5,4		
8,5			8,2	8,6	5,0	6,1	8,1	6,6	7,2	5,2	6,5	6,6	6,1	4,9	6,1	5,9		
9,0			5,9	6,7	6,0	6,3	7,4	5,3	5,3	5,5	8,1	7,4	6,8	6,9	6,6	6,5		
9,5			4,8	6,9	5,9	6,0	7,8	6,9	5,3	6,5	8,2	6,7	7,7	5,5	6,2	6,5		
10,0			8,7	6,4	5,8	6,9	7,1	7,1	6,9	6,6	7,6	7,6	7,9	6,1	6,7	6,2		
10,5																		

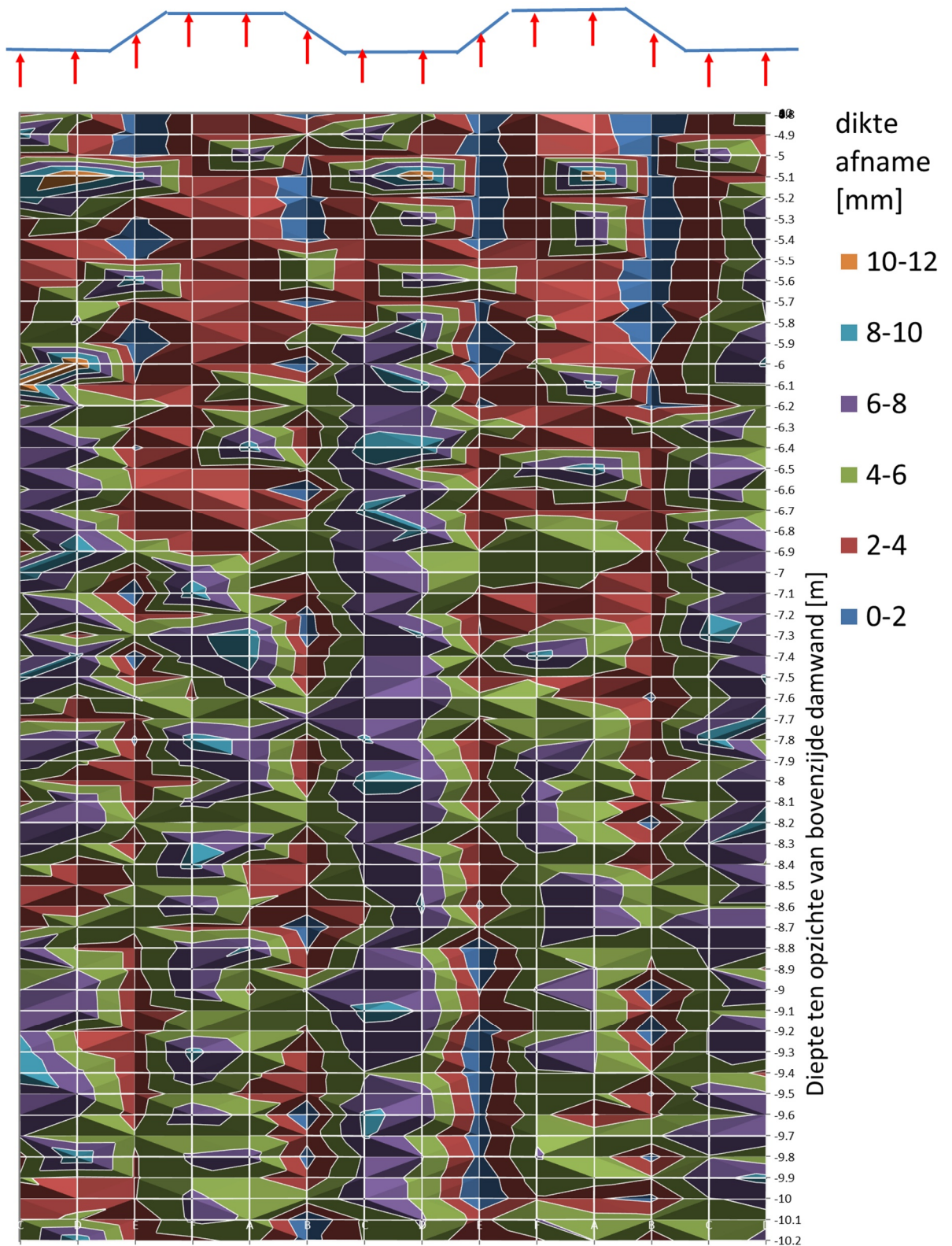
Figuur 2.8 Per 0,5 m hoogte gemiddelde gemeten dikte (gemiddelde van 5 metingen) [Acotec 2012a]

De dikteafnamen zijn vervolgens gedeeld door de leeftijd van 80 jaar, de tijd verstreken sinds de installatie en het moment van het uitvoeren van de metingen. Kortom, dit is de gemiddelde snelheid in dikteafname sinds de installatie. Vervolgens zijn de gemiddelden ter plaatse van lijf, voor- en achterflens bepaald van alle metingen per meetniveau en zijn links in Figuur 2.9 grafisch weergegeven. Vervolgens is hetzelfde gedaan met de metingen per meetniveau van 0,1 m de resultaten hiervan zijn in het rechterdeel van Figuur 2.9 weergegeven.



Figuur 2.9 Gemiddeld dikteafname snelheid van de damwanddikte sinds installatie 80 jaar geleden als functie van de diepte, totale gemiddelde en de gemiddelde t.p.v. lijf, voor- en achterflens Eefde 2012. **Rechts** waarden per meetniveau ($\Delta=0,1$ m). **Links** gemiddelde van de dikteafnamesnelheden van 5 meetniveaus ($\Delta=0,5$ m)

In Figuur 2.10 is een contourplot weergegeven van de dikteafname sinds aanleg basis van de individuele diktemetingen. Bovenin Figuur 2.10 zijn met rode pijlen de meetposities aangegeven in een schematische weergave van de damwanddoorsnede. Op deze locatie blijkt op een niveau van 5,1 m beneden de bovenzijde van de damwand dat er systematisch 3 locaties zijn waar de dikteafname meer dan 10 mm was, dit komt ongeveer overeen met het niveau waar in Figuur 2.12 de aansluiting op de verankering is aangegeven. In Figuur 2.11 is een voorbeeld weergegeven van een schoongemaakte en een nog niet schoongemaakte ankerkop.

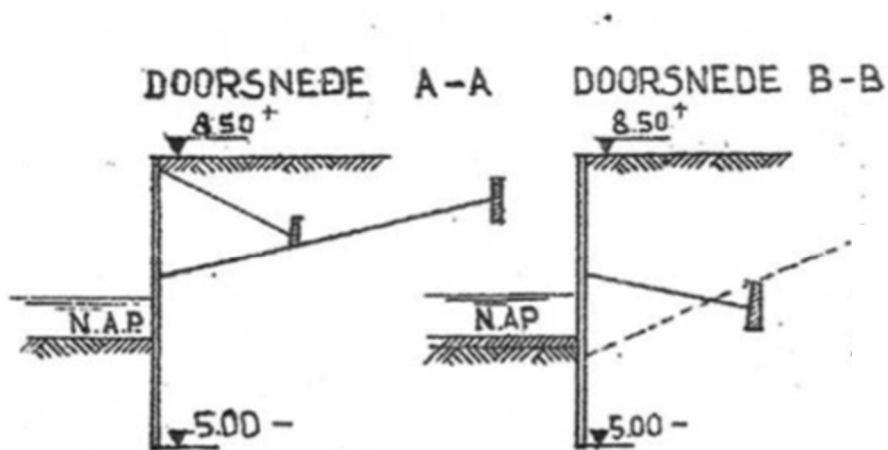


Figuur 2.10 Contourplot van de dikteafname sinds aanleg uitgaande van nominale dikten, Eefde 2012



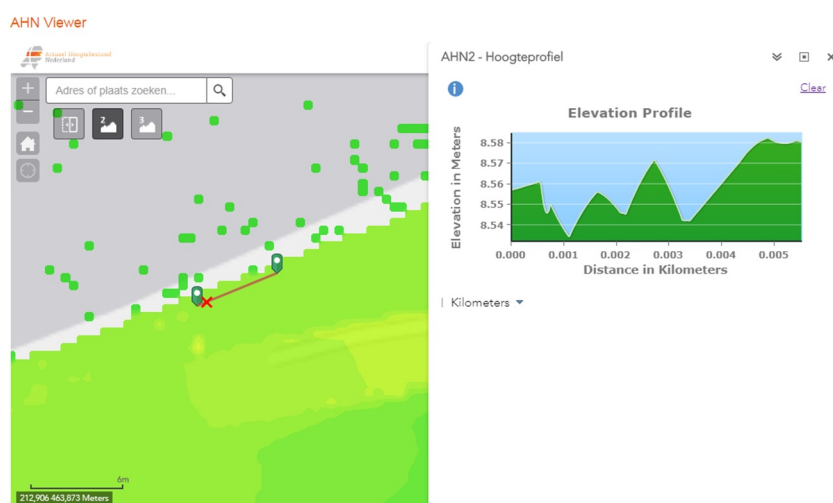
Figuur 2.11 Links een voorbeeld van een nog niet schoongemaakte locatie en rechts een schoongemaakte kop van de ankerstang waarbij [Acotec 2012a] aangeeft dat er sprake is van zware corrosie

Het niveau van de bovenzijde van de damwand was volgens ontwerp NAP +8,5 m, zie Figuur 2.12, wat overeenkomt met de hoogte in [AHN2], zie Figuur 2.13,. Dat betekent dat uitgaande van een hoogte van de kopbalk (deksloof) van circa 0,15 m de metingen op 5 m van de onderzijde van de kopbalk (deksloof) op NAP +3,35 m liggen. Deze positie bevindt zich, uitgaande van de waarden in Tabel 2.2, meer dan 80% van de tijd beneden de waterlijn. De laagste waterstand die in de periode van 10 jaar is waargenomen is NAP +1,8 m. Voor de waarnemingen beneden dit niveau wordt in het kader van dit onderzoek aangehouden dat ze permanent onder water staan (>6,55m beneden de kopbalk).



Tekening 6831

Figuur 2.12 Dwarsdoorsneden van het ontwerp medio 1930 Hoesch III damwand bij Eefde, niveaus ten opzichte van NAP [RWS 2018]



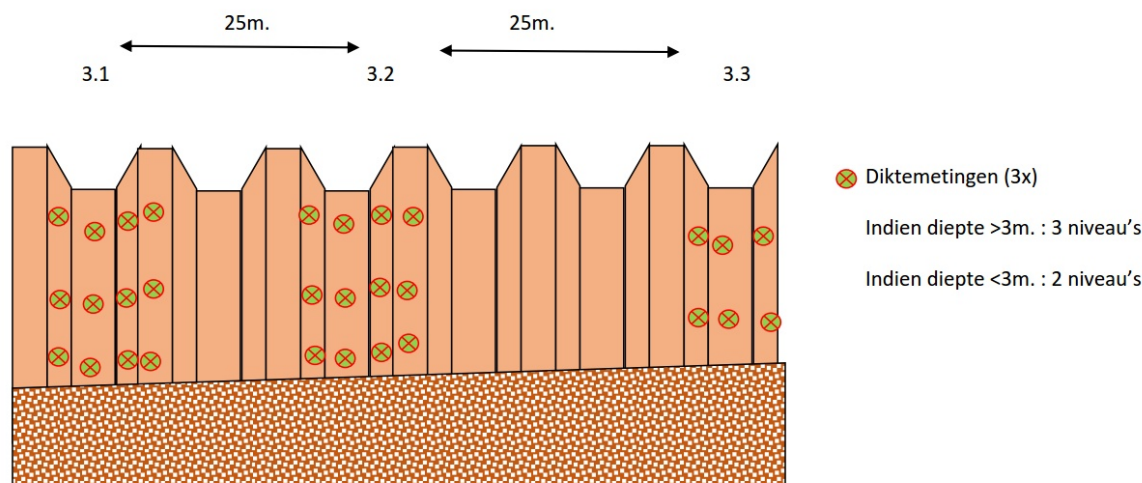
Figuur 2.13 Maaiveldhoogte ter plaatse van de metingen uitgevoerd in 2012 in Eefde [AHN2]

2.2.2 Meting Eefde 2015 door DVA

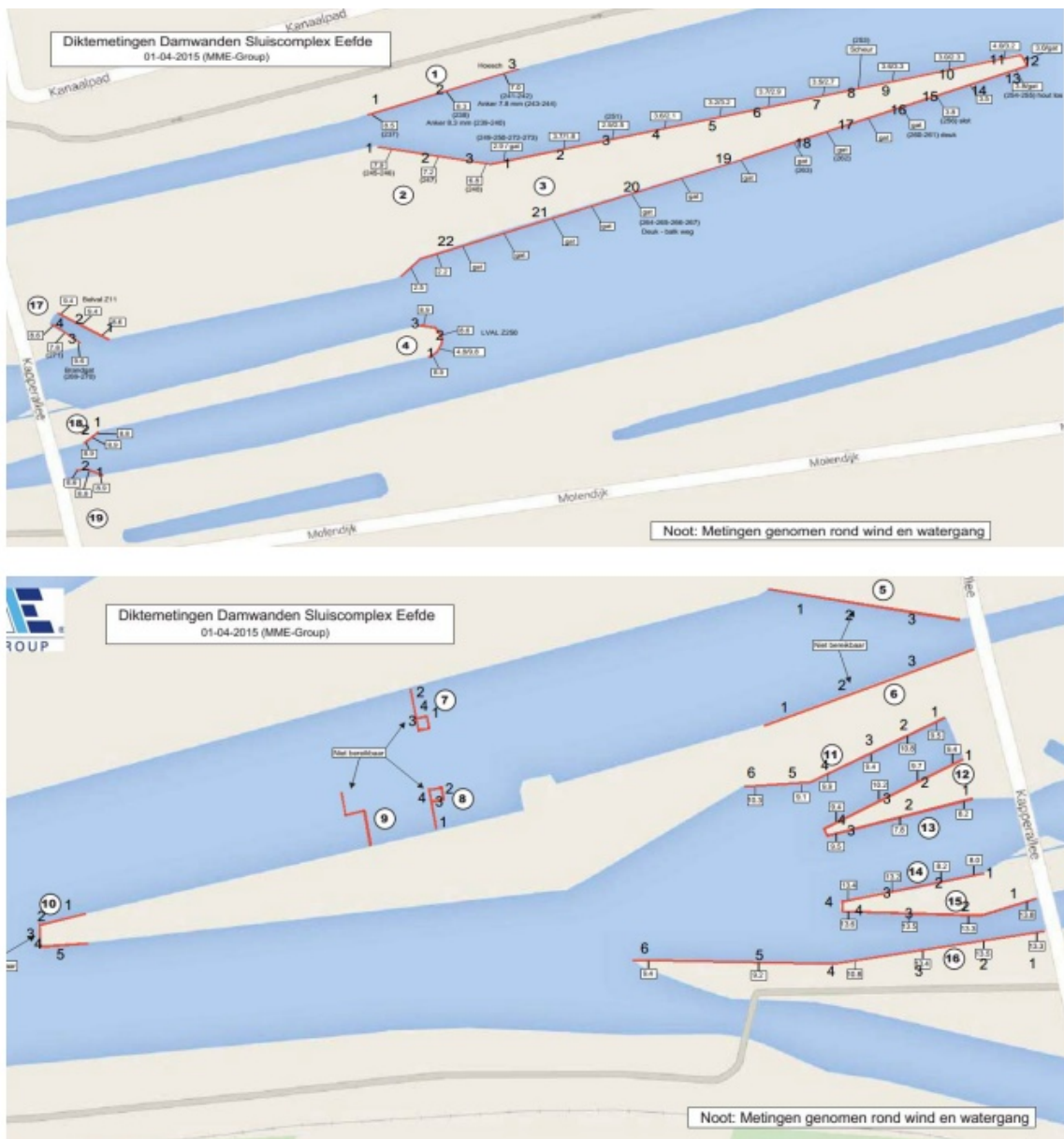
2.2.2.1 Meetlocaties en metingen

Voorafgaand aan de bouw van de tweede sluis bij Eefde zijn de aanwezige damwanden beoordeeld. Hiervoor zijn in 2015 door DVA Engineering B.V. op 19 locaties, onderverdeeld in 84 sublocaties, damwanden onderzocht [DVA 2015], zie Figuur 2.15. Op de aangegeven sublocaties zijn diktemetingen uitgevoerd doormiddel van ultrasonische metingen. De metingen van 58 sublocaties worden meegenomen in het onderzoek, de overige sublocaties niet omdat: van de locaties 1, 2, 3 en 4 het damwandtype onbekend was, de metingen van locatie 9 ontbraken, de DVA-metingen van sublocatie 14.2 zijn vervallen en van locatie 13 en sublocaties 14.3, 15.3, 15.4 en locatie 17 er onzekerheid bestaat omtrent het juiste damwandprofiel.

Per sublocatie zijn, afhankelijk van de waterdiepte, op twee of drie meetniveaus metingen gedaan waarvan de bovenste aan het wateroppervlakte en de rest onderwater, zie Figuur 2.14. Per meetniveau zijn in de horizontaal op 4 posities (lijf links, voorflens, lijf rechts, achterflens) metingen uitgevoerd. Op ieder van de 4 posities zijn 3 meetpunten rond elk meetniveau gedaan: 50 mm boven, 50 mm onder en op meetniveau.



Figuur 2.14 Voorbeeld van de wijze van indeling van de metingen bij Eefde in 2015 [DVA 2015]



Figuur 2.15 Meetlocaties damwandmetingen 2015 Eefde [DVA 2015]

In de rapportage wordt het installatiejaar 1933 van de damwanden op de locaties 5 en 6 aangegeven. Aangezien deze wanden al tijdens de bouw van de heftorens aanwezig waren (Figuur 2.7), wordt er in de voorliggende analyse vanuit gegaan dat ze reeds in 1932 aanwezig waren.

DVA geeft aan dat de meetresultaten geen onverwachte grote variatie gaven. Er was geen aanleiding om direct naast de meting een tweede meting uit te voeren. De diktemetingen door DVA in 2015 bij Eefde waren expliciet gericht op de uniforme dikteafname dus zal naar verwachting de gemeten dikteafname systematisch lager liggen dan bij een onderzoek waarin ook de niet uniforme dikteafname wordt betrokken.

Resultaten

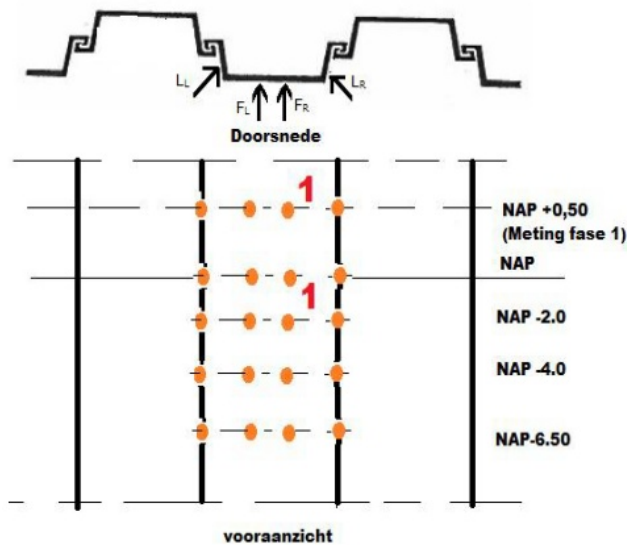
De gemiddelde waarden en variatiecoëfficiënten van de horizontale gemiddelde snelheid in dikteafname staan in Tabel 2.3.

Locatie		leeftijd [jaar]	Horizontaal gemiddelde dikteafnamesnelheid sinds					
			[-]					
Atmosferische zone			Beneden atmosferische zone					
Aantal gemiddelden [#]	Gemiddelde dikteafname-snelheid [mm/jaar]	Variatiecoëfficiënt [-]	Aantal gemiddelden [#]	Gemiddelde dikteafname-snelheid [mm/jaar]	Variatiecoëfficiënt [-]			
Voorsluiskolk	5.1-6.4	83	8	0,0243	0,07	15	0,0357	0,13
Buitenhoofd IJsselzijde voorsluis	7.1-8.4	21	6	0,0026	3,08	14	0,0614	0,51
Kop sluisseiland	10.1-10.5	21				5	0,0279	0,66
Gemaalstraat IJsselzijde	11.1-12.3	49				14	0,0184	0,48
Gemaalstraat IJsselzijde	14.1-16.6	39				17	0,0145	1,01
Gemaalstraat kanaalzijde	18.1-19.2	39				8	0,0075	0,72

Tabel 2.3 Damwanddiktemetingen 2015 Eefde gemiddelde en variatiecoëfficiënt van de horizontale gemiddelde snelheid in dikteafname sinds installatie op basis van nominale dikte [DVA 2015]

2.3 Hollandsche IJsselkering

Bij de Hollandsche IJsselkering is in 2016 van zes damwandplanken de dikte gemeten [DeKlerk 2016]. De damwanden zijn van het type Larsen VI, zie Figuur 2.16 voor een schematische weergave van het profiel. De dikte van de damwanden is bepaald op 5 diepte niveaus, zie Figuur 2.16.



Figuur 2.16 Schematische weergave van damwandprofielen en meetaanpak bij damwanden Hollandsche IJsselkering.

Alhoewel de meetmethode niet in detail beschreven is, leiden we uit de figuren [deKlerk 2016] af dat de dikte is bepaald met een micrometer (Hogetex), zie Figuur 2.17. De bovenste meting is uitgevoerd nadat de top van de damwand was afgebrand of vooraf m.b.v. een bootje langs de damwand is gevaren en de damwandplank gemarkeerd en bemeten is. De overige diepten zijn gemeten nadat de planken op bodemniveau waren afgebrand en op een schip of kade lagen. Op basis van de foto's worden deze metingen als zeer onbetrouwbaar gekenmerkt: het lijkt erop dat het oppervlak niet is schoongemaakt, en de laag corrosieproducten op het staal is meegenomen bij de meting. Om deze reden zijn de metingen niet meegenomen in het onderzoek.



Figuur 2.17 Diktemeting zoals uitgevoerd bij damwanden Hollandsche IJsselkering. Bron: DeKlerk Staalconstructie, 2016.

2.4 Amsterdam-Rijnkanaal

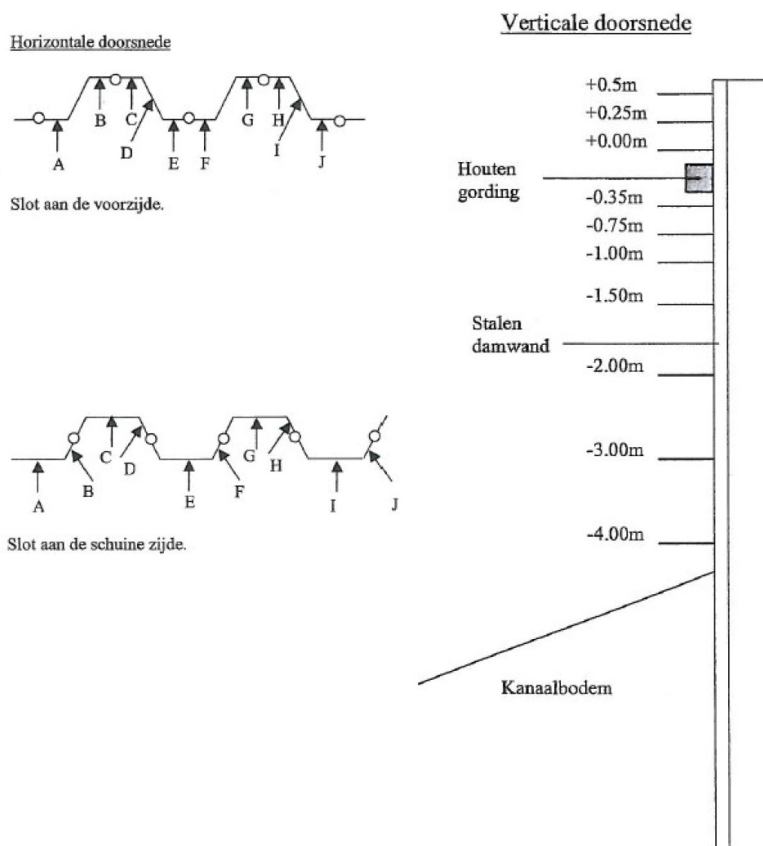
In 2011 is door DHV een uitgebreide inspectie uitgevoerd aan de damwanden van het Amsterdam-Rijnkanaal [DHV 2012a]. De reden hiervoor was dat vooronderzoek had laten zien dat 56 km mogelijk niet voldeed aan vigerende eisen.

De damwanden van het Amsterdam-Rijnkanaal (ARK) bestaan uit verschillende typen damwanden (BZ17, BZ-II, BZ-IIN, BZ-IIR, BZ-IIIN, BZ350, BZ155, BZ-IR, BZ-IN, BZ12, BZ250) die op verschillende jaartallen is aangelegd (in de periode 1954 - 1990). Het grootste deel van de damwanden is aangelegd tussen 1965-1975 [DHV 2012b]. De damwandconstructies zijn onverankerde en verankerde stalen damwanden, boven water voorzien van een houten wrijfgording. Het kanaalpeil van het Amsterdam-Rijnkanaal is NAP -0,4 m.



Figuur 2.18 **Links**: Principe damwandconstructie Amsterdam-Rijnkanaal. **Rechts** duikinspectie. [DHV 2012a].

De diktemetingen zijn uitgevoerd met een ultrasone diktemeter type: Cygnus 1 met een “underwater multiple echo ultrasonic digital thickness gauge”. In 2011 zijn op 14 locaties dikte metingen uitgevoerd. De metingen van 3 van deze locaties worden niet meegenomen in dit onderzoek. Het betreft de locaties 5.5oost en 38oost omdat het damwandprofiel ergens tussen 2004 en 2011 is vervangen door een damwand waarvan het type en de installatiedatum onbekend zijn. Metingen van locatie 23.5oost worden ook niet meegenomen omdat de metingen niet bij het genoemde profiel BZ-250 [DHV 2012b] passen want een significante hoeveelheid diktemetingen liggen tussen 9 en 9,5 mm (tot maximaal 9,7 mm). Dit is vreemd voor een 30-36 jaren oude damwand met een nominale wanddikte van 8,5 mm (BZ-250). Mogelijk is hier in 1976 een BZ350 geïnstalleerd zoals op andere delen van het ARK. De leeftijd van de damwanden op de resterende 11 locaties was in 2011 gemiddeld 38,5 jaar en varieert tussen 21 en 57 jaar. In Figuur 2.19 staat het bij de metingen aangehouden meetschema. De meetresultaten zijn door de duiker via de communicatieapparatuur aan de inspecteur van DHV doorgegeven en direct digitaal verwerkt in de meetformulieren waarop de in 2004 gemeten waarden al stonden vermeld. De inspecteur was hierdoor in staat meteen op basis van de meetresultaten van 2004 te controleren of een “reële” meetwaarde werd verkregen. Per meetpunt is standaard tweemaal de dikte gemeten en indien de inspecteur dat uit oogpunt van representativiteit en betrouwbaarheid nodig vond, werd meer dan tweemaal gemeten. In [DHV 2012a] staat niet vermeld hoe vaak er meer dan 2 metingen zijn uitgevoerd. Per meetniveau zijn er dus minimaal 20 diktemetingen uitgevoerd: tweemaal meten op de met de letters A t/m J in Figuur 2.19 aangegeven 10 posities.



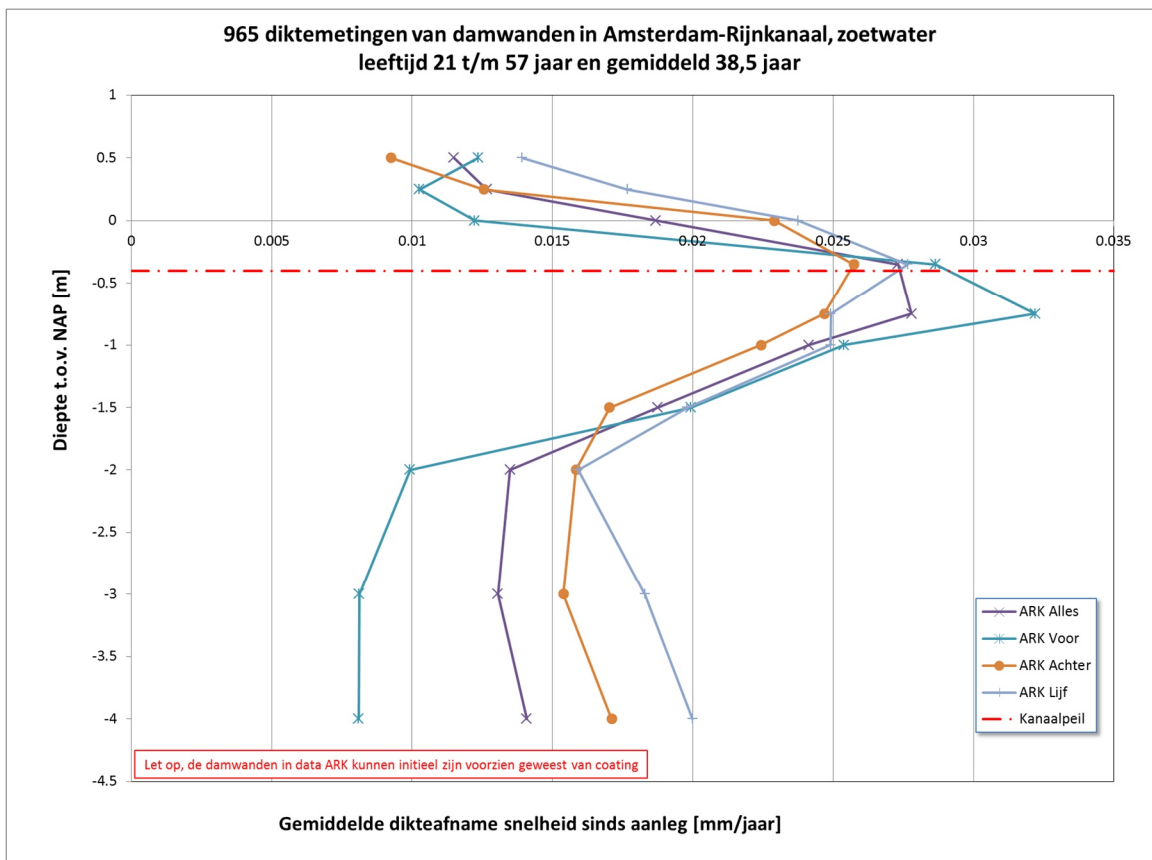
Figuur 2.19 Aangehouden meetschema per locatie ARK 2011 [DHV 2012a]

Resultaten:

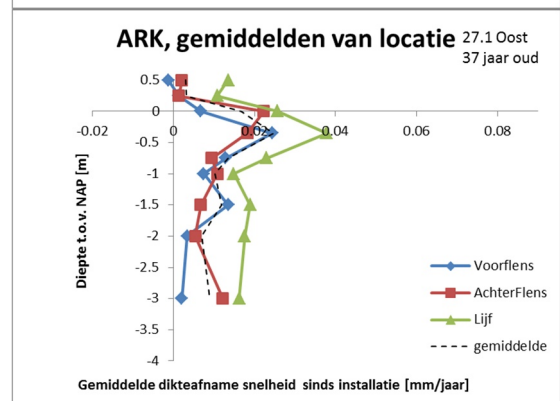
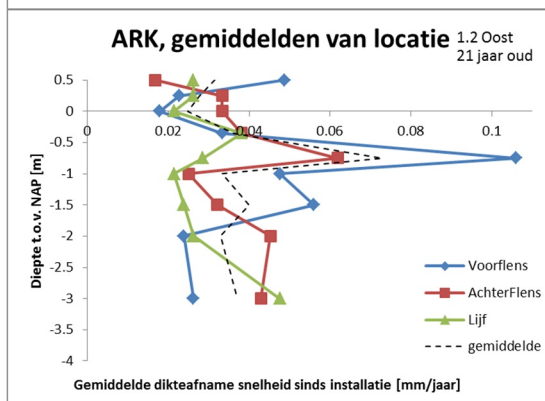
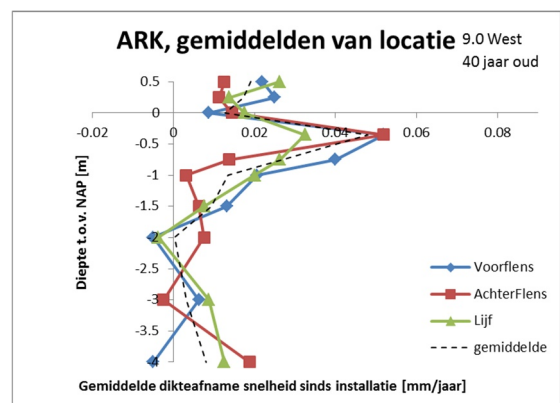
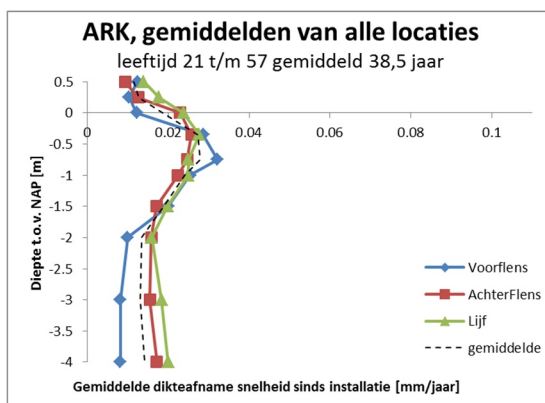
De gemiddelde snelheid in dikteafname over de periode sinds installatie tot 2011 is bepaald op basis van de nominale initiële dikte van de damwandprofielen en de gemeten dikte. In Figuur 2.20 (en Figuur 2.21 linksboven) is de gemiddelde snelheid in dikteafname van de damwand sinds installatie tot 2011 voor 11 locaties gezamenlijk als functie van de diepte: gemiddelde per meetniveau van alle metingen en de gemiddelden ter plaatse van lijf, voor- en achterflens weergegeven.

In Figuur 2.21 en Figuur 2.22 staan de grafische weergaven van gemiddelde snelheid in dikteafname van de damwanddikte sinds installatie tot 2011 voor de 11 individuele locaties als functie van de diepte: gemiddelde van alle metingen en de gemiddelden ter plaatse van lijf, voor- en achterflens.

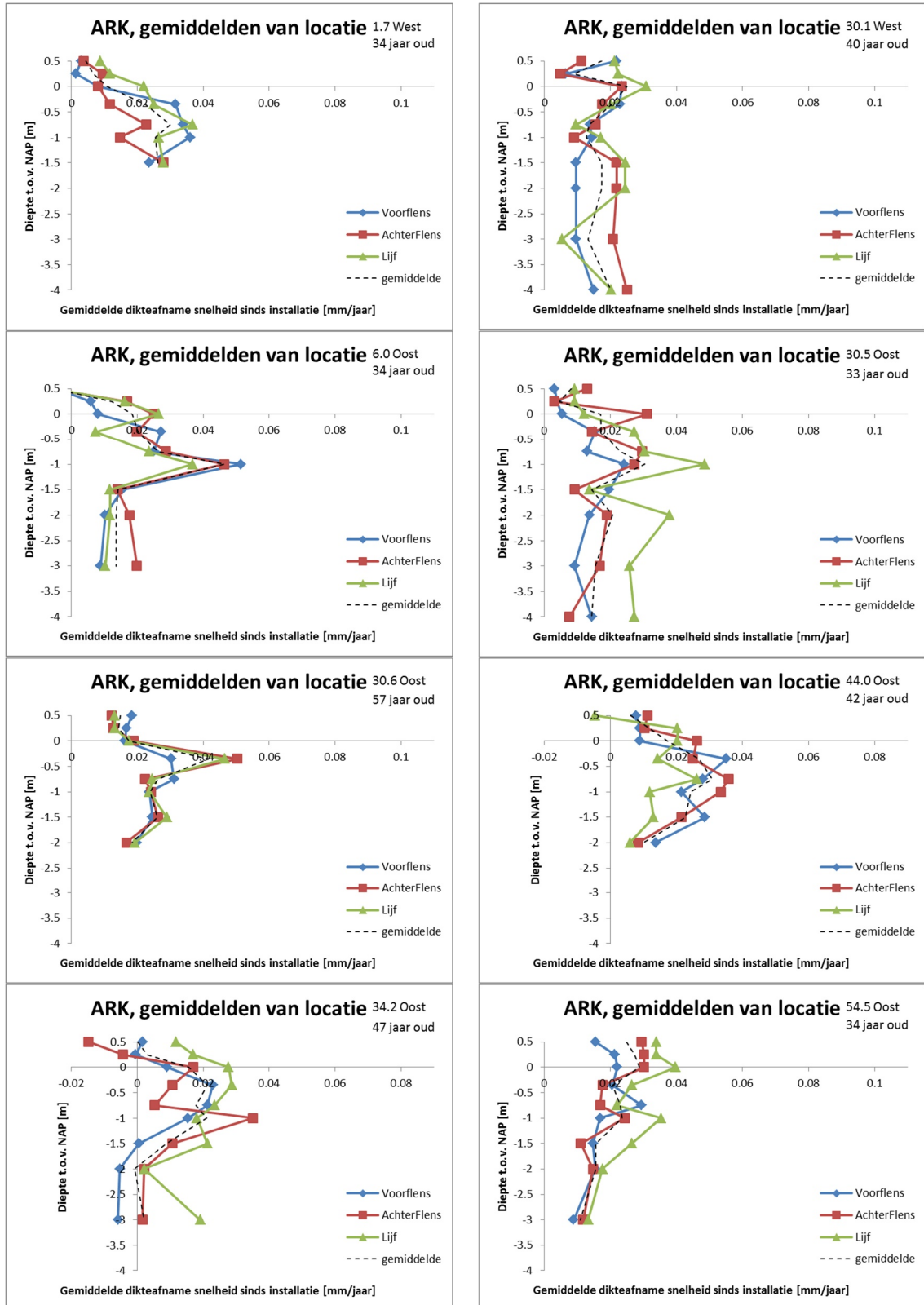
Vervolgens worden in Figuur 2.23 de ratio's van de gemiddelde snelheid in dikteafname sinds aanleg en 2011 tussen voor- en achterflens getoond voor 1) het gemiddelde van het totaal over de 11 locaties (Figuur 2.20), 2) het gemiddelde per individuele locatie en 3) het gemiddelde van de ratio's van de 11 locaties.



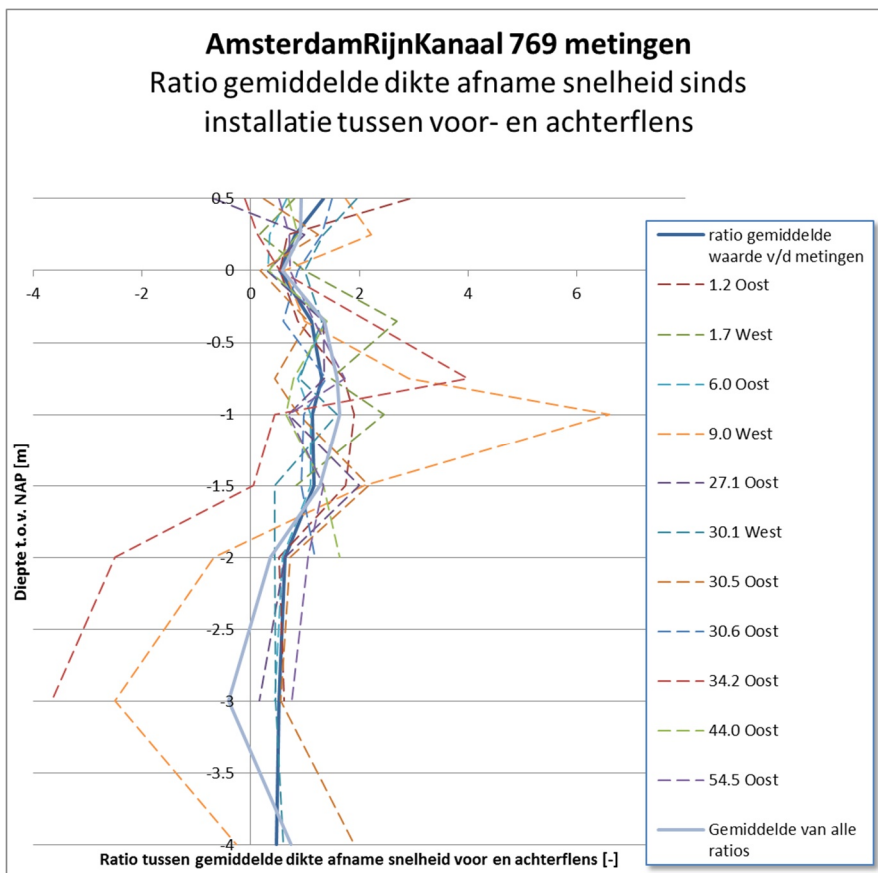
Figuur 2.20 Gemiddelde dikte afname snelheid periode bouwjaar t/m 2011. Gemiddelde alle metingen en gemiddelden ter plaatse van lijf, voor en achterflens, ARK 2011



Figuur 2.21 Gemiddelde dikteafname snelheid van de damwanddikte sinds installatie tot 2011 deel 1



Figuur 2.22 Gemiddelde snelheid van dikteafname van de damwand sinds installatie t/m 2011 deel 2



Figuur 2.23 Ratio's van de gemiddelde snelheid in dikteafname sinds aanleg en 2011 tussen Voor- en Achterflens
1) gemiddelde van totaal over de 11 locaties van het Amsterdam Rijnkanaal 2) per individuele locatie en 3) het gemiddelde van de ratio's van de 11 locaties

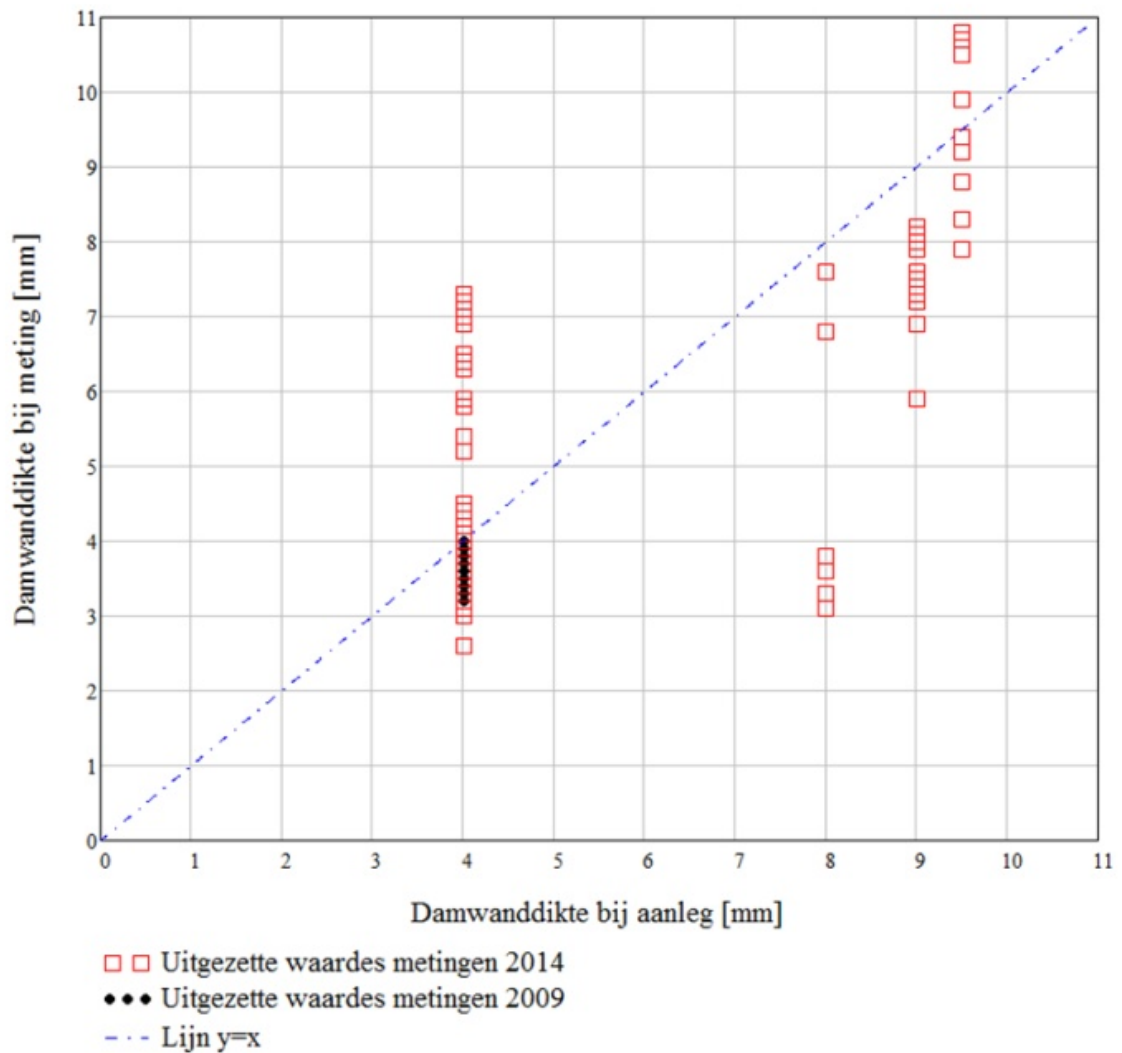
2.5 Twentekanalen

De dikte van de stalen damwanden langs de Twentekanalen zijn twee keer gemeten, in 2009 en in 2014. In 2009 zijn de ultrasone metingen door Subcom uitgevoerd met een Cygnus 1 onderwater uitvoering bestaande uit een 5MHz probe voor het meten van een staaldikte in de range van 1,0 mm tot 50 mm [Subcom 2009a t/m c]. De ultrasone metingen in 2014 zijn door de BAM uitgevoerd met een "Multigauge 3000 Underwater" serial nr 30-1244 [Arcadis 2015]. De metingen uit 2014 zijn niet gebruikt in het onderzoek omdat deze als onvoldoende betrouwbaar worden gezien aangezien een fors deel van de damwanden significant in dikte waren toegenomen ten opzichte van de nominale dikte van de damwandprofielen, zie Figuur 2.25. De diktemetingen in 2009 op dezelfde locaties lieten wel een dikteafname zien.

Van de dikte metingen uit 2009 zijn slechts 28 locaties meegenomen in het onderzoek, van de overige locaties was het damwandtype onbekend. In Figuur 2.24 is de ligging van de locaties weergegeven

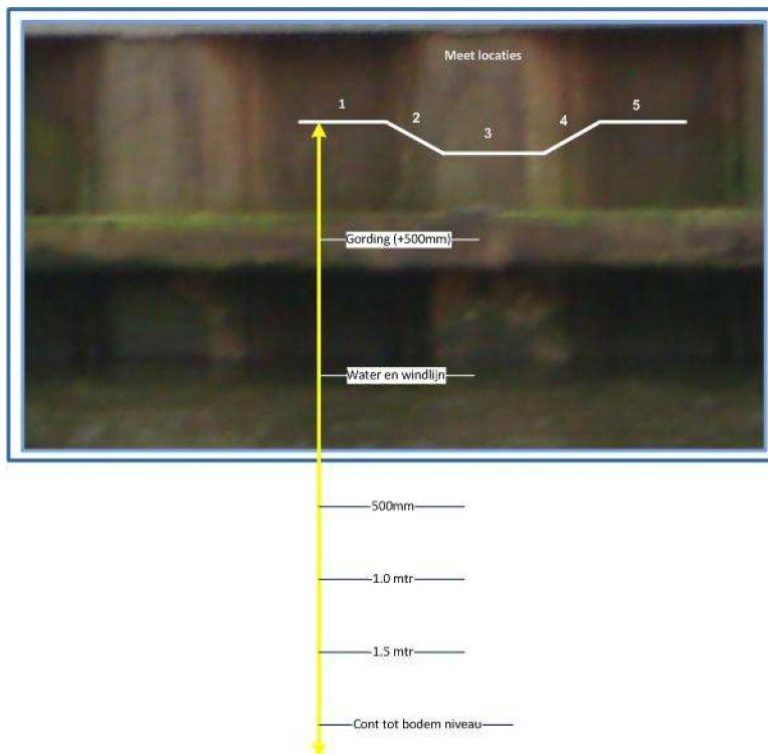


Figuur 2.24 Ligging van meetlocaties in 2009 [Subcom 2009b] voor exacte ligging zie Bijlage A



Figuur 2.25 Gemeten en nominale dikte bij aanleg Twentekanalen metingen 2009 en 2014 [Arcadis 2014]

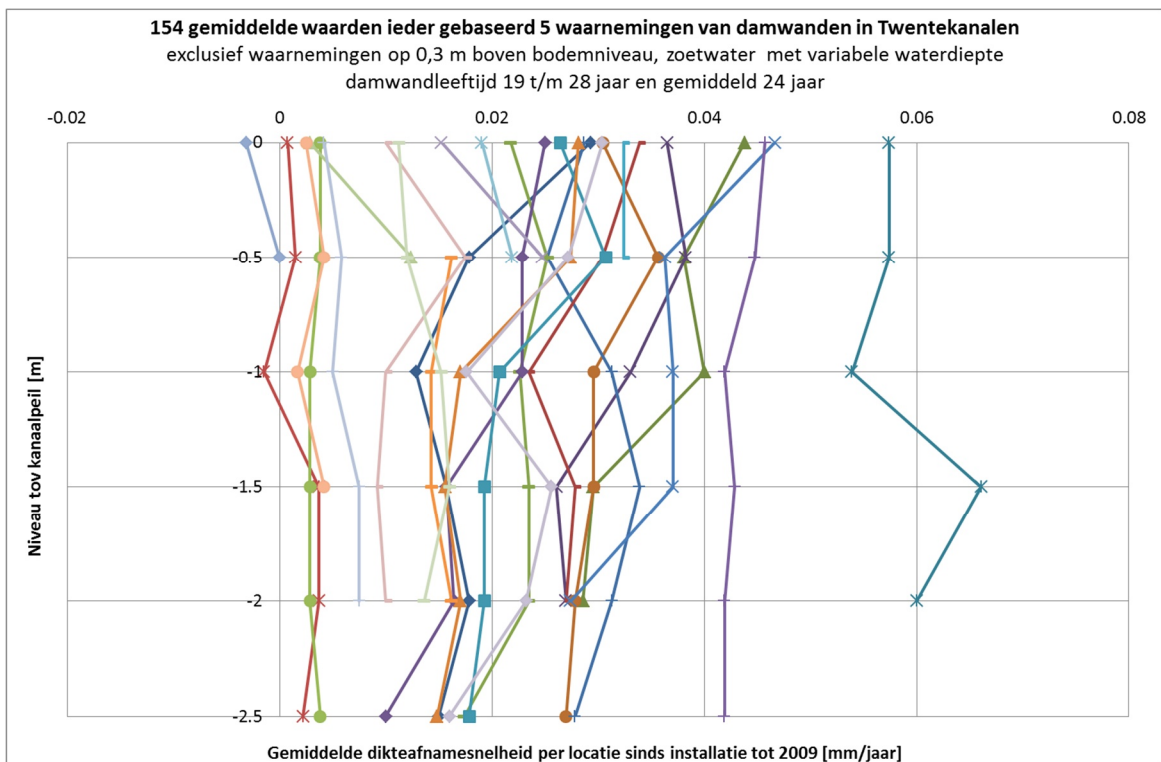
Op de locatie zijn verschillende typen damwanden toegepast; LPW 4.0, BZ17, De Wendel 3400, 3450, 5400 en Omega 380. De leeftijd van de damwanden op moment van diktemeting in 2009 varieerde tussen 19 en 28 jaar met als gemiddelde 24 jaar. De aangehouden indeling van de meetraai waarbij metingen zijn uitgevoerd op vijf verschillende plaatsen langs de damwand en zo mogelijk op zes verschillende diepten in 2009, staat vermeld in Figuur 2.26.



Figuur 2.26 Indeling metingen per meetlocatie, bovenste meting op kanaalpeil = Water en windlijn, iedere 0,5 m een meetniveau en onderste meting op 0,3 m boven bodemniveau [Subcom 2009b]

Resultaten:

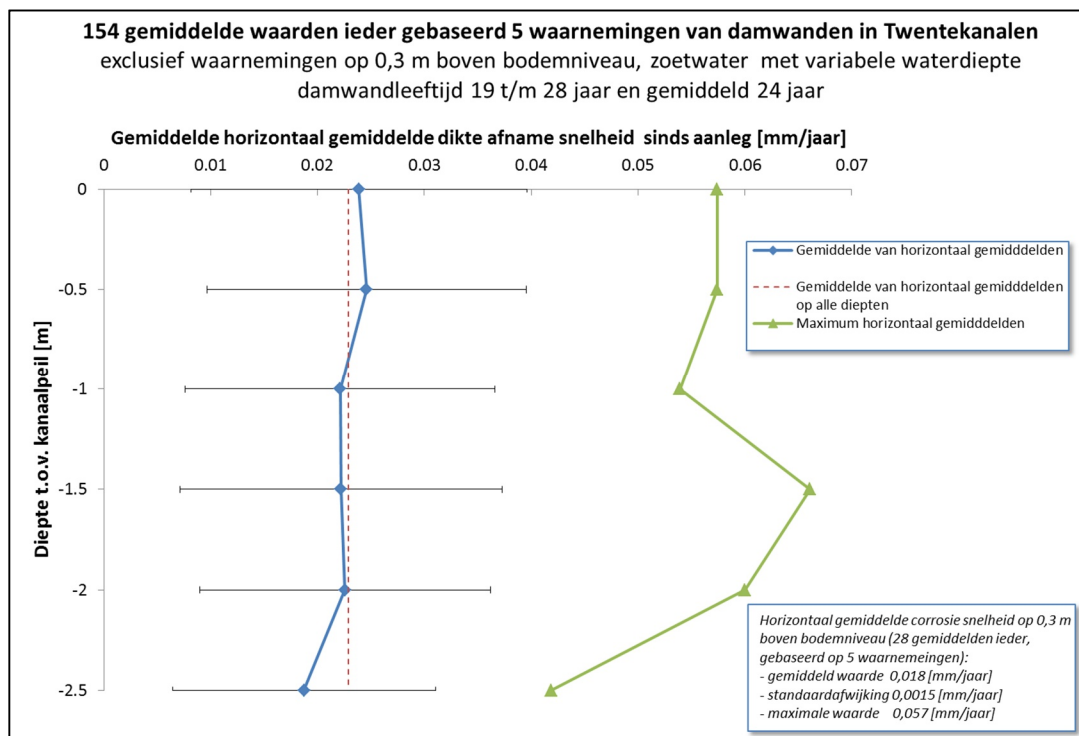
De gemiddelde snelheid in dikteafname over de periode sinds de installatie tot 2009 is bepaald op basis van het verschil tussen de nominale dikte van de damwandprofielen en de gemeten dikte. In Figuur 2.27 is het verloop voor ieder van de 28 locaties van de horizontaal gemiddelde corrosiesnelheid sinds installatie tot 2009 als functie van de diepte uitgezet. De waterdiepte was variabel en de onderste meting is op 0,3 m boven de kanaalbodem uitgevoerd. Het exacte niveau waar deze metingen zijn uitgevoerd is niet bekend en daarom zijn deze meetwaarden niet weergegeven in Figuur 2.27.



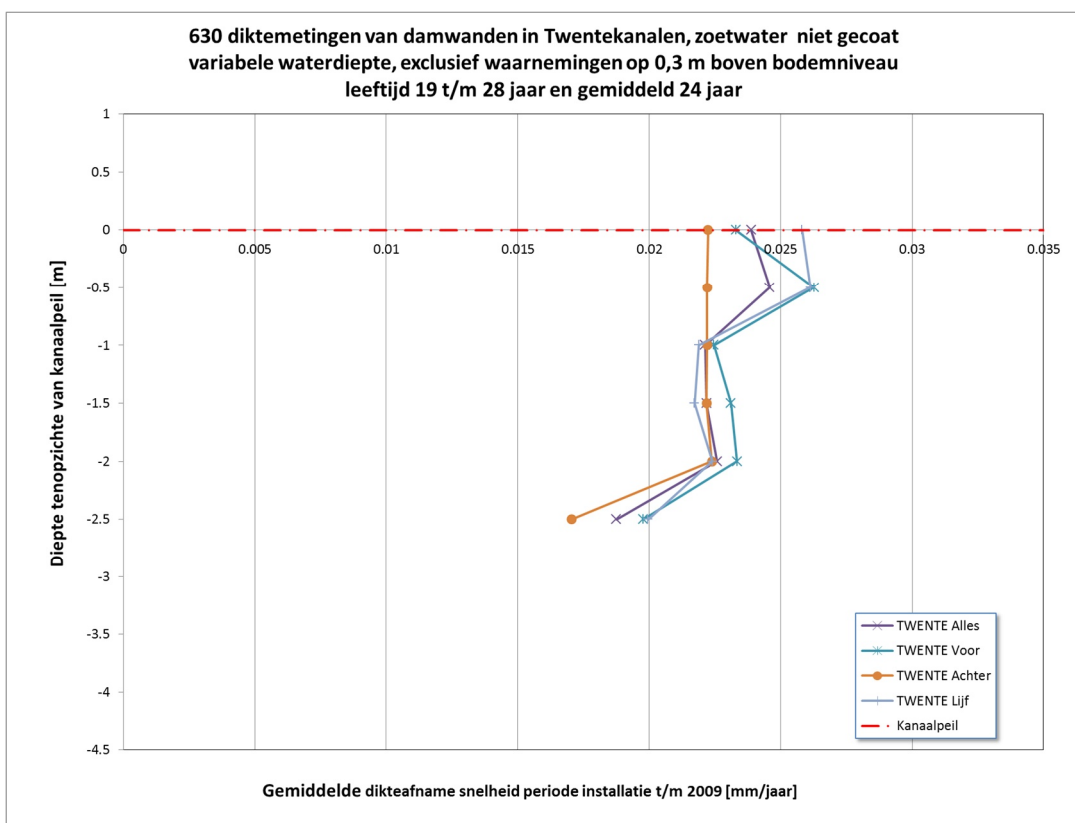
Figuur 2.27 Verloop per locatie van de horizontaal gemiddelde snelheid in dikteafname sinds installatie tot 2009 als functie van de diepte, Twentekanalen 2009. Per locatie is 1 lijn weergegeven, van wege het grote aantal locaties is geen legenda toegevoegd.

Voor alle metingen, behalve die gedaan zijn vlak nabij de kanaalbodem, is het gemiddelde en de standaardafwijking van de (horizontaal) gemiddelde snelheid in dikteafname bepaald. De uitkomsten zijn weergegeven als functie van de diepte (Figuur 2.28) en bovendien is de maximale waarde van de alle locaties vermeld. Voor meetwaarden uitgevoerd op 0,3 m boven de kanaalbodem is ook het gemiddelde, de standaardafwijking en het maximum bepaald. De uitkomsten zijn weergegeven op een diepte van 2,5 m beneden de waterlijn (Figuur 2.28).

In Figuur 2.29 is het gemiddelde van alle metingen en de gemiddelden ter plaatse van lijf, voor- en achterflens weergegeven van de gemiddelde dikteafnamesnelheid van de damwanddikte sinds installatie tot en met 2009 voor 28 locaties gezamenlijk.



Figuur 2.28 Maximale, gemiddelde en spreiding van de per locatie horizontaal gemiddelde corrosiesnelheid sinds installatie tot en met 2009 als functie van de diepte (Twentekanaal 2009).



Figuur 2.29 Gemiddelde snelheid in dikteafname gedurende de periode tussen installatie en 2009. Het gemiddelde van alle metingen is gegeven en het gemiddelde ter plaatse van lijf, voor- en achterflens (Twentekanalen 2009).

2.6 Julianasluis te Gouda

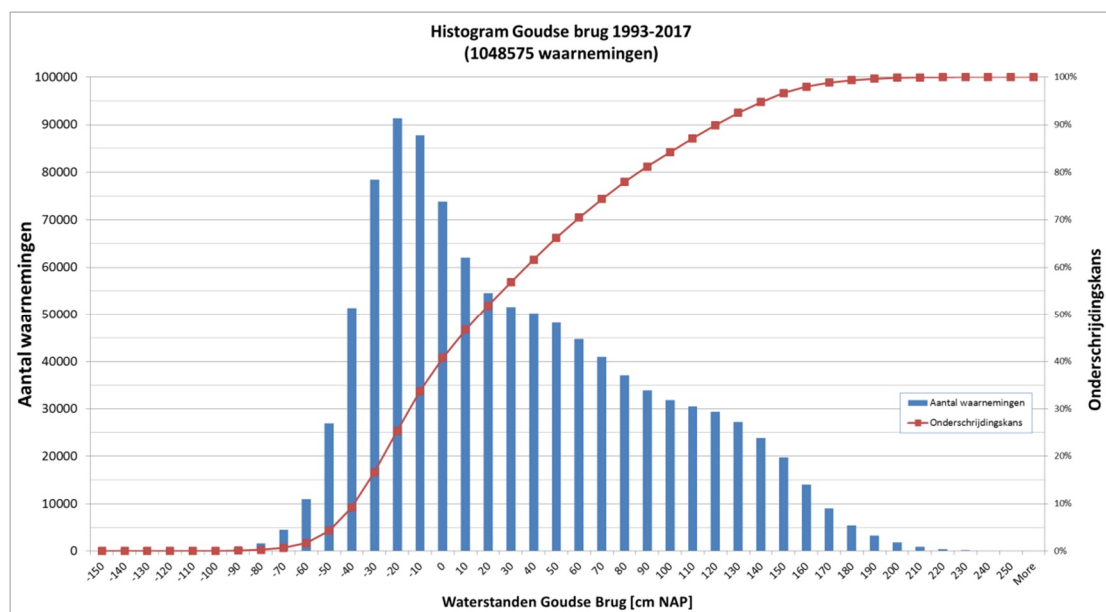
In 2012 zijn door Acotec b.v. inspecties uitgevoerd bij de Julianasluis in Gouda. Zie Figuur 2.30 voor de ligging van de kade. De geïnspecteerde kade bij de Julianasluis in Gouda ligt in de voorhaven van de sluis.



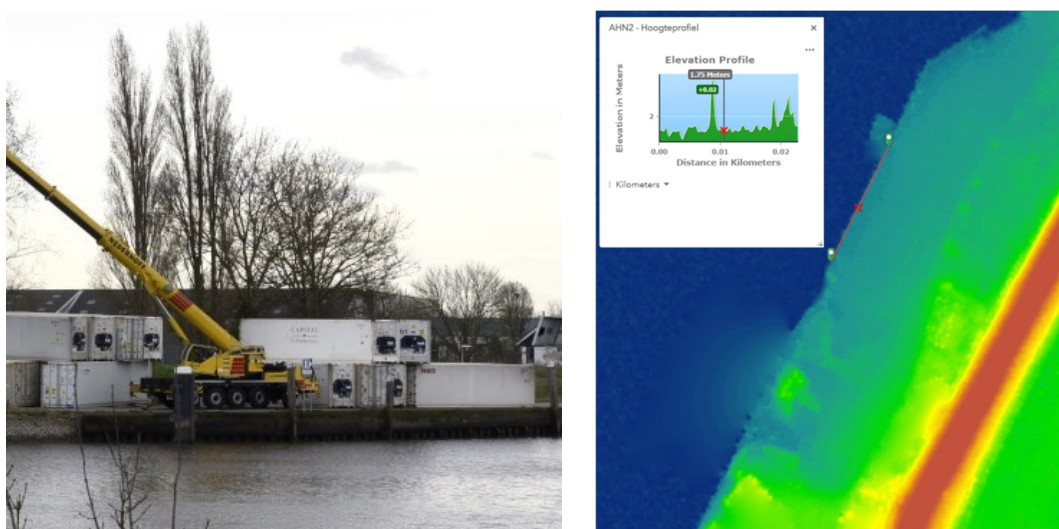
Figuur 1: Locatie 1 aan de Julianasluis

Figuur 2.30 Geïnspecteerde locaties te Gouda links [Acotec 2012b] rechts Google maps

De waterstandsfluctuatie ter plaatse van de nabij gelegen Goudse brug is weergegeven in Figuur 2.31. De laagst waargenomen waterstand bedraagt NAP -1,46 m. Het maaiveld ter plaatse van de inspectie locatie bij de Julianasluis ligt op circa NAP 1,75 m, zie Figuur 2.32, en de deksloof ter plaatse is circa 1,1 m hoog.



Figuur 2.31 Waterstanden Goudse brug periode 1993-2017 [RWS 2017b]



Figuur 2.32 **Links:** Kade van meetlocatie Julianasluis [GP 2017]. **Rechts** Maaiveldniveau inspectie locatie Julianasluis [ahn2]

Het profiel van de damwand is van het type Hoesch Iv. De diktemetingen zijn per meetdiepte op iedere locatie volgens het in Figuur 2.33 aangegeven meetschema uitgevoerd. Er is gemeten vanaf de onderzijde van de kopbalk (deksloof) met een 0,5 m diepte interval tot 3,5 m onder de kopbalk. De onderzijde van de deksloof ligt op circa NAP +0,65 m. Dit komt ongeveer overeen met het niveau van de bovenste meting die direct onder de deksloof uitgevoerd. De bovenste meting ligt dus op circa NAP +0,6 m. Op basis van Figuur 2.31 wordt dit niveau in circa 30% van de tijd overschreden en ligt deze meetlocatie dus onder de waterlijn. Het meetniveau NAP +0,16 m ligt op basis van Figuur 2.31, ongeveer 50% van de tijd boven de waterstand. Het gevolg is dat het tweede meetniveau (gelegen op circa NAP +0,1 m) en de meetniveaus daaronder meer dan 50% van de tijd onder water liggen. De laagst waargenomen waterstand bedroeg NAP -1,46 m en dat betekent dat de onderste drie meetniveaus permanent onder water hebben gestaan.



Figuur 2.33 Meetpunten (rood) op een damwand bestaande uit een Hoesch-profiel [Acotec 2012b]

Resultaten

Naast de dikte metingen meldt [Acotec 2012b] de volgende bevindingen:

- Een lichte begroeiing met algen is aangetroffen op de damwand.
- Een potentiaalmeting is uitgevoerd op verschillende dieptes (van 0 tot -2 m). De potentiaalmeting laat overal een waarde van circa -0,65V zien. Deze meetwaarde ligt net op de overgang tussen matige en actieve corrosie.
- Visuele inspectie gaf aan dat putcorrosie aanwezig is. Tijdens de visuele inspectie zijn geen schades of gaten aangetroffen.
- Staalmonsters zijn genomen van de damwand. Op de achterzijde van de monsters is nog coating aanwezig, zie Figuur 2.34.



Figuur 2.34 Achterzijde van monster van de voorflens van de Hoesch Iv uit Gouda waarop de oorspronkelijke coating nog aanwezig was [Acotec 2012b]

Ten aanzien van de diktemetingen stelt [Acotec 2012b], zie ook Tabel 2.4:

- De voorflens (outpan) is het zwaarst aangetast
- Op grotere diepte speelt vooral MIC (Microbiologically-Influenced Corrosion) een rol.

Damwandprofielen van van het type Iv zijn toegepast. Het profiel heeft een nominale initiële dikte van 12 mm. De gemiddelde percentages in dikteafname met de diepte over de periode sinds installatie in 1935 tot en met 2012 zijn per locatie (positie) bepaald op basis van het verschil in nominale initiële dikte en de gemeten dikte in 2012. De percentages staan vermeld in Tabel 2.4.

Tabel 3: Staaldiktemetingen Hoesch Iv positie 1

D (m)	Outpan (mm)	Afname (%)	Inpan (mm)	Afname (%)	Flank (mm)	Afname (%)
0	5,43	54,79	10,35	13,79	11,18	6,86
-0,5	5,97	50,25	7,22	39,88	7,33	38,92
-1	10,35	13,75	10,78	10,17	10,81	9,89
-1,5	11,71	2,46	11,86	1,21	10,69	10,89
-2	10,37	13,63	9,44	21,33	10,44	12,97
-2,5	10,55	12,13	8,23	31,46	10,44	13,00
-3	6,80	43,38	8,92	25,71	11,01	8,25
-3,5	9,50	20,83	8,98	25,17	6,71	44,11

Zwart: staalafname onder 25% - Oranje: staalafname tussen 25% en 50% - Rood: staalafname boven 50%

Tabel 4: Staaldiktemetingen Hoesch Iv positie 2

D (m)	Outpan (mm)	Afname (%)	Inpan (mm)	Afname (%)	Flank (mm)	Afname (%)
0	8,10	32,50	11,15	7,11	10,54	12,17
-0,5	5,10	57,54	6,49	45,94	5,32	55,71
-1	8,24	31,33	7,83	34,72	8,62	28,17
-1,5	7,38	38,54	8,96	25,36	10,42	13,21
-2	7,39	38,46	8,07	32,75	10,80	10,04
-2,5	11,44	4,71	10,79	10,08	8,37	30,25
-3	5,59	53,46	9,26	22,86	9,68	19,38
-3,5	4,06	66,17	8,76	27,03	9,99	16,79

Zwart: staalafname onder 25% - Oranje: staalafname tussen 25% en 50% - Rood: staalafname boven 50%

Tabel 5: Staaldiktemetingen Hoesch Iv positie 3

D (m)	Outpan (mm)	Afname (%)	Inpan (mm)	Afname (%)	Flank (mm)	Afname (%)
0	11,72	2,38	9,61	19,96	11,02	8,14
-0,5	7,11	40,75	8,97	25,29	8,44	29,67
-1	11,12	7,38	8,62	28,21	7,14	40,53
-1,5	10,47	12,79	8,19	31,79	9,83	18,06
-2	6,57	45,29	11,22	6,50	8,35	30,39
-2,5	8,69	27,58	8,20	31,71	10,31	14,06
-3	11,93	0,63	11,96	0,33	9,54	20,53
-3,5	7,26	39,54	10,76	10,33	9,82	18,14

Zwart: staalafname onder 25% - Oranje: staalafname tussen 25% en 50% - Rood: staalafname boven 50%

Tabel 6: Staaldiktemetingen Hoesch Iv positie 4

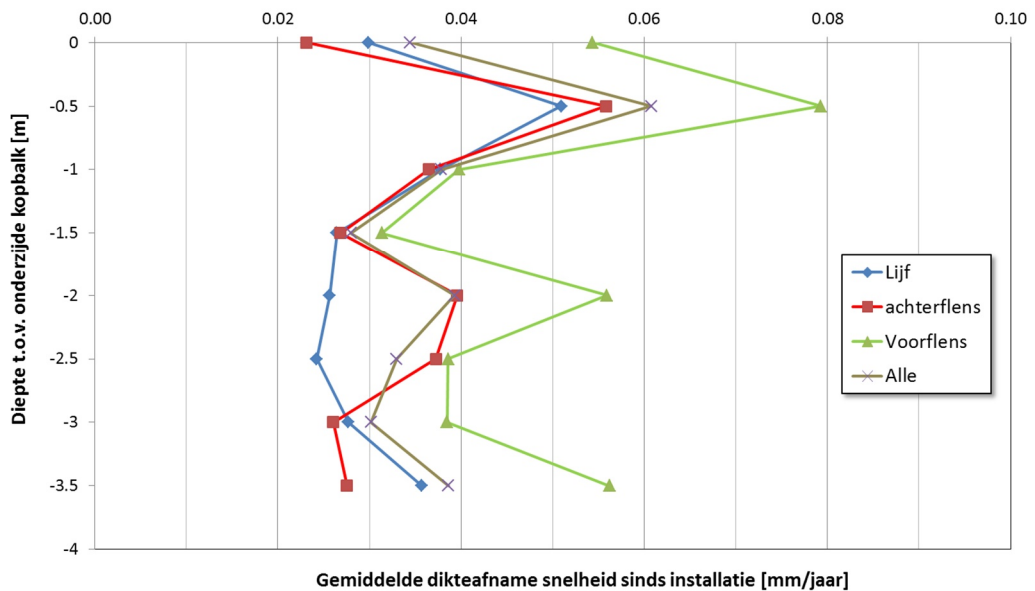
D (m)	Outpan (mm)	Afname (%)	Inpan (mm)	Afname (%)	Flank (mm)	Afname (%)
0	6,02	49,88	9,62	19,81	4,66	61,17
-0,5	5,41	54,96	8,40	30,00	11,43	4,79
-1	6,05	49,58	9,88	17,67	9,93	17,25
-1,5	8,80	26,71	10,80	10,00	8,63	28,13
-2	6,46	46,21	8,00	33,33	11,14	7,21
-2,5	5,44	54,67	8,71	27,44	11,18	6,88
-3	11,40	5,00	9,85	17,89	8,85	26,29
-3,5	9,88	17,71	11,02	8,17	11,47	4,42

Zwart: staalafname onder 25% - Oranje: staalafname tussen 25% en 50% - Rood: staalafname boven 50%

Tabel 2.4 Gemiddelde staaldikte en percentage dikteafname ten opzichte van nominale initiële dikte t.p.v. Lijf (Flank), voorflens (Outpan) en achterflens (Inpan) voor de 4 locaties (positie 1 t/m 4) (Julianasluis [ACOTEC 2012b])

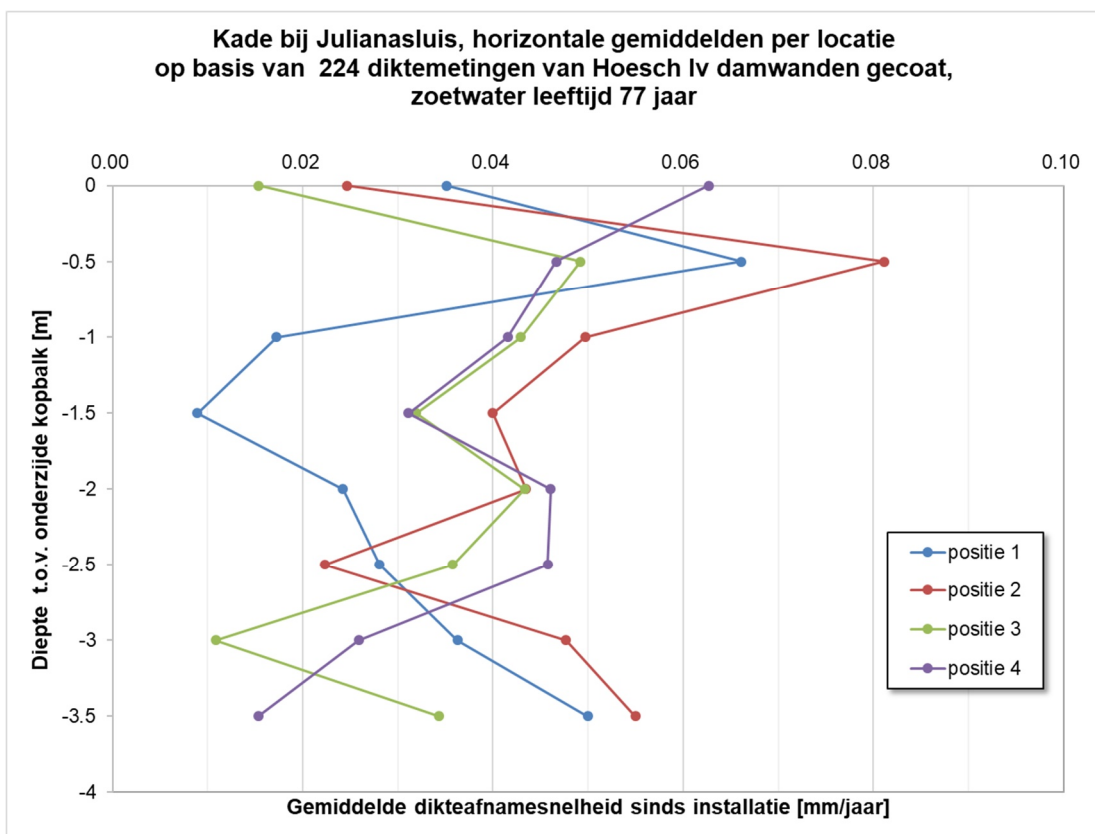
De gemiddelde snelheid in dikteafname van alle metingen en de gemiddelde snelheid in dikteafname snelheid ter plaatse van lijf, voor- en achterflens staat weergegeven in Figuur 2.35 sinds de installatie tot en met 2012 voor 4 locaties gezamenlijk. In De horizontaal gemiddelde snelheid in dikteafname sinds installatie is per locatie (positie 1 t/m 4) uitgezet in Figuur 2.36.

Kade bij Julianasluis, 224 diktemetingen van Hoesch Iv damwanden gecoat, zoetwater en leeftijd 77 jaar



Figuur 2.35 Gemiddelde dikteafname snelheid over periode 1935 t/m 2012. Gemiddelde van alle metingen en gemiddelden ter plaatse van lijf, voor- en achterflens, kade bij Julianasluis te Gouda op basis van [ACOTEC 2012b]

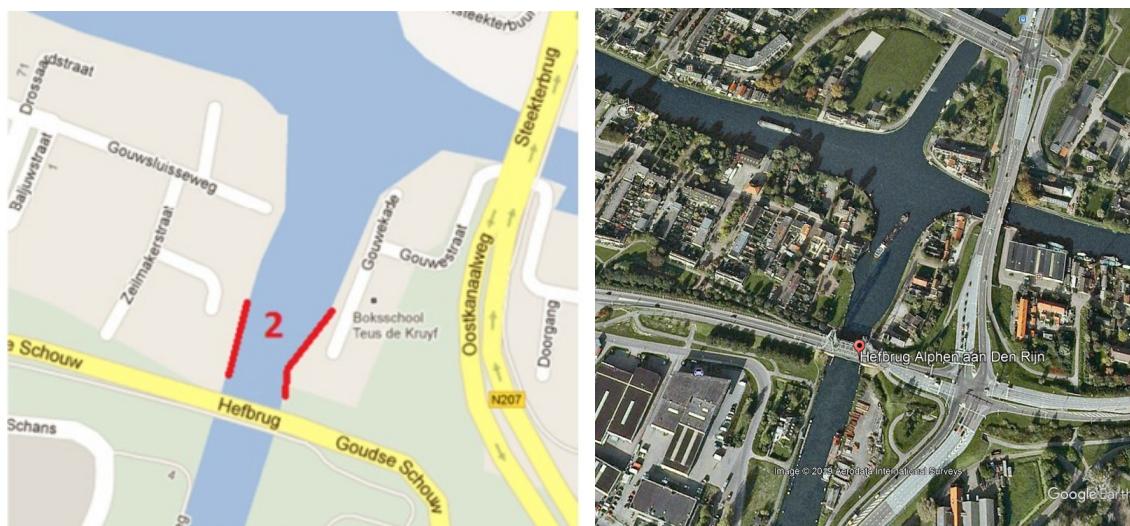
Kade bij Julianasluis, horizontale gemiddelden per locatie op basis van 224 diktemetingen van Hoesch Iv damwanden gecoat, zoetwater leeftijd 77 jaar



Figuur 2.36 Verloop per locatie van de horizontaal gemiddelde dikteafnamesnelheid sinds installatie over periode 1935 t/m 2012 als functie van de diepte, kade bij Julianasluis te Gouda op basis van [ACOTEC 2012b]

2.7 Gouwekade te Alphen aan de Rijn

In 2012 zijn door Acotec bv inspecties uitgevoerd bij de Gouwekade in Alphen aan de Rijn. De ligging van de kade staat weergegeven in Figuur 2.37. De geïnspecteerde locatie ligt direct naast de hefbrug de Gouwesluis, zie Figuur 2.38. De Oude Rijn waaraan de meetlocatie in Alphen aan de Rijn is gesitueerd, heeft een beheerst peil met een gemiddelde van circa NAP - 0,63 m. Het maaiveld bij de meetlocaties ligt op circa NAP +0,37 m, zie Figuur 2.38.



Figuur 2: Locatie 2 aan de Gouwekade

Figuur 2.37 Geïnspecteerde locaties te Alphen aan de Rijn, links [ACOTEC 2012b] rechts google maps

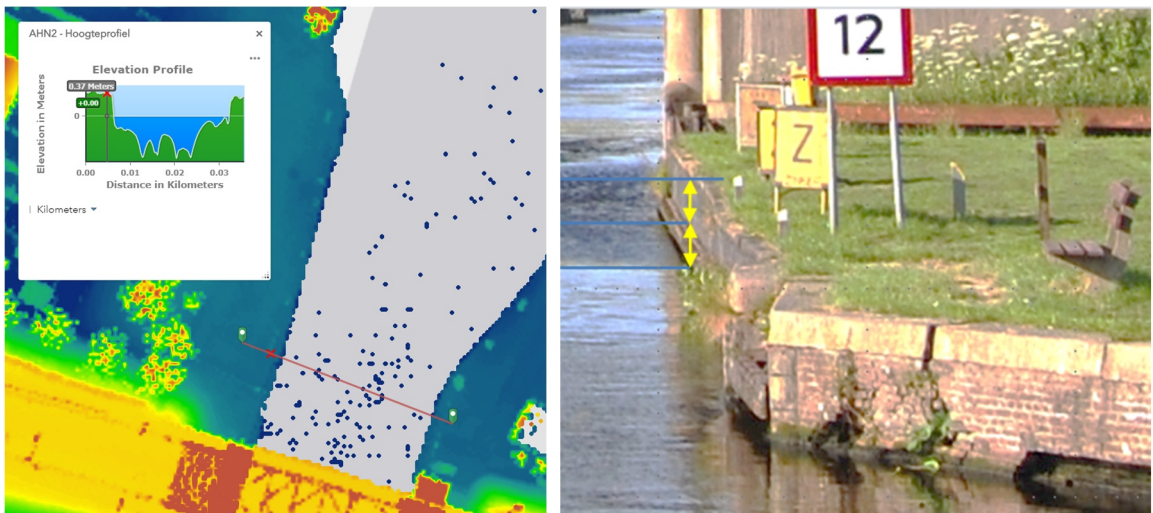
Bij 7 van de meetlocaties in Alphen aan de Rijn bestaat de damwand uit Hoesch Iv profielen en bij 3 locaties uit profielen van een onbekend type. De metingen op de damwand waarvan het type onbekend is zijn niet meegenomen in dit onderzoek. De kade is aangelegd in 1936 en was in 2012 toen de dikte is gemeten 76 jaar oud.

De diktemetingen zijn uitgevoerd op meetlocaties volgens Figuur 2.33 . De meetdiepte is gestart vanaf 0,5 m beneden de onderzijde van de kopbalk (deksloof), met een interval van 0,5 m, tot een diepte van 2 m onder de kopbalk. De onderzijde van de deksloof ligt op circa 0,5 m boven de waterlijn waarmee de bovenste meting op de waterlijn op circa NAP +0,6 m is uitgevoerd.

Resultaten

[Acotec 2012b] meldt naast de dikte metingen de volgende resultaten:

- In 2012 zijn boven de waterlijn nog resten van een coating aanwezig.
- Op de damwanden is een lichte begroeiing van algen aangetroffen.
- Potentiaalmetingen over de diepte gaven een potentiaal van -0,57 tot -0,63 V, wat duidt op actieve corrosie. De toestand van het Hoesch Iv profiel is vergelijkbaar met de toestand van de profielen zoals bij de Julianasluis was aangetroffen. Wel is op deze locatie ook putcorrosie waargenomen met een diepte van ongeveer rond 3 mm.



Figuur 2.38 **Boven** fotografische impressie van locatie hefbrug Gouwesluis ten tijde van de metingen voor de renovatie van de damwanden, Alphen aan de Rijn [Wikipedia]. **Linksonder**: niveau maaiveld ahn2 ten tijde van de metingen. **Rechtsonder** westelijke zijde: detail van foto met daarin schetsmatig aangegeven de niveaus van de waterlijn en de boven- en onderzijde van de kopbalk (deksloof).



Figuur 2.39 Achterzijde van monster van het lijf van de Hoesch lv uit Alphen aan de Rijn [Acotec 2012b]

Ten aanzien van de diktemetingen stelt [Acotec 2012b], zie ook Tabel 2.5:

- De meetwaarden zijn vergelijkbaar met de waarnemingen bij de Julianasluis
- De dikteafname vindt plaats over de gehele diepte van de damwand.

De gemiddelde percentages in dikteafname over diepte en over de periode sinds installatie in 1936 tot en met 2012 zijn per locatie (positie) bepaald op basis van het verschil tussen de nominale initiële dikte van lv damwandprofielen van 12 mm en de meetwaarden. De percentages staan vermeld in Tabel 2.5.

Tabel 11: Staaldiktemetingen Hoesch Iv-profiel positie 1

D (m)	Outpan (mm)	Afname (%)	Inpan (mm)	Afname (%)	Flank (mm)	Afname (%)
-0,5	9,00	24,98	9,35	22,08	9,53	20,58
-1	7,23	39,75	8,81	26,58	9,49	20,89
-1,5	5,97	50,25	7,98	33,50	9,26	22,81
-2	6,32	47,35	7,67	36,06	7,50	37,50

Zwart: staalafname onder 25% - Oranje: staalafname tussen 25% en 50% - Rood: staalafname boven 50%

Tabel 12: Staaldiktemetingen Hoesch Iv-profiel positie 2

D (m)	Outpan (mm)	Afname (%)	Inpan (mm)	Afname (%)	Flank (mm)	Afname (%)
-0,5	8,23	31,44	7,40	38,33	5,69	52,61
-1	6,88	42,67	4,97	58,63	10,45	12,92
-1,5	7,17	40,29	8,51	29,08	7,67	36,11
-2	9,65	19,63	8,10	32,54	9,25	22,89

Zwart: staalafname onder 25% - Oranje: staalafname tussen 25% en 50% - Rood: staalafname boven 50%

Tabel 13: Staaldiktemetingen Hoesch Iv-profiel positie 3

D (m)	Outpan (mm)	Afname (%)	Inpan (mm)	Afname (%)	Flank (mm)	Afname (%)
-0,5	6,80	43,33	6,51	45,75	8,31	30,78
-1	7,82	34,88	8,35	30,44	8,89	25,92
-1,5	8,54	28,85	8,49	29,25	7,38	38,47
-2	9,02	24,85	8,44	29,71	8,54	28,81

Zwart: staalafname onder 25% - Oranje: staalafname tussen 25% en 50% - Rood: staalafname boven 50%

Tabel 14: Staaldiktemetingen Hoesch Iv-profiel positie 4

D (m)	Outpan (mm)	Afname (%)	Inpan (mm)	Afname (%)	Flank (mm)	Afname (%)
-0,5	5,66	52,85	8,60	28,33	8,49	29,28
-1	4,08	65,98	8,75	27,13	7,36	38,67
-1,5	7,83	34,79	8,19	31,77	9,94	17,17
-2	7,92	34,00	7,72	35,65	9,18	23,50

Zwart: staalafname onder 25% - Oranje: staalafname tussen 25% en 50% - Rood: staalafname boven 50%

Tabel 15: Staaldiktemetingen Hoesch Iv-profiel positie 5

D (m)	Outpan (mm)	Afname (%)	Inpan (mm)	Afname (%)	Flank (mm)	Afname (%)
-0,5	9,19	23,40	7,79	35,06	7,09	40,89
-1	5,16	57,02	7,92	34,02	9,80	18,31
-1,5	7,96	33,67	5,12	57,33	5,37	55,28
-2	8,07	32,73	8,27	31,13	7,95	33,75

Zwart: staalafname onder 25% - Oranje: staalafname tussen 25% en 50% - Rood: staalafname boven 50%

Tabel 16: Staaldiktemetingen Hoesch Iv-profiel positie 6

D (m)	Outpan (mm)	Afname (%)	Inpan (mm)	Afname (%)	Flank (mm)	Afname (%)
-0,5	8,40	30,02	10,00	16,71	8,45	29,58
-1	7,29	39,23	6,48	46,04	6,35	47,06
-1,5	7,97	33,56	9,13	23,96	8,22	31,47
-2	9,88	17,67	9,32	22,35	8,41	29,92

Zwart: staalafname onder 25% - Oranje: staalafname tussen 25% en 50% - Rood: staalafname boven 50%

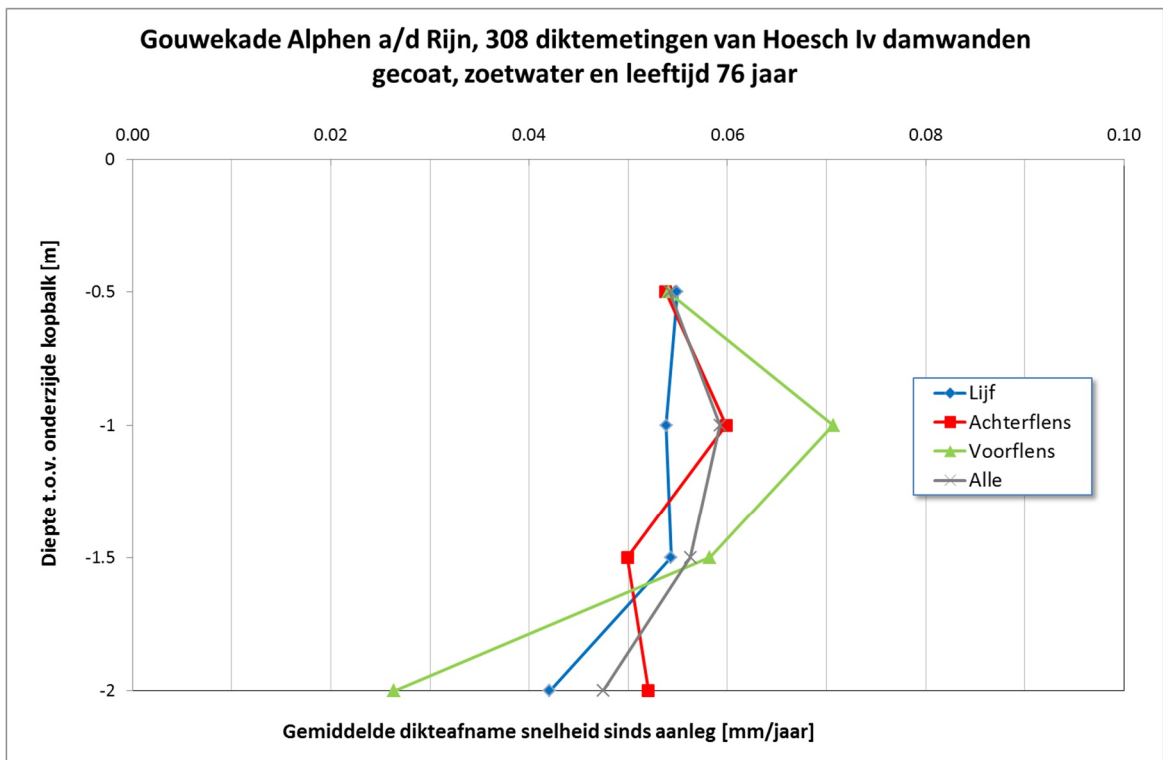
Tabel 17: Staaldiktemetingen Hoesch Iv-profiel positie 7

D (m)	Outpan (mm)	Afname (%)	Inpan (mm)	Afname (%)	Flank (mm)	Afname (%)
-0,5	5,74	52,17	7,97	33,63	7,21	39,89
-1	6,89	42,60	7,94	33,83	8,68	27,64
-1,5	5,74	52,19	7,58	36,81	8,81	26,58
-2	6,81	43,29	8,15	32,10	10,78	10,14

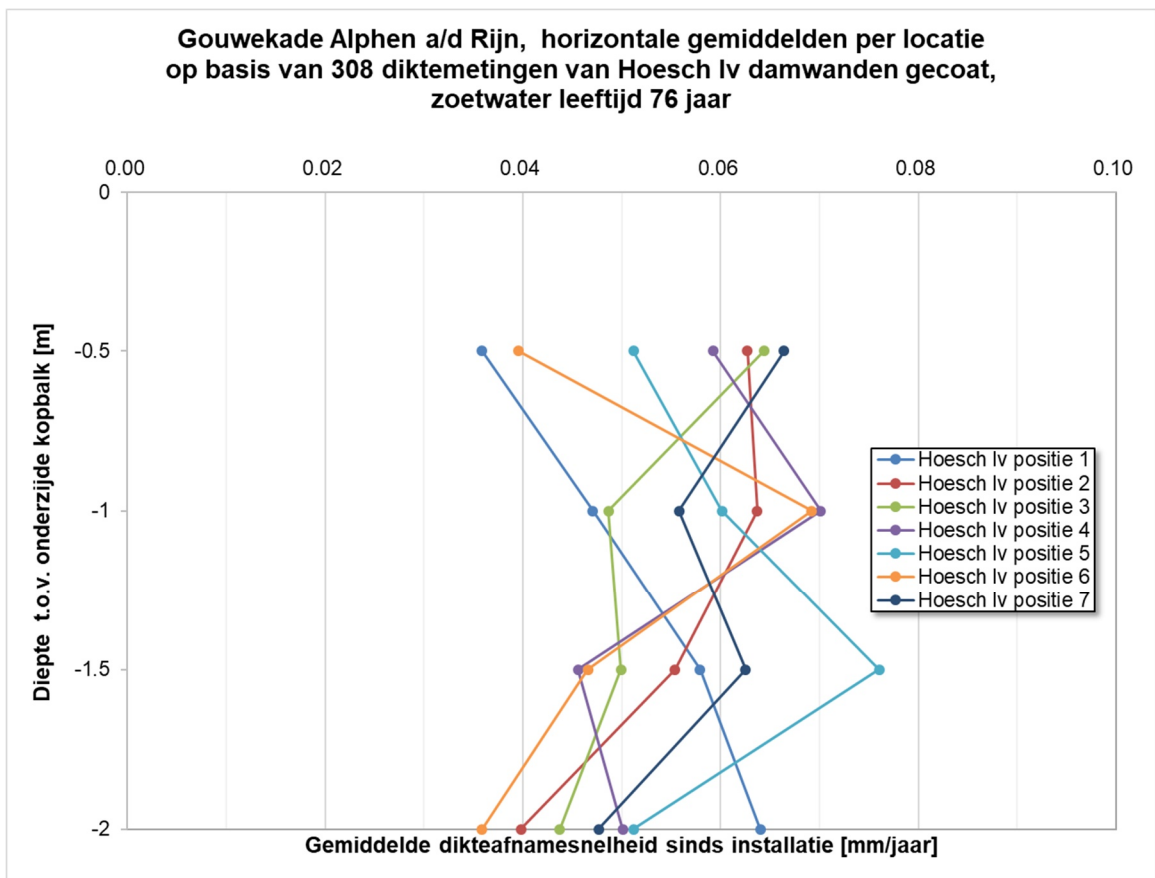
Zwart: staalafname onder 25% - Oranje: staalafname tussen 25% en 50% - Rood: staalafname boven 50%

Tabel 2.5 Gemiddelde staaldikte en percentage in dikteafname ten opzichte van nominale initiële dikte t.p.v. Lijf (Flank), voorflens (Outpan) en achterflens (Inpan) voor de 4 locaties (positie 1 t/m 7) in Alphen aan de Rijn [Acotec 2012b]

De gemiddelde snelheid in dikteafname van alle metingen en de gemiddelde snelheid in dikteafname ter plaatse van lijf, voor- en achterflens sinds de installatie tot en met 2011 voor de 4 locaties gezamenlijk staat weergegeven in Figuur 2.40. De horizontaal gemiddelde snelheid in dikteafname sinds de installatie per locatie (positie 1 t/m 5) staat uitgezet in Figuur 2.41.



Figuur 2.40 Gemiddelde snelheid in dikteafname over de periode 1935 t/m 2012. Gemiddelde van alle metingen en gemiddelden ter plaatse van lijf, voor- en achterflens (Gouwekade Alphen aan de Rijn [Acotec 2012]).



Figuur 2.41 Verloop per locatie van de horizontaal gemiddelde snelheid in dikteafname sinds de installatie over de periode 1935 t/m 2012 als functie van de diepte (Gouwekade Alphen aan de Rijn [Acotec 2012b]).

2.8 Hoofdvaarweg Lemmer Delfzijl

2.8.1 Meetlocaties en metingen

Op 31 locaties in de Hoofdvaarweg Lemmer Delfzijl zijn in 2017 en 2018 zijn door Nebest diktemetingen van damwanden uitgevoerd. In 2017 zijn op 30 locaties in opdracht van Rijkswaterstaat diktemetingen uitgevoerd en in 2018 zijn in opdracht van waterschap Noorderzijlvest op Damwand Eemskanaal nabij Appingedam diktemetingen uitgevoerd.

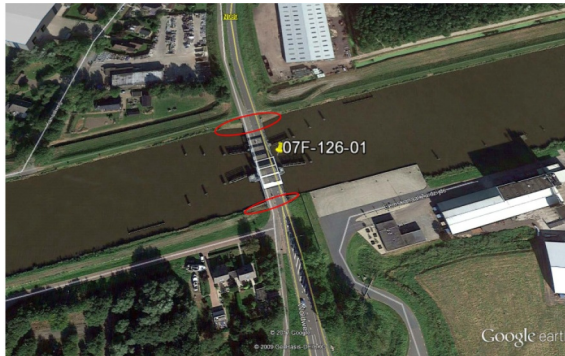
Van 11 locaties was het jaar van installeren onbekend, op 4 locaties was de damwand recentelijk geïnstalleerd (minder dan 2 jaar) en van 8 locaties bestond het type damwand niet bij genoemd bouwjaar of duidde de diktemetingen op een onjuist damwandtype (de dikte was bijvoorbeeld toegenomen). De diktemetingen op de overige 8 locaties [Nebest 2018] en [Nebest 2017a t/m g] zijn meegenomen in het onderzoek. Onderstaand zijn de geselecteerde locaties weergegeven. Tussen haakjes staat het jaar van installeren en het aantal meettraaien:

1. Woldbrug (1958/16x)
2. Damwand Eemskanaal nabij Appingedam (2005/10x)
3. Bloemhofbrug (1960/8x)
4. Borgbrug (1960/7x)
5. Oostersluis (1994/32x)
6. Brug Stroobos (2005/12x)
7. Brug Blauwverlaat (1985/18x)
8. Prinses Margrietsluis (1950/12x)

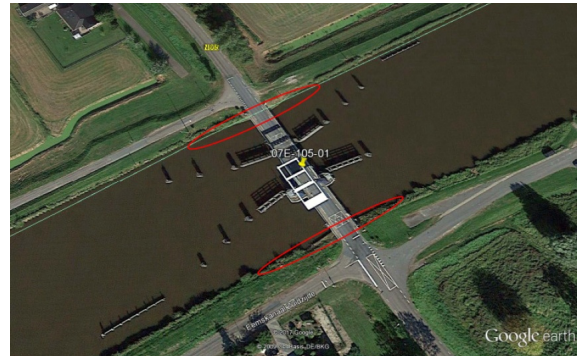


Figuur 2.42 Ligging van de locaties in Hoofdvaarweg Lemmer-Delfzijl

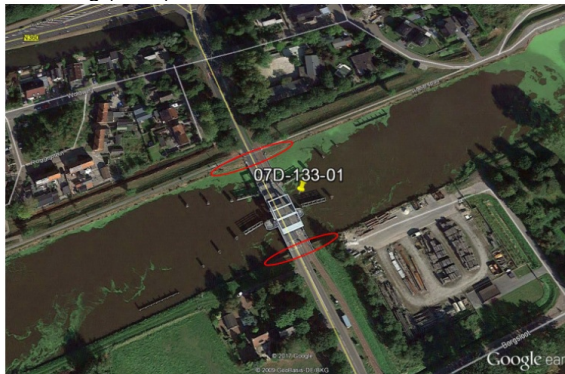
De ligging van de 8 locaties staat weergegeven in Figuur 2.42. Het betreft in totaal 2795 diktemetingen op damwanden. De leeftijd van de damwand op het moment van de diktemeting varieert tussen 12 en 67 jaar.



Woldbrug (1958)



Bloemhofbrug (1960)



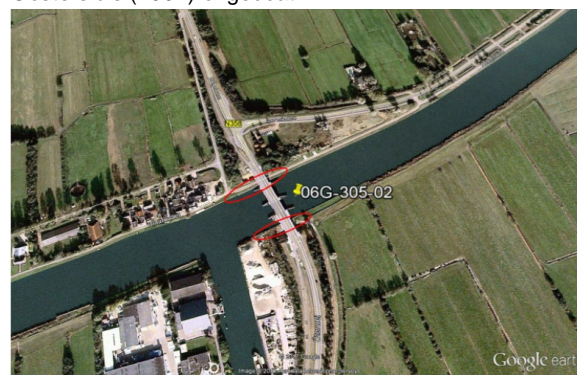
Borgbrug (1960)



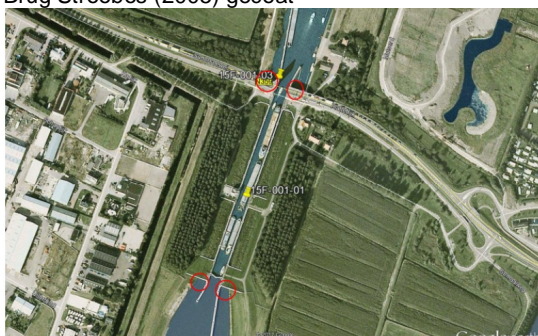
Oostersluis (1994) ongecoat



Brug Stroobos (2005) gecoat



Brug Blauwverlaat (1985)



Prinses Margrietsluis (1950) gecoat

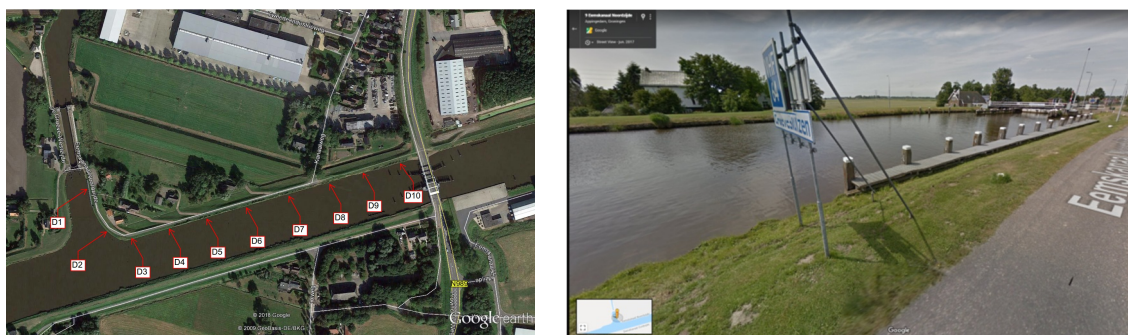
Figuur 2.43 Locaties waar in 2017 is gemeten [Nebest 2017a t/m g]

Bij de 7 locaties, zie Figuur 2.43, waar in 2017 is gemeten in opdracht van RWS [Nebest 2017a t/m g]. zijn om de 5 m diktemetingen uitgevoerd. De metingen zijn uitgevoerd op drie hoogtes: boven de waterlijn, op de waterlijn en 1 m onder de waterlijn. Per sublocatie zijn op iedere meethoogte 9 diktemetingen uitgevoerd: 3 ter plaatse van lijf, voor en achterflens.

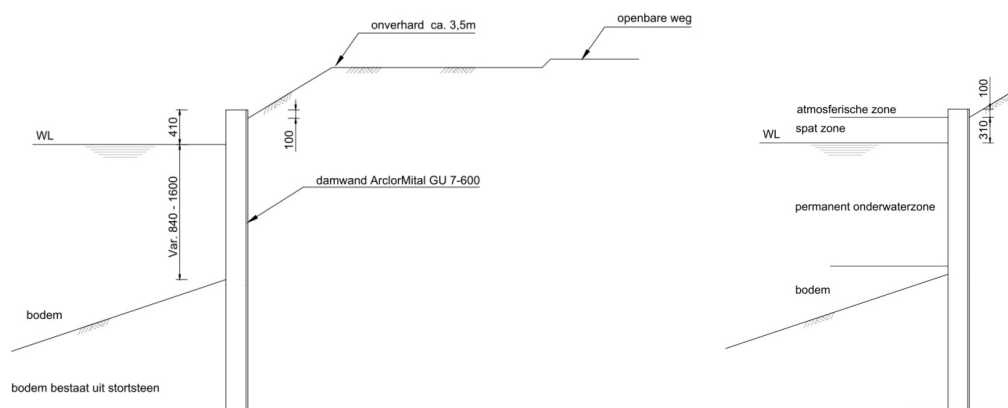
In [Nebest 2017d] wordt niet aangegeven dat de damwand van de Oostsluis gecoat is en dit is in lijn met het bestek [Groningen 1991]. In het huidige onderzoek wordt dan ook uitgegaan dat deze damwand ongecoat is. Van de locaties waar in Figuur 2.43 niet is aangegeven of ze gecoat of ongecoat zijn wordt voor dit onderzoek aangenomen dat ze waarschijnlijk ongecoat zijn omdat er in [Nebest 2017a t/m g] voor deze locaties geen enkele vermelding over de aanwezigheid van een conservering c.q. de toestand van de conservering is opgenomen.

Bij de damwand langs het Eemskanaal nabij Appingedam, zie Figuur 2.44 en Figuur 2.45, is gemeten in opdracht van het waterschap Noorderzijlvest [Nebest 2018]. Bij Appingedam zijn in de grondkerende constructie diktemetingen uitgevoerd per 50 m op 4 hoogtes: atmosferische zone, waterlijn, permanent onderwaterzone en bodem. In Figuur 2.45 staat de zone indeling in doorsnede weergegeven. Per sub-locatie zijn per meethoogte 30 diktemetingen uitgevoerd: 10 ter plaatse van lijf, voor en achterflens. De damwand langs het Eemskanaal bij Appingedam is ongecoat. De waterlijn (WL) ligt op circa NAP+0,56 m [Nebest 2018].

In [Nebest 2018] is aangegeven dat de metingen zijn uitgevoerd met een Tritex Multigauge 3000 Underwater. Het apparaat meet op 0,1 mm nauwkeurig. Voor aanvang van de metingen is het apparaat gecontroleerd met het bijgeleverde kalibratieblokje.



Figuur 2.44 Damwand langs Eemskanaal nabij Appingedam Links: de locaties waar de dikte van de damwand in 2018 is gemeten [Nebest 2018]. De meetlocaties zijn genummerd van D1 tot en met D10 Rechts: Streetview foto van locatie D1 (google maps)



Figuur 2.45 Links de zone indeling nabij de damwand, Rechts doorsnede van de damwand Eemskanaal nabij Appingedam. De waterlijn (WL) is NAP+0,56 m, [Nebest 2018]

2.8.2 Overzicht meetresultaten

Het overzicht van de resultaten van de diktemetingen van de damwanden in de Hoofdvaarweg Lemmer-Delfzijl is gegeven in Tabel 2.6 en Tabel 2.7.

locatie	leeftijd [jaar]	Gemiddelde snelheid in dikteafname sinds de installatie									
		Gemiddelden per zone [mm/jaar]					Ratio tussen gemiddelden Voorflens/Achterflens [-]				
		Alle zones	Atmosferische zone	Spatzone	Permanent zone	Bodem	Alle zones	Atmosferische zone	Spat-zone	Permanent zone	Bodem
Woldbrug	53	0,0355	-	0,0363	0,0354	-	1,19		0,70	1,28	
Appingedam	13	0,0355	0,0573	0,0369	0,0280	0,0199	0,93	0,83	1,07	1,05	1,16
Bloemhofbrug	57	0,0176	-	0,0088	0,0181	-	1,01			0,99	
Borgbrug	57	0,0137	-	0,0165	0,0116	-	0,83		0,94	0,73	
Oostersluis	23	0,0710	-	-	0,0710	-	1,10			1,10	
Brug Stroobos	12	0,0742	0,0725	0,0761	0,0744	-	1,07	1,02	1,12	1,06	
Brug Blauwverlaat	32	0,0180	-	0,0180	0,0180	-	0,83		1,09	0,63	
Prinses Margrietsluis	67	0,0109	0,0091	0,0106	0,0130	-	0,81	0,71	0,71	0,97	

Tabel 2.6 Hoofdvaarweg Lemmer-Delfzijl gemiddelde snelheid in dikteafname sinds de installatie op basis van het verschil tussen de nominale initiële dikte en de diktemetingen [Nebest 2017a t/m g] en [Nebest 2018]

*) geen metingen aan één van de flenzen

locatie	leeftijd [jaar]	Aantal meetlocaties	Maximale horizontale afstand tussen locaties circa [m]	Variatiecoëfficiënt van de horizontaal gemiddelde snelheid in dikteafname sinds de installatie per zone				
				Alle zones	Atmosferische zone	Spatzone	Permanent zone	Bodem
Woldbrug	53	16	40	0,36	-	0,3	0,37	-
Appingedam	13	10	420	0,61	0,39	0,39	0,58	0,55
Bloemhofbrug	57	8	30	0,61	-	*)	0,6	-
Borgbrug	57	7	35	0,46	-	0,35	0,52	-
Oostersluis	23	32	130	0,11	-	-	0,11	-
Brug Stroobos	12	12	70	0,11	0,11	0,12	0,09	-
Brug Blauwverlaat	32	18	75	0,58	-	0,59	0,58	-
Prinses Margrietsluis	67	12	300	0,47	0,5	0,46	0,4	-

Tabel 2.7 Hoofdvaarweg Lemmer-Delfzijl variatiecoëfficiënt van de horizontale gemiddelde snelheid in dikteafname sinds de installatie op basis van het verschil in initiële nominale dikte en de diktemetingen [Nebest 2017a t/m g] en [Nebest 2018]

*) omdat slechts één waarde beschikbaar is kan geen standaardafwijking worden bepaald

2.8.3 Trend over opvolgende raaien

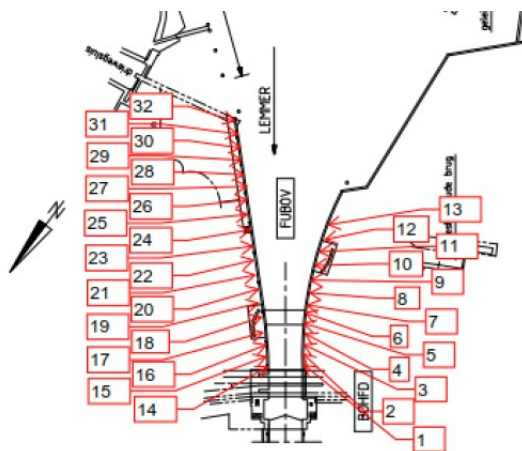
Op twee locaties in de Hoofdvaarweg Lemmer-Delfzijl zijn op regelmatige raaiafstanden diktemetingen uitgevoerd:

- Zuidelijke fuikwanden van de Oostersluis 32 raaien met een gemiddelde hart op hart afstand van circa 5 m.
- Damwand Eemskanaal nabij Appingedam 10 raaien verdeeld over circa 0,5 km lengte

Voor de twee locaties is het verloop van de gemiddelde corrosie langs de diverse raaien grafisch weergegeven in de twee navolgende sub-paragrafen.

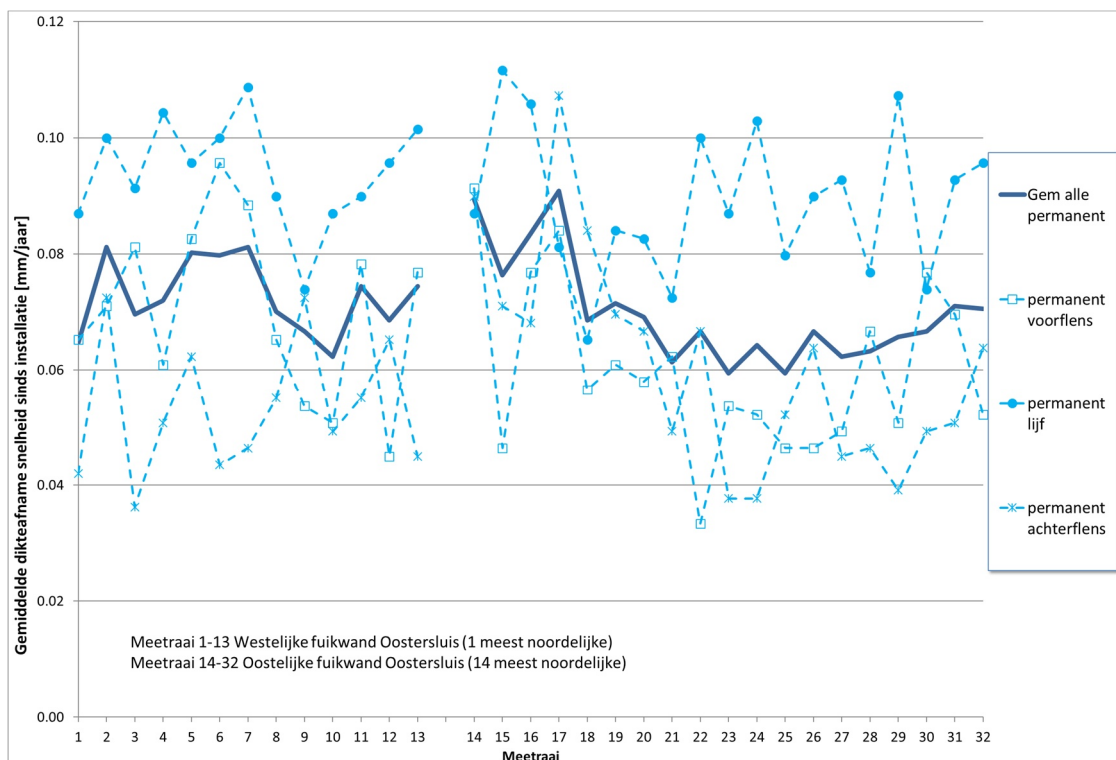
2.8.3.1 Zuidelijke fuikwanden van de Oostersluis

Op de ongecoate stalen damwand van de zuidelijke fuikwand van de Oostsluis in Groningen zijn de metingen op 1 m beneden kanaalpeil uitgevoerd in de zone die permanent onder water staat. In Figuur 2.46 is de ligging van de 32 meetlocaties op de zuidelijke fuikwanden van de Oostsluis weergegeven.



Figuur 2.46 Ligging van de meetraaiën voor de dikte metingen in 2017 op zuidelijke fuikwanden van de Oostsluis in Groningen.

In Figuur 2.47 is het totale gemiddelde, het gemiddelde ter plaatse van het lijf en de voor- en de achterflens als functie van het raainummer weergegeven. Alle metingen op de zuidelijke fuikwanden van de Oostsluis zijn uitgevoerd in de zone die permanent onder water staat.

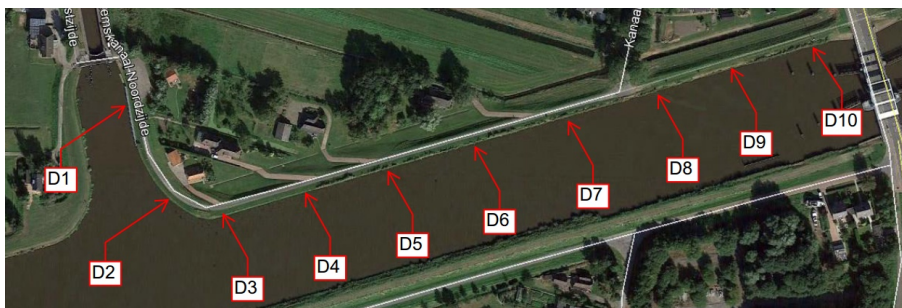


Figuur 2.47 Zuidelijke fuikwanden van de Oostsluis, Groningen, gemiddelde snelheid in dikteafname sinds de installatie in 1994 en de meting in 2017. De meetlocatie ligt op 1 m onder het kanaalpeil (permanent onder water)

2.8.3.2 Damwand Eemskanaal nabij Appingedam

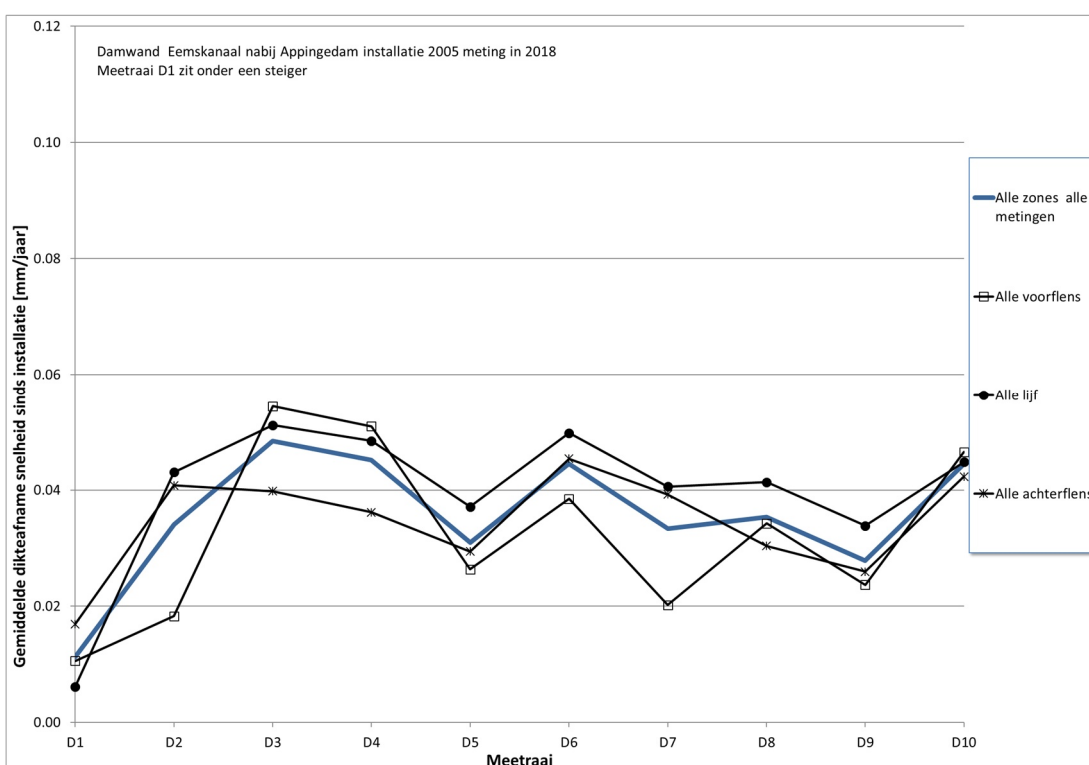
Op de ongecoate stalen damwand langs het Eemskanaal nabij Appingedam zijn in de 4 zones metingen uitgevoerd. In Figuur 2.48 is de ligging van de 10 meetlocaties (D1 tot en met D10)

weergegeven. Opgemerkt wordt dat de situatie bij de damwand op locatie D1 onder een steiger is gesitueerd, zie Figuur 2.48.



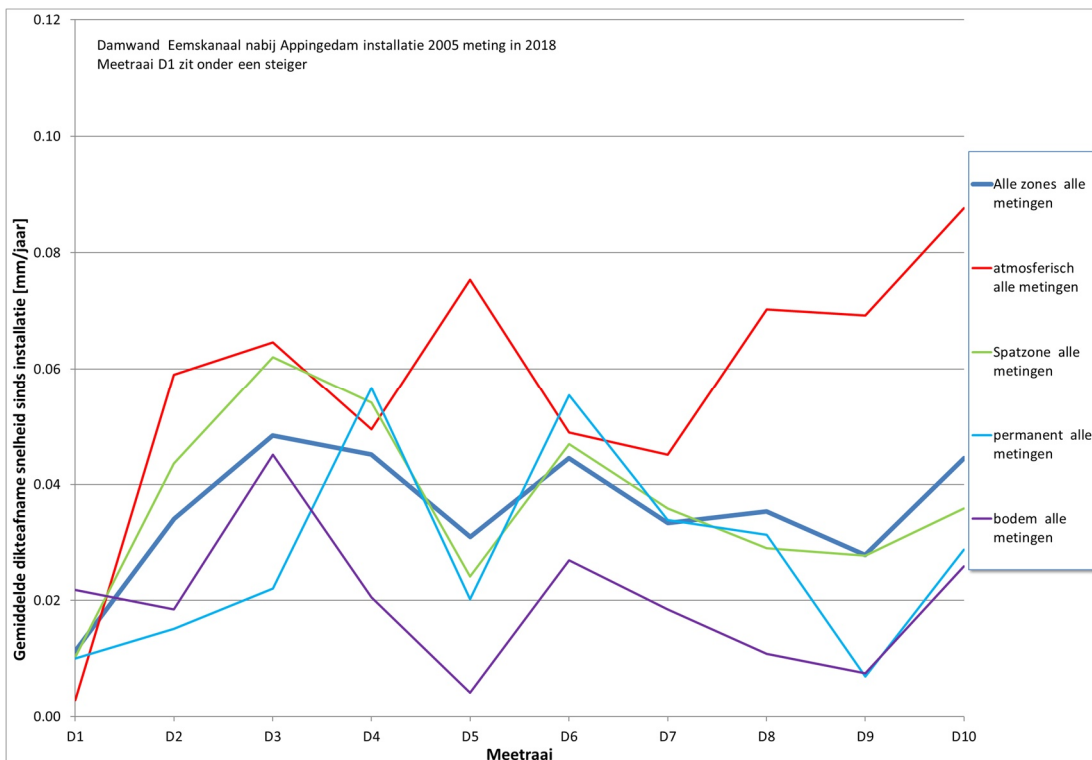
Figuur 2.48 Ligging van de meetraaien waar diktemetingen zijn uitgevoerd in 2018 op de damwand gelegen langs het Eemskanaal nabij Appingedam.

In Figuur 2.49 is de gemiddelde snelheid in dikteafname sinds de aanleg in 2005 en de diktemeting in 2018 over *alle* zones weergegeven. Getoond zijn de gemiddelden, ter plaatse van het lijf en de voor- en de achterflens en alle metingen samen als functie van het raainummer. Opgemerkt wordt dat locatie D1 zich onder de stijger bevindt.

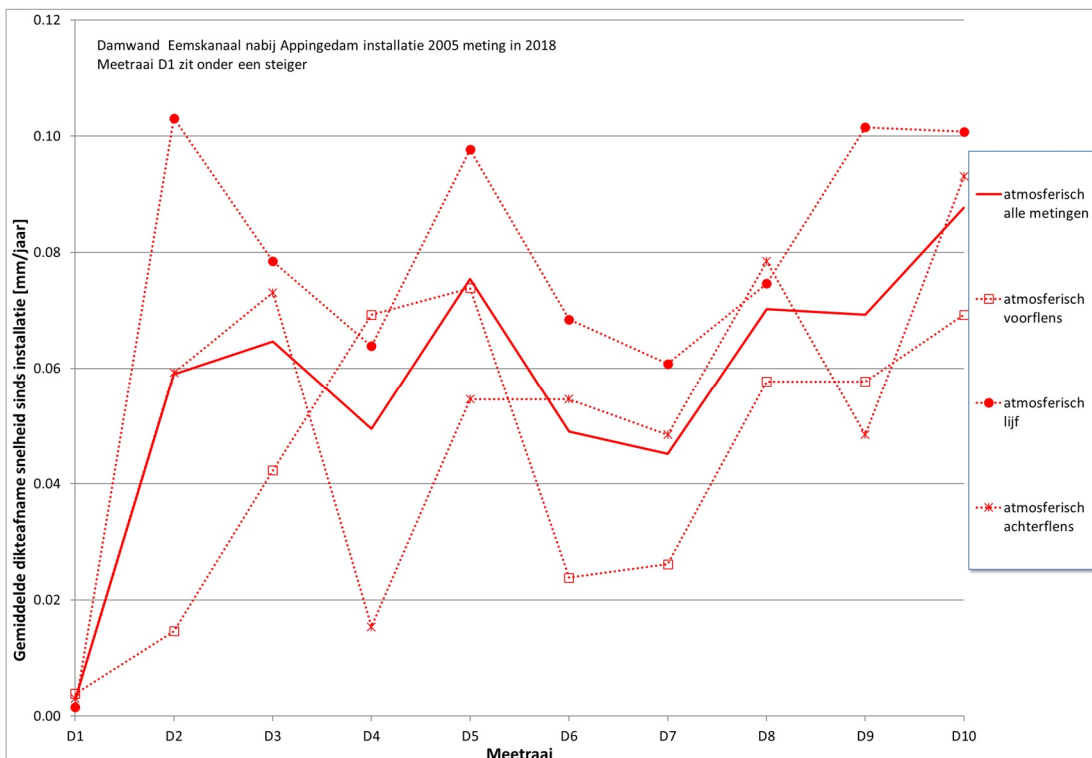


Figuur 2.49 De gemiddelde snelheid in dikteafname sinds de aanleg in 2005 en de diktemeting in 2018 voor de ongecoate stalen damwand langs het Eemskanaal nabij Appingedam. Getoond zijn van gemiddelden voor alle zones per meetraai: ter plaatse van het lijf en de voor- en achterflens en alle metingen samen.

In Figuur 2.50 zijn de gemiddelde snelheid sinds de aanleg in 2005 en de diktemeting in 2018 in dikteafname *per zone* weergegeven. De gemiddelde snelheid in dikteafname voor de atmosferische zone sinds de aanleg in 2005 en de diktemeting in 2018 staat weergegeven in Figuur 2.51.

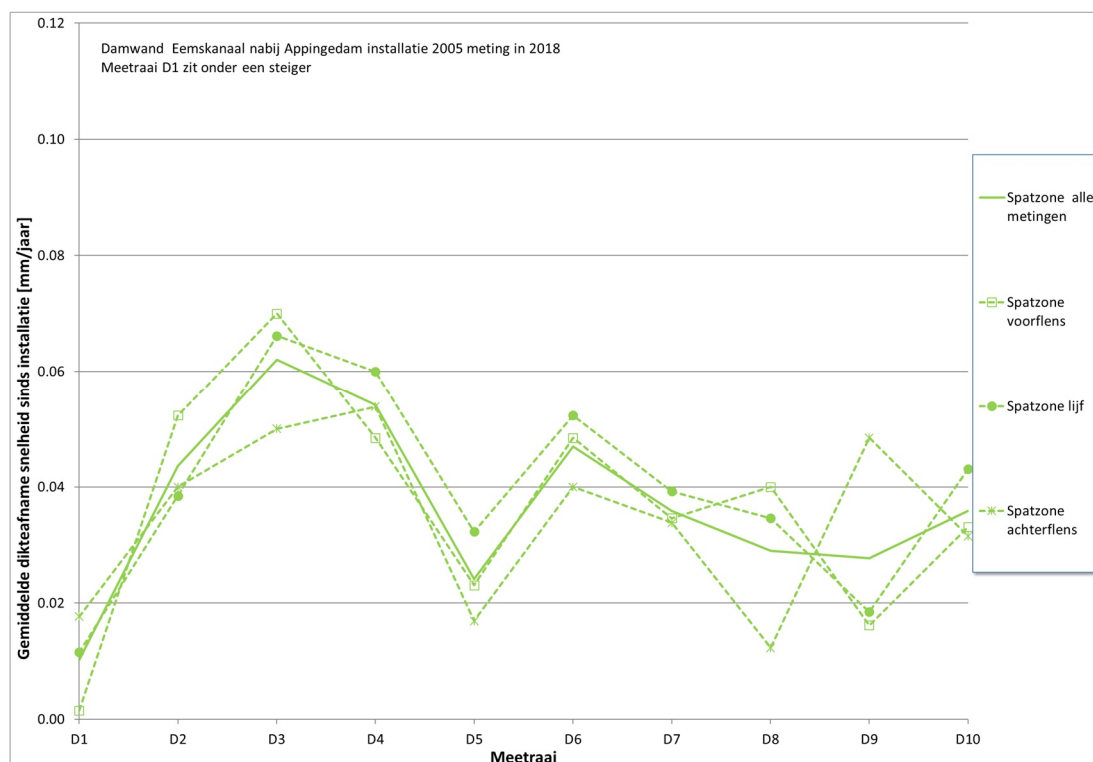


Figuur 2.50 De gemiddelde snelheid in dikteafname sinds de aanleg in 2005 en de diktemeting in 2018 voor de ongecoate stalen damwand langs het Eemskanaal nabij Appingedam . Getoond zijn gemiddelden van alle zones en alle metingen samen.



Figuur 2.51 De gemiddelde snelheid in dikteafname sinds de aanleg in 2005 en de diktemeting in 2018 voor de ongecoate stalen damwand langs het Eemskanaal nabij Appingedam . Getoond zijn gemiddelden in de atmosferische zone per meetraai: ter plaatse van het lijf, de voor- en achterflens en alle metingen samen

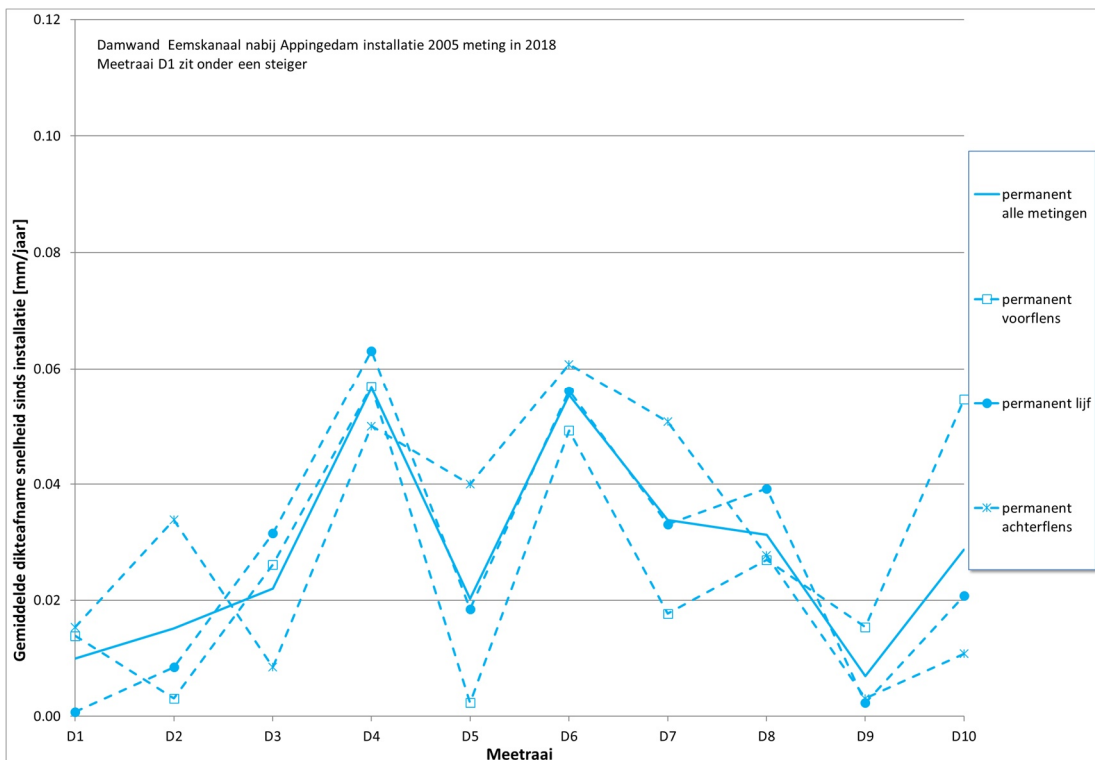
De gemiddelde snelheid in dikteafname voor de spatzone sinds de aanleg in 2005 en de diktemeting in 2018 staat weergegeven in Figuur 2.52. Getoond zijn de gemiddelden in de permanente onderwaterzone per meetraai: ter plaatse van lijf, voor- en achterflens en alle metingen samen.



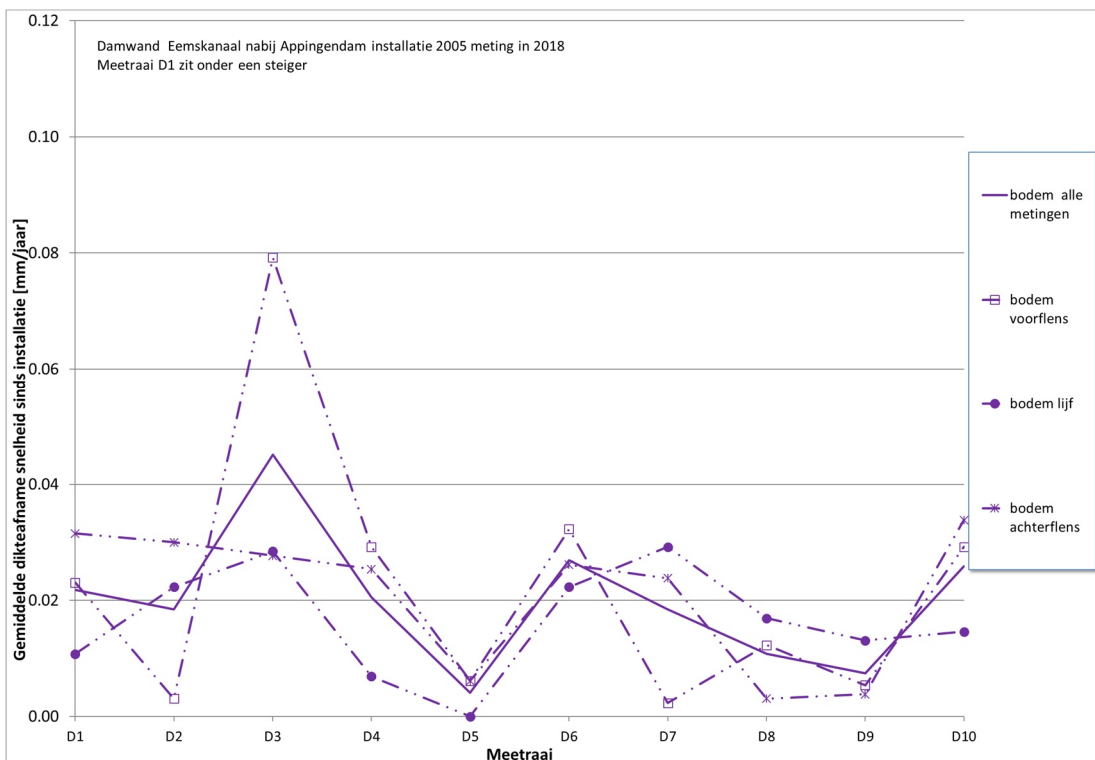
Figuur 2.52 De gemiddelde snelheid in dikteafname sinds de aanleg in 2005 en de diktemeting in 2018 voor de ongecoate stalen damwand langs het Eemskanaal nabij Appingedam. Getoond zijn gemiddelden in de spatzone per meetraai: ter plaatse van het lijf, de voor- en achterflens en alle metingen samen

De gemiddelde snelheid in dikteafname voor de permanente onderwaterzone sinds de aanleg in 2005 en de diktemeting in 2018 staan weergegeven in Figuur 2.53. Getoond zijn de gemiddelden in de permanente onderwaterzone per meetraai: ter plaatse van lijf, voor- en achterflens en alle metingen samen.

De gemiddelde snelheid in dikteafname op bodemniveau sinds de aanleg in 2005 en de diktemeting in 2018 weergegeven in Figuur 2.54. Getoond zijn de gemiddelden in de permanente onderwaterzone per meetraai: ter plaatse van lijf, voor- en achterflens en alle metingen samen.



Figuur 2.53 De gemiddelde snelheid in dikteafname sinds de aanleg in 2005 en de diktemeting in 2018. Getoond zijn de gemiddelden in de permanente onderwaterzone per meetraai: ter plaatse van lijf, voor- en achterflens en alle metingen samen.



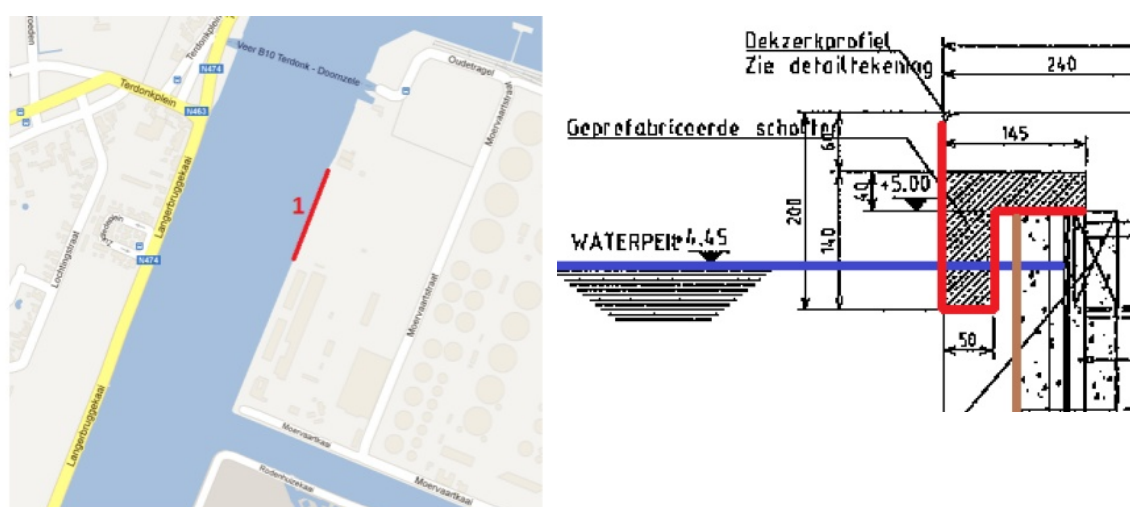
Figuur 2.54 De gemiddelde snelheid in dikteafname sinds de aanleg in 2005 en de diktemeting in 2018 voor de ongecoate stalen damwand langs het Eemskanaal nabij Appingedam. Getoond zijn gemiddelden op bodemniveau per meetraai: ter plaatse van lijf, voor- en achterflens en alle metingen samen

2.9 Locaties te Gent

Het water op locaties in Gent is brak tot zout. Dit onderzoek gaat over corrosie van damwanden in een zoetwatermilieu en daarom zijn de locaties in Gent buiten beschouwing gelaten. In deze paragraaf is een beknopte samenvatting gegeven van de metingen die ter beschikking zijn gesteld en die mogelijk in een later onderzoek naar corrosie kunnen worden gebruikt.

2.9.1 Marlux kade

In 2012 zijn door Acotec [Acotec 2012c] inspecties uitgevoerd bij de Nieuwe Kade van Marlux in Gent. Deze kade bevindt zich langs het kanaal van Gent naar Terneuzen.



Figuur 2.55 Locatie van de Marlux kade in Gent en een doorsnede van de kopbalkconstructie [Acotec 2012c]

De kade is in 1998 gebouwd en op moment van meten is de ouderdom 14 jaar. De kade bestaat uit een combiwand, opgebouwd uit buispalen 1016/10 met daartussen een dubbel PU12 profiel. Bovenop de combiwand is een overhangende betonnen kopbalk aanwezig (staat in rood aangegeven op Figuur 2.55) die het deel van de combiwand (bruin) boven de waterlijn volledig overkapt. De originele staaldikte is 10 mm voor de buispalen, 9,8 mm voor de in- en outpans (achter- en voorflenzen) en 9 mm voor de flanken (lijf). De bovenste zone van de combiwand (tot 3,30 m vanaf de bovenkant) was volledig behandeld met een coating.

Op meerdere dieptes zijn de diktes gemeten. Bij perforaties (gaten) is de dikte niet gemeten. Daarnaast zijn ook uitgevoerd:

- Diktemetingen aan de coating
- Potentiaalmetingen
- Visuele inspectie.

Resultaten [Acotec 2012c]:

- Begroeiing is nauwelijks aangetroffen.
- De gemeten potentialen lagen tussen de -0,576 en -0,594 V. De meetwaarden geven dan aan dat sprake is van actieve corrosie ($> -0,65$ V). De buispaal waarop de potentiaalmetingen uitgevoerd zijn, bevindt zich op de hoek van de kade en was niet afgeschermd door de betonnen kopbalk. Op deze buispaal was boven de waterlijn geen coating meer aanwezig en dat kan dit resultaat verklaren.

- Visuele inspectie van de rest van de kade gaf aan dat de coating nog vrijwel volledig intact was: alleen op enkele plaatsen waren kleine beschadigingen waargenomen. Onder de gecoate zone is een zeer dunne roestlaag aangetroffen. Weinig zichtbare corrosieverschijnselen zijn aangetroffen, en geen gaten.

Diktemetingen zijn uitgevoerd op elke 0,5 m diepte onder de gecoate zone (- 4 m en dieper), volgens het patroon in Figuur 2.56.



Figuur 2.56 Meetpunten (rood) op het combiwandprofiel [Acotec 2012c]

Tabel 3: Staaldiktemetingen combiwand

D (m)	Outpan (mm)	Afname (%)	Inpan (mm)	Afname (%)	Flank (mm)	Afname (%)	Buispaal (mm)	Afname (%)
-4	7,89	19,48	7,91	19,33	8,86	1,57	9,55	4,52
-4,5	9,40	4,13	9,70	1,05	8,45	6,09	9,90	1,02
-5	9,69	1,12	8,65	11,69	8,06	10,41	9,45	5,53
-5,5	7,87	19,69	9,71	0,92	8,10	10,00	9,60	3,95

Zwart: staalafname onder 25% - Oranje: staalafname tussen 25% en 50% - Rood: staalafname boven 50%

Tabel 2.8 Gemiddelde waarden gemeten staaldikte combiwand [Acotec 2012c]

Uit de diktemetingen blijkt dat dikteafname kleiner is dan 25%. Het staal is dan ook nog niet noemenswaardig aangetast [Acotec 2012c]. De staat van de coating is ook onderzocht, maar wordt hier niet verder behandeld.

2.9.2 Noordelijke zijde Moervaart

Acotec heeft in 2011 [Acotec 2011] een aantal gedetailleerde inspecties uitgevoerd op de damwanden aan de noordelijke zijde van de Moervaart in Gent. De inspecties zijn uitgevoerd door droogzetting. De vier locaties waar droogzetting heeft plaatgevonden staan aangegeven in Figuur 2.57.

De damwanden langs de Moervaart zijn in 1980 geplaatst (leeftijd 31 jaar) en bestaan uit BZ-26 planken. Twee locaties bevonden zich aan de kant van de J. Kennedylaan, twee locaties bevonden zich aan de kant van het Kanaal Gent-Terneuzen tegenover de koeltoren. Per locatie zijn op iedere 0,1 m diepte de staaldikten van 4 naastgelegen damwandplanken gemeten, zie Tabel 2.9 voor de per 0,5 m gemiddelde waarden van de gemeten staaldikte. Voor de diktemeting is een Cygnus 3 gebruikt. In het totaal betreft deze meetset 5040 diktemetingen.



Figuur 2.57 Luchtfoto van de Moervaart met de locaties van de droogzettingen [Acotec 2011]

Acotec geeft aan dat boven en onder de waterlijn een sterk verschillend corrosiebeeld is aangetroffen en dat het verschil wordt veroorzaakt door intense scaling (= type fouling, wat betekent dat ongewenste materialen zich accumuleren op vaste oppervlakken, ofwel neerslaan) in de spatzone. Rond deze zone is meestal zware putcorrosie aangetroffen.

Onder de waterlijn is het hele oppervlak bedekt met een laag bolvormige uitstulpingen (puisten). Onder deze uitstulpingen wordt een zwarte laag aangetroffen die gemakkelijk te verwijderen is. Onder de zwarte laag wordt blank staal aangetroffen dat is aangevreten ter hoogte van de puist. De puisten zijn gemakkelijk te verwijderen en komen over de gehele diepte voor. De putcorrosie onder de laag puisten was overal aanwezig. Er was geen systematisch verschil in het voorkomen op verschillende plaatsen. Op veel plaatsen zijn kruisgewijze diagonale 'striemen' in het staal gevonden, die door Acotec worden benoemd als 'typisch beeld voor biologische corrosie'. Met BART-testen (Biological Activity Reaction Tests) zijn bacteriën, die agressief zijn voor corrosie, aangetroffen.

Aangezien de meetdata is verkregen in een omgeving met brak tot zout water, zal deze data niet meegenomen worden in de vergelijking met de data beschreven op ander locaties.

Metingen in mm
Inspectie droogzetting n°:

1 Tussen bolder 29 - 30 over ladder
Gemiddelde staaldikte

Plank N° → Kopbalk	1						2					
	A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F
0.0	10.0	9.6	11.5	11.6	8.4	11.5	11.9	9.7	11.8	10.0	9.2	7.8
-0.5	11.5	9.4	7.2	11.4	9.1	11.4	8.9	9.3	11.4	9.0	9.4	9.8
-1.0	11.2	7.9	10.0	6.1	8.8	10.0	11.4	6.3	10.2	8.9	6.9	9.3
-1.5	10.9	9.0	10.1	6.7	8.6	10.0	9.1	5.9	11.1	7.6	8.5	11.0
-2.0	7.3	8.1	10.3	7.8	8.0	10.3	11.4	5.8	11.0	11.1	7.3	8.2
-2.5	5.9	7.1	8.3	9.4	7.3	11.0	10.3	9.3	10.7	10.2	7.1	9.6
-3.0	10.7	7.4	8.7	9.2	8.0	10.2	7.4	8.2	5.7	10.1	7.4	10.2
-3.5	10.3	7.4	10.2	11.0	6.8	10.0	10.3	6.8	10.6	8.3	8.2	10.9
-4.0	11.1	6.9	6.6	9.5	7.0	10.5	9.9	8.6	10.8	10.3	8.1	10.7
-4.5	10.4	8.6	10.3	10.7	7.2	11.0	10.9	6.8	8.9	8.8	8.2	10.6
-5.0	10.7	7.5	9.5	10.8	5.8	11.1	10.9	6.3	8.8	8.4	7.6	10.8
-5.5	10.0	8.5	10.3	9.3	8.0	11.2	10.7	8.0	9.5	9.9	7.6	10.3

Inspectie droogzetting n°:

3 Tussen bolder 64 - 65 voor ladder
Gemiddelde staaldikte

Plank N° → Kopbalk	1						2					
	A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F
0.0												
-0.5												
-1.0												
-1.5	6.1	7.3	5.3	5.8	6.8	7.5	7.2	6.1	6.9	7.6	7.7	10.4
-2.0	8.9	6.4	7.6	6.3	5.9	7.3	9.3	6.0	7.1	8.0	6.9	8.5
-2.5	7.7	6.6	6.6	6.4	6.2	8.5	9.8	5.2	8.1	9.3	6.7	10.2
-3.0	8.9	5.5	7.9	6.3	5.8	8.5	8.2	4.7	7.6	6.5	6.6	9.9
-3.5	9.3	6.1	7.1	8.1	6.3	6.9	7.8	7.0	6.5	9.2	6.8	9.6
-4.0	8.6	6.1	7.5	8.9	7.2	10.3	8.6	6.0	8.2	8.3	7.1	7.5
-4.5	8.7	7.0	7.5	9.3	5.7	9.3	9.4	6.9	6.1	7.2	7.6	10.8
-5.0	8.8	8.2	7.3	6.9	7.0	10.3	10.1	6.6	9.8	9.2	7.1	6.6
-5.5	9.0	6.6	10.2	10.8	7.7	9.9	8.4	7.5	7.8	8.2	6.1	11.1

Inspectie droogzetting n°:

2 Tussen bolder 28 - 29 over ladder
Gemiddelde staaldikte

Plank N° → Kopbalk	1						2					
	A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F
0.0	10.4	9.6	12.5	12.2	9.5	12.8	12.2	8.9	12.6	10.6	9.3	7.0
-0.5	11.6	7.0	12.4	11.9	8.8	9.1	9.6	9.2	8.6	11.0	9.3	12.0
-1.0	11.9	9.9	11.4	11.3	9.8	11.8	10.9	7.5	12.2	6.5	5.3	12.1
-1.5	12.5	9.2	11.3	11.1	9.5	12.5	12.0	8.9	11.8	9.3	9.0	11.5
-2.0	9.2	9.1	11.0	8.9	8.5	11.9	11.7	5.5	9.4	12.5	9.5	9.6
-2.5	12.0	9.4	7.0	11.9	9.3	12.2	11.7	7.0	9.5	9.1	8.7	10.9
-3.0	11.2	6.8	8.8	9.8	8.2	9.9	10.4	8.2	5.7	10.1	7.4	12.0
-3.5	10.4	8.3	9.5	10.4	6.5	11.3	11.6	6.4	4.9	8.2	6.9	11.6
-4.0	9.8	7.5	7.0	9.4	7.8	9.3	11.6	7.5	10.3	9.2	7.6	9.8
-4.5	11.4	8.8	11.1	11.2	7.7	10.1	8.9	8.0	8.0	7.8	7.7	11.8
-5.0	10.9	8.4	7.7	10.4	7.4	11.5	10.1	7.2	7.4	7.2	7.4	11.8
-5.5	10.2	8.6	11.0	9.8	10.6	10.0	8.6	8.0	9.6	9.1	8.5	11.3

Inspectie droogzetting n°:

4 Tussen bolder 71 - 72, 10 m na bolder 71
Gemiddelde staaldikte

Plank N° → Kopbalk	1						2					
	A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F
0.0												
-0.5												
-1.0												
-1.5	6.0	4.7	4.8	6.3	6.2	5.4	7.2	5.5	6.2	5.9	5.2	7.9
-2.0	6.7	5.7	5.7	6.5	4.5	6.6	7.5	5.8	6.3	8.7	6.3	8.5
-2.5	6.1	6.9	6.3	5.3	6.3	6.5	7.5	5.5	7.9	7.1	6.3	7.0
-3.0	7.4	5.3	5.9	6.2	6.6	6.1	6.9	4.9	5.2	6.4	5.0	6.6
-3.5	5.2	6.7	7.6	7.1	6.8	6.4	8.0	5.9	7.2	6.9	7.1	7.6
-4.0	7.4	7.1	8.2	7.5	6.8	9.3	8.0	6.3	6.2	7.3	5.9	8.5
-4.5	6.8	5.5	5.7	6.4	5.5	7.8	8.6	6.5	6.6	6.0	7.7	9.0
-5.0	7.7	7.4	7.4	6.9	6.4	8.4	7.9	6.3	7.6	7.2	6.6	6.8
-5.5	8.9	5.2	6.7	7.7	7.7	10.4	8.7	7.7	8.7	8.5	7.6	7.9



Tabel 2.9 Per 0,5 m hoogte gemiddelde dikteafname sinds de aanleg (31 jaar eerder). De oorspronkelijke staaldikte: A C D F = 13,2 mm, B E = 10 mm, Kade Noordelijke zijde Moervaart te Gent [Acotec 2011]. Groen is dikker dan 7mm, oranje 7 tot 5 mm en rood 5 mm en minder

2.10 Resume

Vooruitlopend op de analyse van de verzamelde diktemetingen, in Hoofdstuk 3 kunnen reeds de volgende constatering worden gemaakt:

Verschillen tussen lijf, voor en achterflens

- Voor het bepalen van systematische trends in de mate van corrosie tussen de verschillende posities op het damwandprofiel kan het beste worden gekeken naar de verschillen tussen de voor- en achterflens dan die met het lijf. Een vergelijking tussen de voor- en achterflens wordt namelijk minder beïnvloed door de onzekerheid van de initiële nominale dikte omdat het beide gemiddeld genomen dezelfde flensdikte betreft.
- Verschillen in snelheid van dikteafname tussen voor- en achterflens kunnen optreden. Echter, een goed beeld of en hoe dit systematisch optreedt val nog niet op te stellen. Kijkende naar de overall gemiddelden van de resultaten voor het Amsterdam-Rijkkanaal en de Gouwekade lijkt het erop dat de verhouding in de verticaal ook kan omslaan. Rond de waterlijn corrodeert de voorflens meer en op 1,5 à 2 m beneden de waterlijn is de corrosie van de achterflens weer groter. Wanneer bij deze 2 objecten naar de ratio's als functie van de diepte van de individuele meetlocaties wordt gekeken, dan wordt het beeld veel diffuser wat mogelijk komt door het beperkte aantal metingen dat per diepteniveau beschikbaar is.

- Verschillen lijken te kunnen optreden. Deze verschillen zijn dusdanig significant groot dat ze van invloed zijn op de sterkte (het weerstandsmoment) waardoor niet zondermeer met een gelijke corrosie terplaatse van de voor- en achterflens kan worden gerekend. In dergelijke gevallen zal nagedacht dienen te worden op welke wijze dit fenomeen meegenomen kan worden in een beoordeling. Aangezien de dikteafname en ook de verdelingen van de dikteafname vooralsnog niet als gecorreleerd kunnen worden beschouwd. In plaats van statistiek op de corrosie zal statistiek op het gereduceerde weerstandsmoment dienen te worden bedreven.
- Hoe vaak de verschillen tussen de voor- en achterflens significant zijn, is op basis van de huidige metingen niet aan te geven. Het enige wat wel gesteld kan worden, is dat het een aspect is dat mogelijk zou kunnen optreden.

Wel of geen coating lijkt een significante invloed te hebben op de variatie van corrosie over het oppervlak:

- Daar waar bij de ongecoate damwanden bij de Twentekanalen de corrosie in verticale richting per locatie vrij uniform was, blijkt dat niet het geval te zijn bij de gecoate damwanden langs het Amsterdam-Rijnkanaal. Het vermoeden bestaat dat de coating in de zone rond de waterlijn mogelijk is beschadigd en dat daardoor in die zone een verhoogde corrosie optreedt.
- Bij de ongecoate damwanden van de fuik van Oostersluis bleek dat de variatiecoëfficiënt van de horizontaalgemiddelde snelheid in dikteafname op 1 m beneden de waterlijn $V = 0,11$ is. Dit betrof 32 meetraaien over een lengte van orde grootte 100 m dus ook in horizontale richting lijkt de corrosie vrij uniform te zijn.
- Bij de gecoate damwand van de kade nabij de Julianasluis te Gouda blijken verschillen tussen de dikteafname tussen de 4 meetraaien over een lengte van circa 25 m significant groot te zijn, zie Figuur 2.36. Bij de gecoate damwanden bij de Gouwekade in Alphen aan de Rijn lijken de verschillen iets minder groot dan voor de damwand in Gouda.
- Het vermoeden bestaat dat de grote verschillen in dikteafname binnen een meetraai zoals in Figuur 2.10 in een contourplot mogelijk worden veroorzaakt tussen lokale defecten in de coating of het verschil in moment dat de coating op die plaats faalt. Vermoed wordt dat de variatie in coating mogelijk ook nog meespeelt op de significante variatie op grotere schaal tussen de gemiddelden na nabijgelegen raaien.

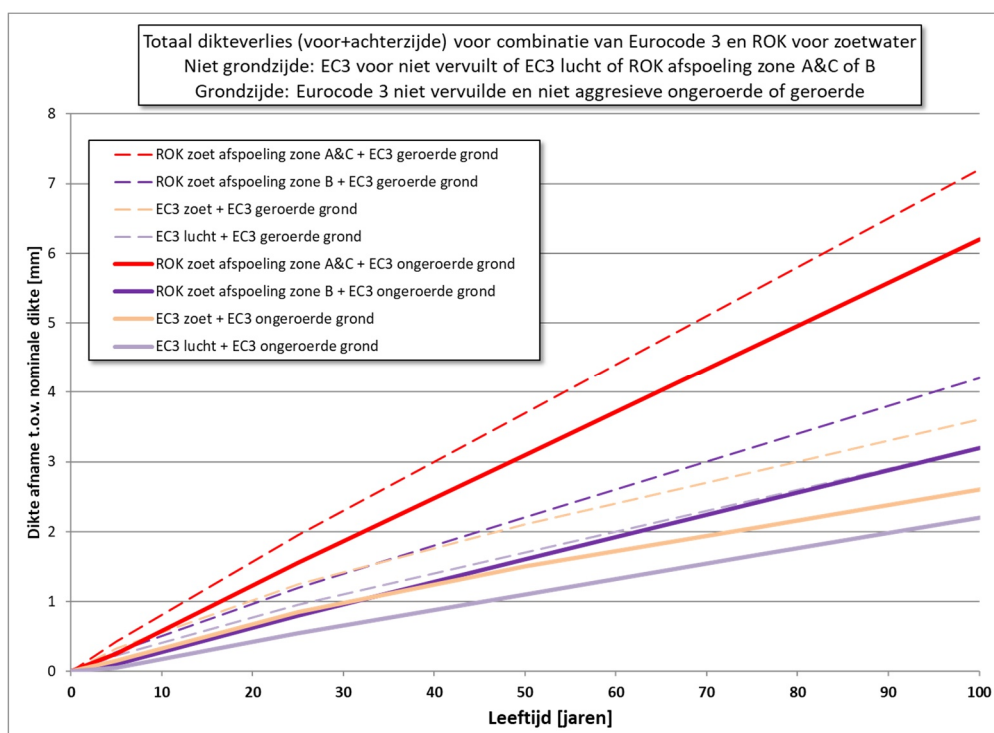
3 Analyse verzamelde diktemetingen

De gemeten en gepresenteerde dikteafnamen uit de paragrafen §2.2 t/m 2.8 zijn gecombineerd tot één dataverzameling. Deze dataverzameling omvat 6876 metingen. In dit hoofdstuk zal nader worden onderzocht of binnen deze gecombineerde dataverzameling (belangrijke) trends te herkennen zijn:

- Is er een significant verschil tussen afspoel en niet afspoelcondities? In het kader van deze studie wordt onder niet afspoel conditie een damwand langs een kanaal verstaan. Onder afspoelcondities worden locaties met een sterkere stroming verstaan, door bijvoorbeeld scheepsschroeven bij sluisen en kaden.
- Zijn systematische trends herkenbaar in de verticaal (bestaande uit verschillende corrosiezones)?
- Wat is de bandbreedte/ de variatie van optredende corrosie op puntniveau?
- Wat zijn de horizontale gemiddelden?
- Zijn verschillen tussen gecoate en niet gecoate damwanden waarneembaar?
- Hoe verhouden de waarnemingen zich tot de waarden van bijvoorbeeld Eurocode 3-5 en de ROK1.4?

3.1 Referentielijnen dikteafnamen uit EC3-5 en ROK1.4

In §3.2 t/m 3.4 worden de afgeleide dikteafnames grafisch uitgezet in de tijd. De gemeten dikteafname worden in vergeleken met een achttal referentielijnen. De referentielijnen zijn de waarden van de dikteafname die nu bij een damwandontwerp worden gehanteerd bij zoetwater en normale condities (geen vervuild of agressief water en/of grond) en staan weergegeven in Figuur 3.1. Voor de achtergrond van deze referentielijnen zie [Deltares 2019]. Onder “ROK afspoeling” de waarden die de ROK voor erosieve situaties wordt verstaan waarbij de lage waarden in zone B van toepassing zijn tussen laagste en hoogste schutpeil en de hogere waarde in de zones erboven en er onder (zone B en C).

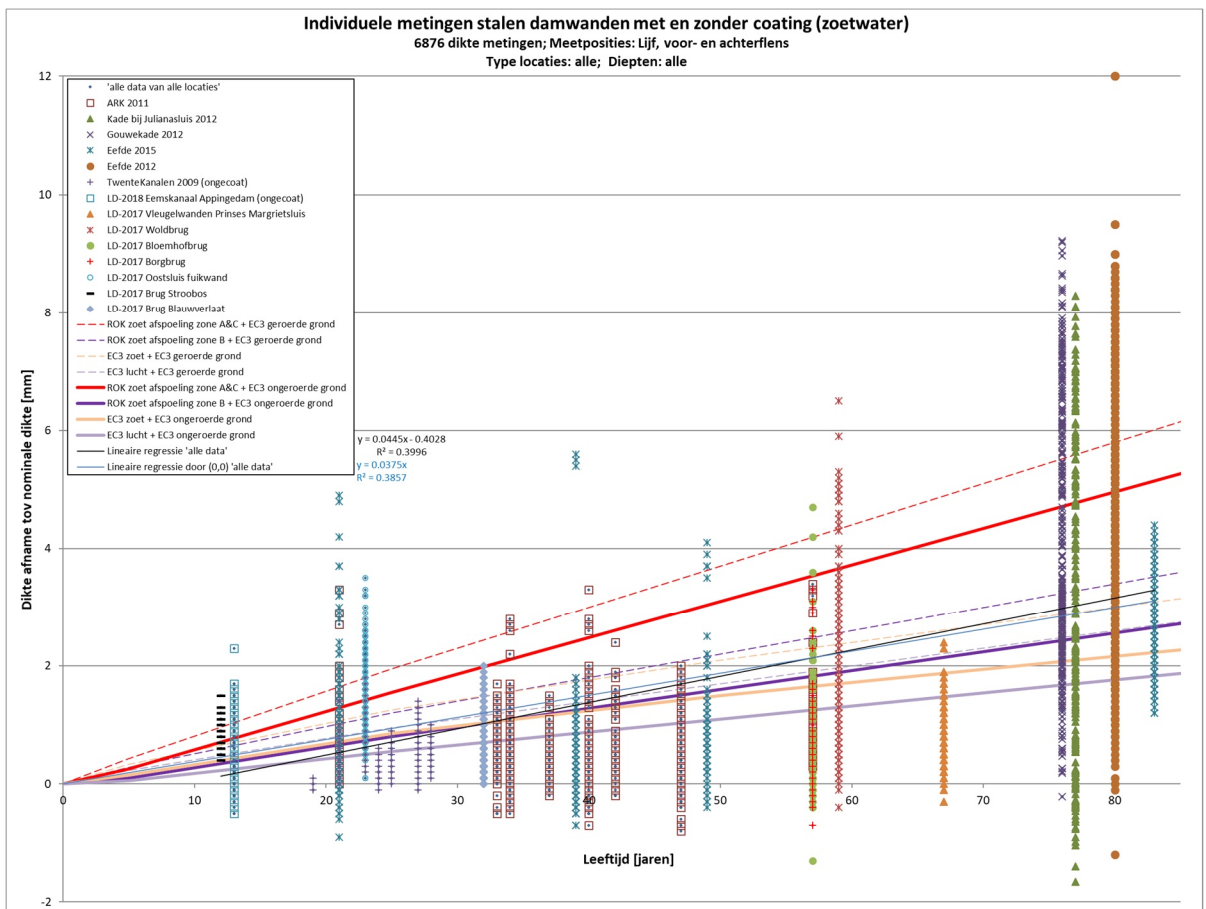


Figuur 3.1 Overzicht totale dikteafname van stalen damwanden in zoetwater op basis van combinaties van ROK [RWS 2017a] en 'Eurocode 3 waarden' voor niet vervuilde en niet agressieve condities [NEN-EN1993-5]

In de grafieken, zoals Figuur 3.2, wordt de gehele of een deelverzameling van de resultaten van individuele diktemetingen gepresenteerd. De individuele diktemetingen zijn verdeeld over 220 locaties. Op de horizontale as staat de leeftijd van de damwand op het moment van meten. Langs de verticale as staat de dikteafname ten opzichte van de nominale initiële dikte.

In Figuur 3.2 en de figuren in §3.2 staan de waarden per individuele diktemeting weergegeven. In §3.3 en §3.4 staan echter grafieken met de waarde van de horizontale gemiddelden per locatie en meetniveau weergegeven. Verder staan puur ter referentie, dus zonder daar een waarde aan toe te kennen twee rechte lijnen weergegeven welke op basis van lineaire regressie van de in de grafiek gepresenteerde punten is bepaald. De zwarte lijn is de lijn volgens gewone lineaire regressie en de blauwe is een lineaire regressie lijn die door de oorsprong (0,0) gaat. Voor leesbare formules van deze regressie lijnen met bij behorende determinatiecoëfficiënt R^2 wordt verwezen naar Bijlage B. In Bijlage B zijn grafieken van Figuur 3.2 tot en met Figuur 3.30 in groot formaat opgenomen waarbij de horizontale schaalverdeling tot 100 jaar doorloopt. De grafieken zijn vanwege het grotere formaat leesbaarder.

De meetsets in de grafieken worden per meetlocatie met een eigen symbool weergegeven. Iedere meetset kan metingen bevatten van een object, van meerdere locaties, type locaties en diepten. In dit hoofdstuk wordt voor de damwanden langs de kanalen het kanaalpeil als referentieniveau gehanteerd en voor damwanden in situaties met een wisselend waterpeil wordt het niveau dat de waterstand 50% van de tijd overschrijdt als referentieniveau aangehouden.



Figuur 3.2 Overzicht van alle individuele metingen van de dikteafname van stalen damwanden.

In §3.2 is voor de individuele metingen gekeken of verschillen op basis van de locatie zijn te herkennen. In §3.3 wordt hetzelfde gedaan voor de horizontale gemiddelden. In §3.4 wordt nader gekeken of systematische verschillen op basis van de combinaties van locatie + diepte + de eventuele aanwezigheid van een coating te herkennen zijn.

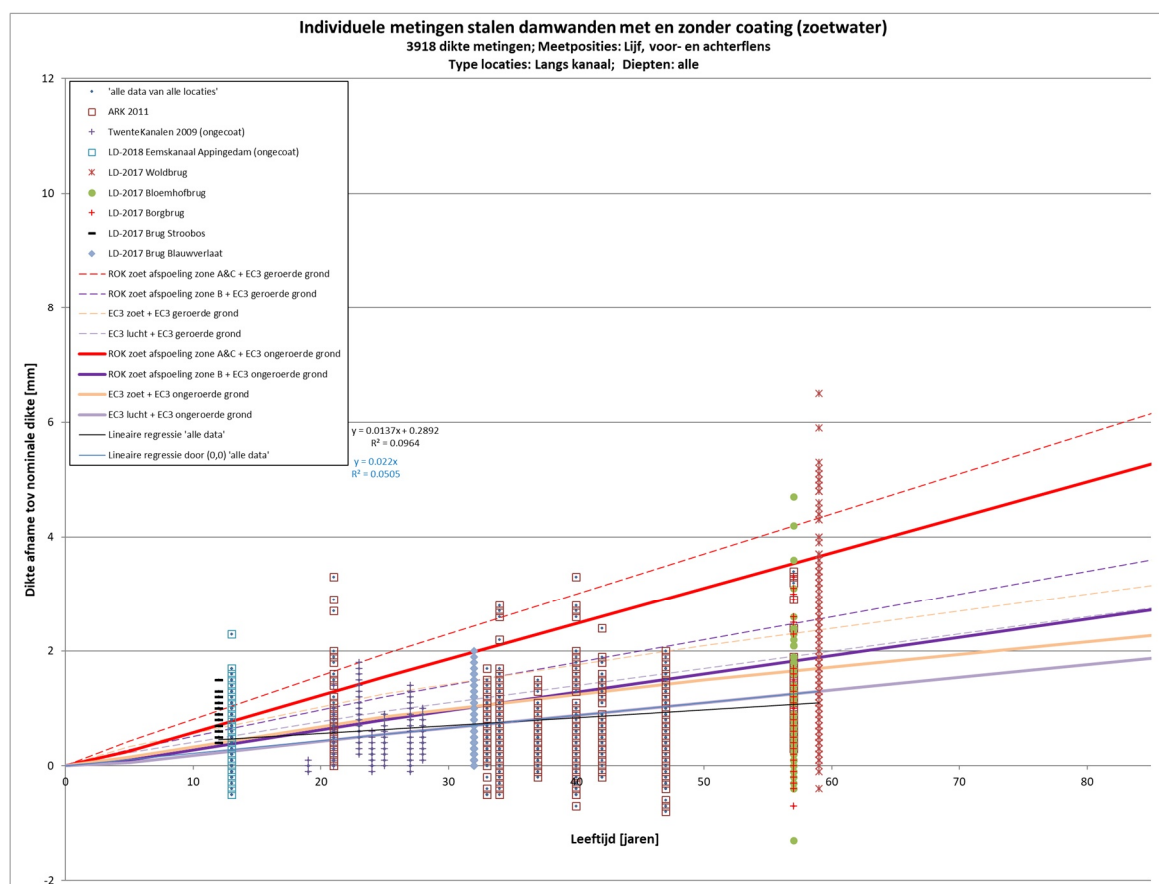
Om inzicht te verkrijgen in de vorm van de verdeling van de dikteafname, zijn in §3.5 de snelheid in dikteafname sinds de aanleg gepresenteerd. Daartoe zijn drie populaties samengesteld bestaande uit metingen aan damwanden met ongeveer eenzelfde leeftijd en locatie. De resultaten zijn in de vorm van histogrammen gepresenteerd.

Bandbreedte dikteafname

De dikteafname in Figuur 3.2 van individuele meetpunten laat een grote spreiding zien. Waarbij de waarden aan de bovenzijde zijn begrensd door de nominale initiële dikte van de damwand voor de situaties waarbij ter plaatse van het meetpunt een gat is waargenomen. Daarbij dient te worden aangetekend dat niet bekend is wanneer dit gat is ontstaan. De "leeftijd" geeft voor punten een bovengrens aan. Aan de onderzijde zijn de waarden niet begrensd: de dikteafname ter plaatse van een individueel meetpunt kan zelfs negatief worden. Opgemerkt wordt dat alleen in het geval de gemiddeld gemeten dikte groter dan, of gelijk, is aan de initiële nominale dikte, dan is een meetset als niet betrouwbaar genoeg beoordeeld en dus niet meegenomen.

3.2 Systematische verschillen locatie individuele metingen: locatie

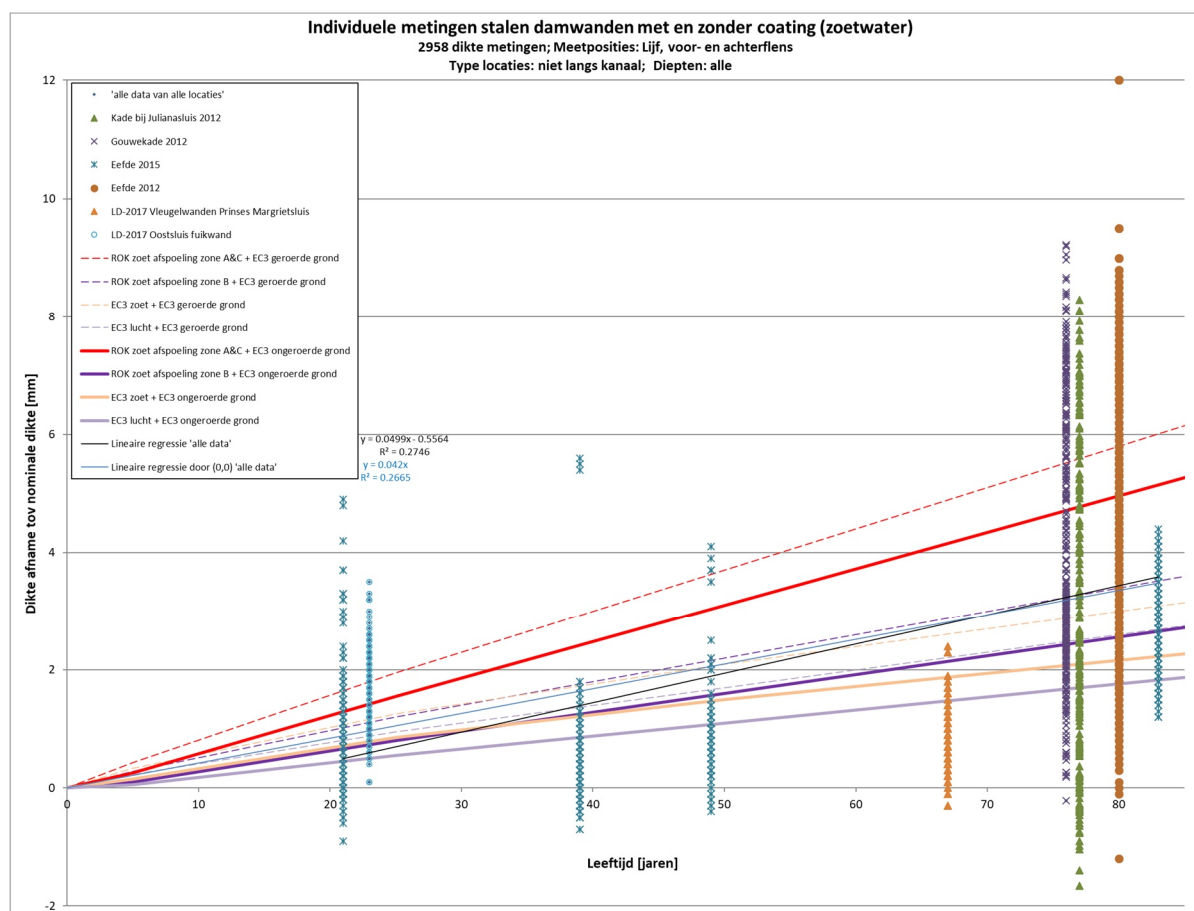
Om inzicht te krijgen in het effect van de locatie op de optredende corrosie is de totale dataset in twee groepen gesplitst. De eerste groep bestaat uit damwanden die langs een kanaal staan, Groep A (zie Figuur 3.3) en de tweede groep uit damwanden die niet langs een kanaal staan, Groep B (zie Figuur 3.4).



Figuur 3.3 Alle metingen van dikteafname van stalen damwanden die langs een kanaal staan (Groep A)

Als de beelden van Groep A (Figuur 3.3) en Groep B (Figuur 3.4), met elkaar vergeleken worden, dan lijkt de gemiddelde corrosieafname van de damwanden die niet langs een kanaal staan (Groep A), bijna het dubbele van de damwanden die wel langs een kanaal staan (Groep B).

Bij een numerieke vergelijking van de helling van de blauwe regressie lijnen die door de oorsprong gaan wordt een ratio gevonden van $0,042/0,022=1,91$. Voor Groep A (Figuur 3.3) valt de blauwe regressie lijn ongeveer samen met de lijn "EC lucht +EC ongeroerde grond". Verder valt op dat de blauwe regressie lijn die niet door de oorsprong gaat, bij de damwanden langs kanalen, Groep A (Figuur 3.3) relatief vlak verloopt en ruim boven de oorsprong de verticale-as snijdt. Voor Groep B, damwanden die niet langs een kanaal staan (Figuur 3.4), geldt het omgekeerde.

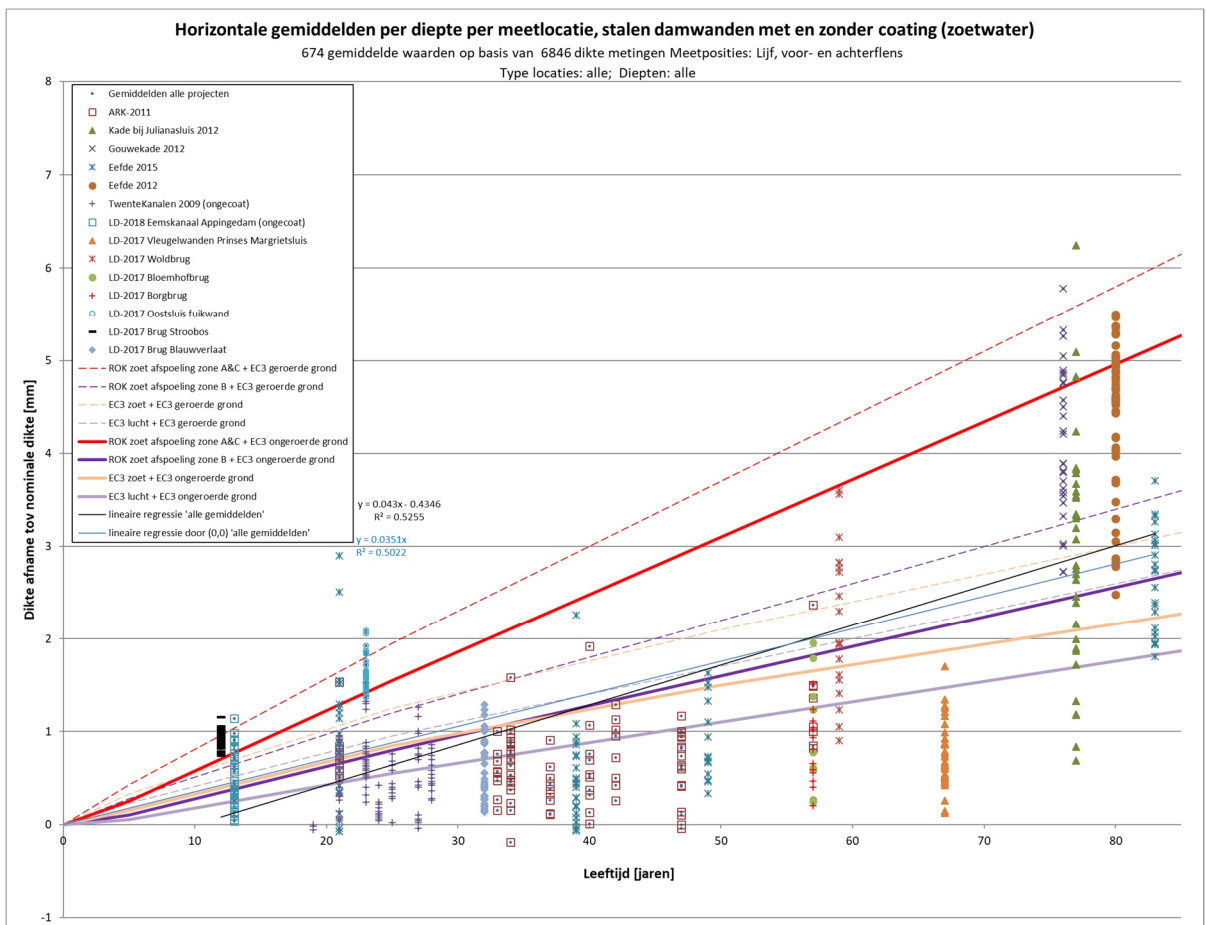


Figuur 3.4 Alle metingen van dikteafname van stalen damwanden die niet langs een kanaal staan (Groep B)

3.3 Systematische verschillen horizontale gemiddelden: locatie

Van alle 6876 weergegeven meetwaarden van de dikteafname uit Figuur 3.2, zijn de horizontale gemiddelden bepaald per meetdiepte per locatie. Het resultaat bestaat uit 674 uitkomsten en zijn in Figuur 3.5 weergegeven. In de meetset blijken er gemiddeld per locatie 10 metingen per diepte te zijn uitgevoerd. Door de horizontale middeling is de spreiding ten opzichte van de spreiding van de oorspronkelijke dataset (Figuur 3.2) sterk afgenomen. De grootste waarde van het horizontale gemiddelde bedraagt nu 6,2 mm, terwijl die bij de individuele meetpunten 12 mm bedraagt. Het aantal uitkomsten beneden de -nul- is ook sterk afgenomen: er komen nu nog maar een paar negatieve waarden voor, met -0,19 mm als laagste waarde. Vanwege de sterk verminderde spreiding is de schaal van de verticale-as aangepast.

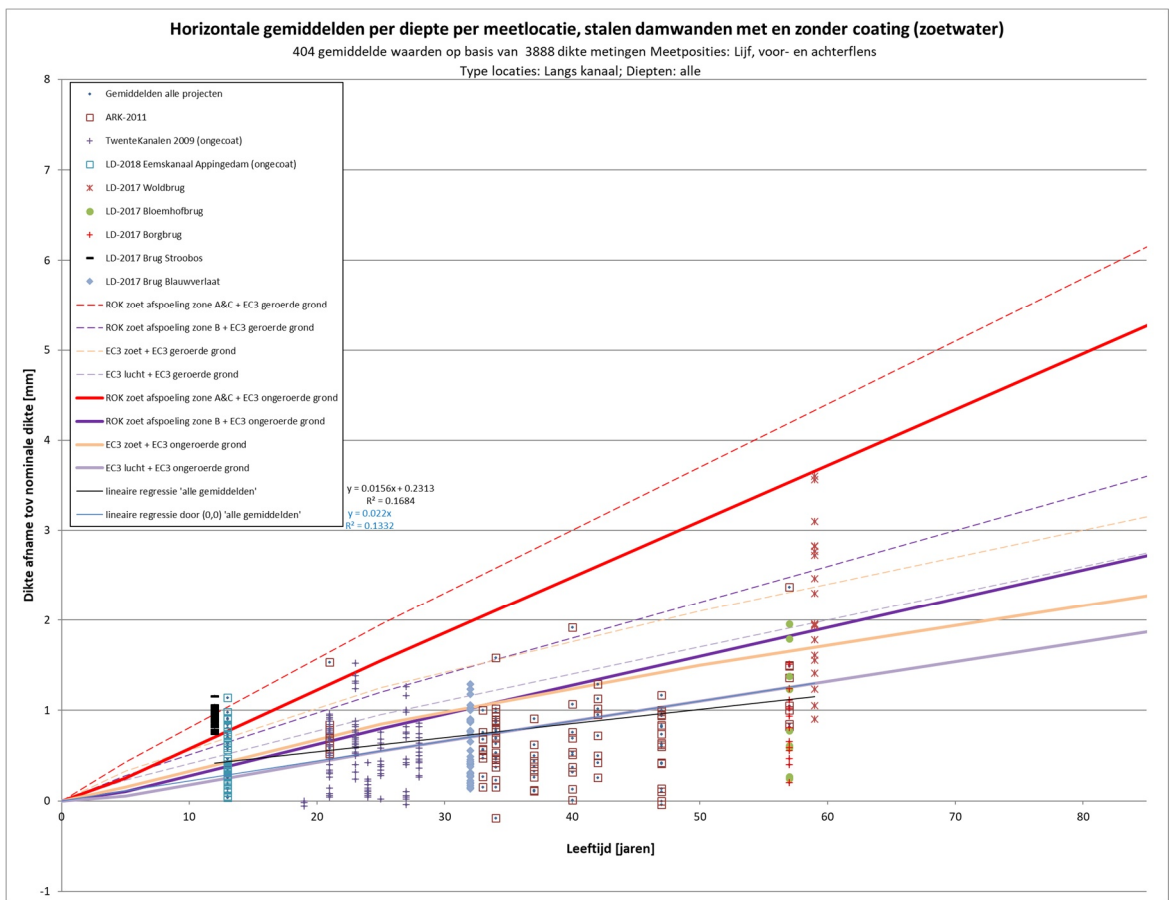
Wat verder in Figuur 3.5 opvalt is dat nagenoeg alle waarden onder de bovenste lijn (ROK zone A en C voor afspoeling + geroerde grond) vallen.



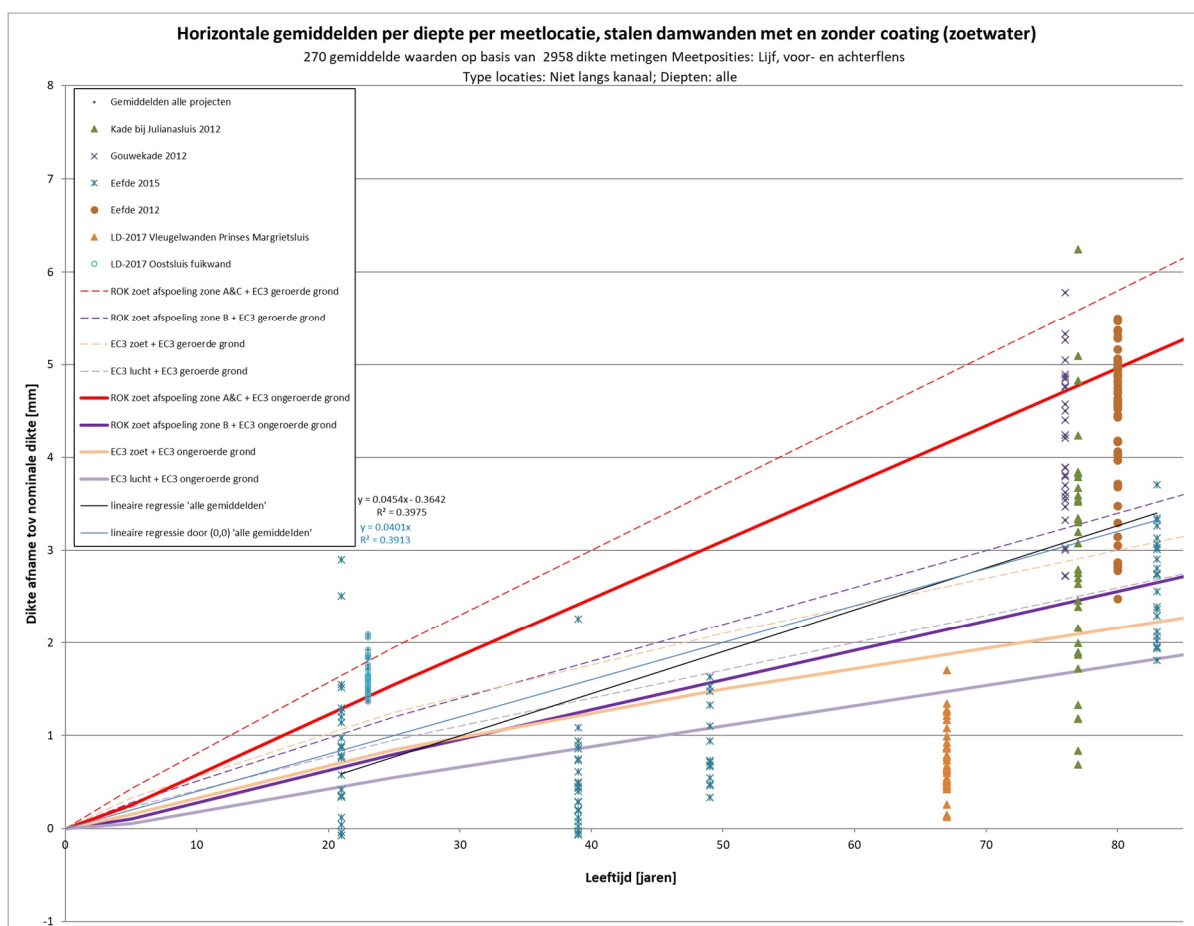
Figuur 3.5 De horizontale gemiddelden van de dikteafname van stalen damwanden

Vervolgens is de totale dataset met gemiddelden in tweeën gesplitst. Wederom zijn een Groep A, met damwanden langs een kanaal (Figuur 3.6) en een Groep B, bestaande uit damwanden die niet langs een kanaal staan (Figuur 3.7).

De gemiddelde corrosiesnelheid sinds de aanleg is voor de damwanden die niet langs een kanaal staan (Groep A) circa 80% hoger dan voor de damwanden die wel langs een kanaal staan (Groep B). Bij een numerieke vergelijking van de helling van de regressie lijnen die door de oorsprong gaan wordt een ratio gevonden van $0,0401/0,022=1,82$. Dat deze ratio iets lager is dan de waarde 1,91 die bij de individuele metingen is gevonden, is het gevolg van het feit dat het aantal meetpunten per meetdiepte verschilt per meetset. Bij de metingen van de oudste damwanden van circa 80 jaar die niet langs een kanaal stonden (Groep B), ligt het aantal boven het gemiddelde van 10 meetpunten per horizontaal gemiddelde. Bij deze circa 80 jaar oude damwanden is relatief gezien de corrosie groter, met als gevolg dat hun relatieve bijdrage afneemt wanneer met een horizontale gemiddelde wordt gewerkt. Verder blijkt dat de regressie lijn die niet door de oorsprong wordt gedwongen voor de damwanden langs kanalen (Groep A) vlak verloopt en 0,23 mm boven de oorsprong de verticale-as snijdt en dat het omgekeerde optreedt bij damwanden die niet langs een kanaal (Groep B) staan.



Figuur 3.6 De horizontale gemiddelden van Groep A, dikteafname van stalen damwanden langs een kanaal staan.



Figuur 3.7 De horizontale gemiddelden van Groep B, dikteafname van stalen damwanden die niet langs een kanaal staan.

3.4 Systematische verschillen horizontale gemiddelden: locatie + diepte + coating

In deze paragraaf wordt voor de horizontaal gemiddelde dikteafname onderzocht of er systematische verschillen bestaan op basis van combinaties van locatie + diepte + wel/geen coating. In §3.4.1 wordt ingegaan op de damwanden die langs een kanaal staan (Groep A) en in §3.4.2 op de damwanden die elders staan (Groep B). Voor de diverse combinaties wordt per referentielijn gebaseerd op de [NEN-EN1993-5] en ROK1.4-afspoelcondities, het overschrijdingspercentage bepaald voor gecoate en niet-gecoate damwanden. De referentielijnen zijn voor ongecoate damwanden bedoeld en daarom worden in de tabellen de overschrijdingspercentages voor gecoate damwanden in gekleurde cellen weergegeven. Verder zijn de overschrijdingspercentages van de referentielijnen welke geen relatie met de betreffende zone hebben, in grijs weergegeven

3.4.1 Langs kanaal (Groep A)

In deze paragraaf worden de horizontale gemiddelden onderzocht in vier corrosiezones:

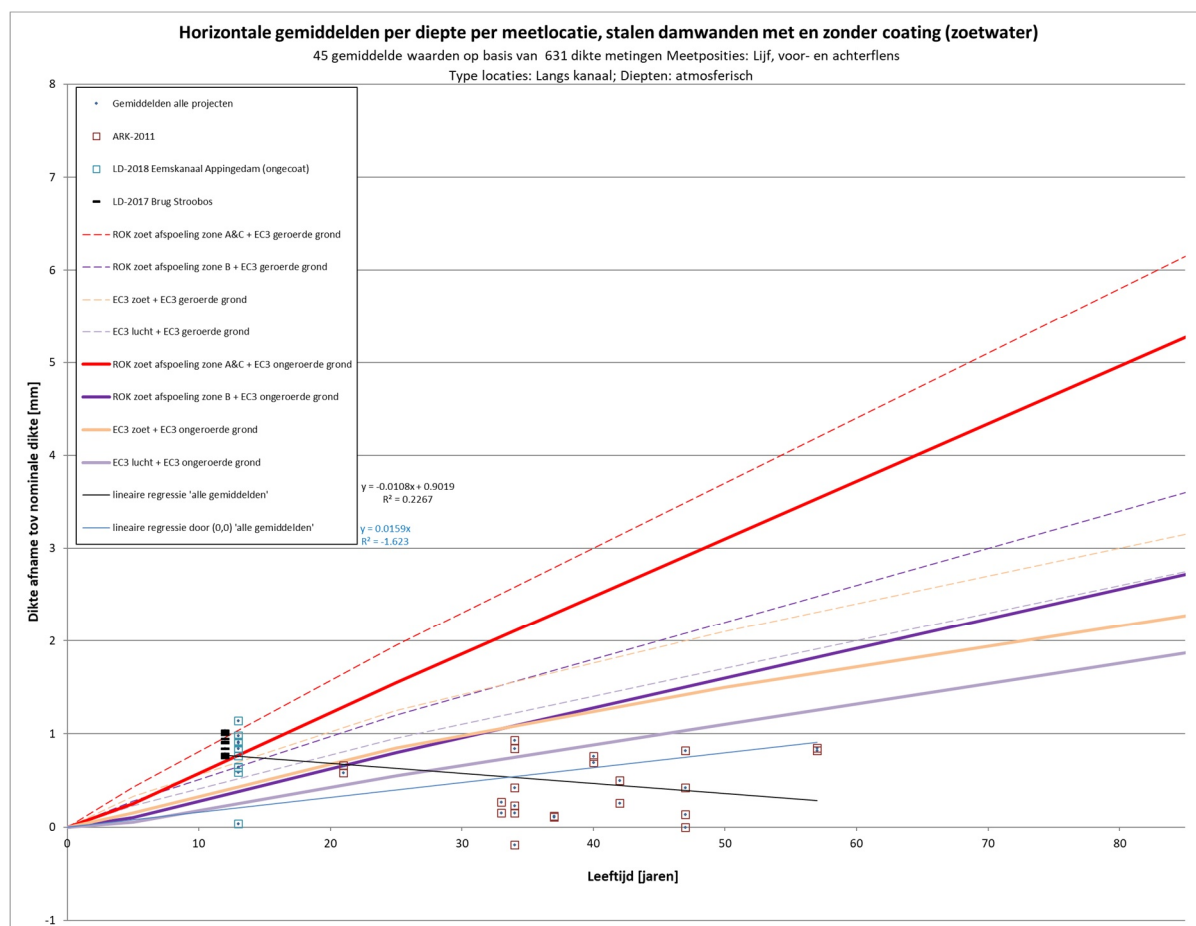
- Atmosferische zone (boven kanaalpeil +0,4m of zo in de rapportages gelabeld)
- Spatwaterzone (tussen atmosferische en onderwaterzone of zo in rapportage gelabeld)
- Onderwaterzone (tussen kanaalpeil en bodemzone of zo in rapportage gelabeld)
- Bodemzone (tot 0,3 m boven bodemniveau of zo in rapportage gelabeld)

Gekeken wordt of systematische verschillen zijn waar te nemen tussen de verschillende zones. Voor iedere zone wordt afzonderlijk ook gekeken naar de invloed van de aanwezigheid van een coating. Hierbij wordt een uitsplitsing gemaakt tussen gecoat en niet-gecoat. Bij niet-gecoat worden ook de damwanden die waarschijnlijk geen coating hadden, meegenomen, dat zijn de damwanden waar in de rapportage niet expliciet de afwezigheid van coating stond vermeld en ook geen reden is om aan te nemen dat ze wel van coating waren voorzien.

3.4.1.1 Atmosferische zone

Atmosferische zone met en zonder coating

In Figuur 3.8 zijn de horizontale gemiddelde dikteafnamen van stalen damwanden langs een kanaal weergegeven (Groep A) en waarvan de meetlocaties liggen in de atmosferische zone. Het aantal uitkomsten betreft slechts 45 waarden. Het beeld in Figuur 3.8 laat geen systematische toename van de dikteafname in de tijd zien.

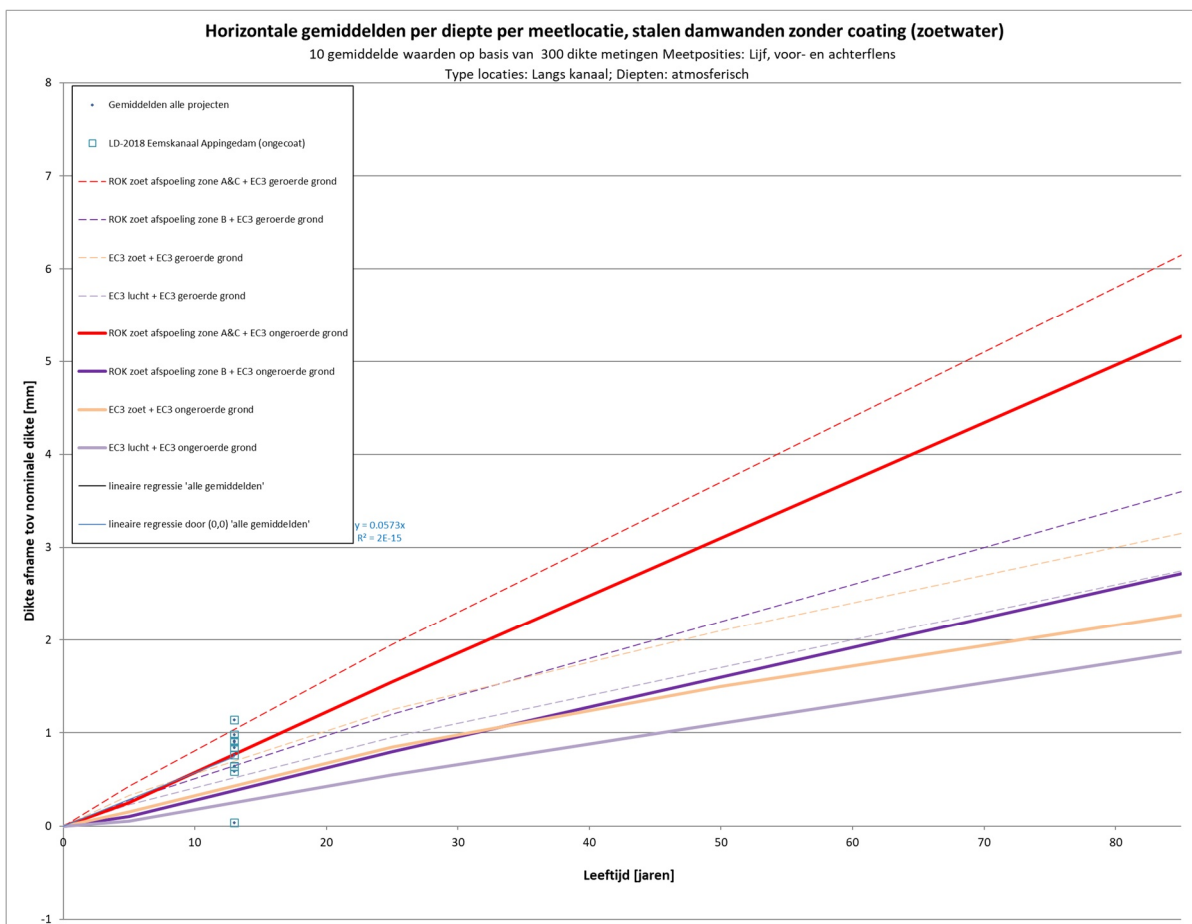


Figuur 3.8 De horizontale gemiddelden van de dikteafname van stalen damwanden langs een kanaal (Groep A) en meetlocaties die liggen in de atmosferische zone.

Atmosferische zone zonder coating

In Figuur 3.9 staan de horizontale gemiddelde dikteafnamen van stalen damwanden langs een kanaal (Groep A) zonder coating en voor meetlocaties die liggen in de atmosferische zone, weergegeven, het betreft slechts 10 uitkomsten. Alle waarnemingen zijn bij eenzelfde leeftijd verricht en daarom kan uit het beeld (Figuur 3.9) geen uitspraak worden gedaan over een

systematische verandering van de dikteafname. Opgemerkt wordt dat, het onderste punt met bijna geen dikteafname is gelegen onder een steiger. Wat opvalt is dat de overige punten allemaal boven de lijn voor aan lucht blootgesteld met geroerde grond [NEN-EN1993-5] liggen, zie ook de overschrijdingspercentages in Tabel 3.1.



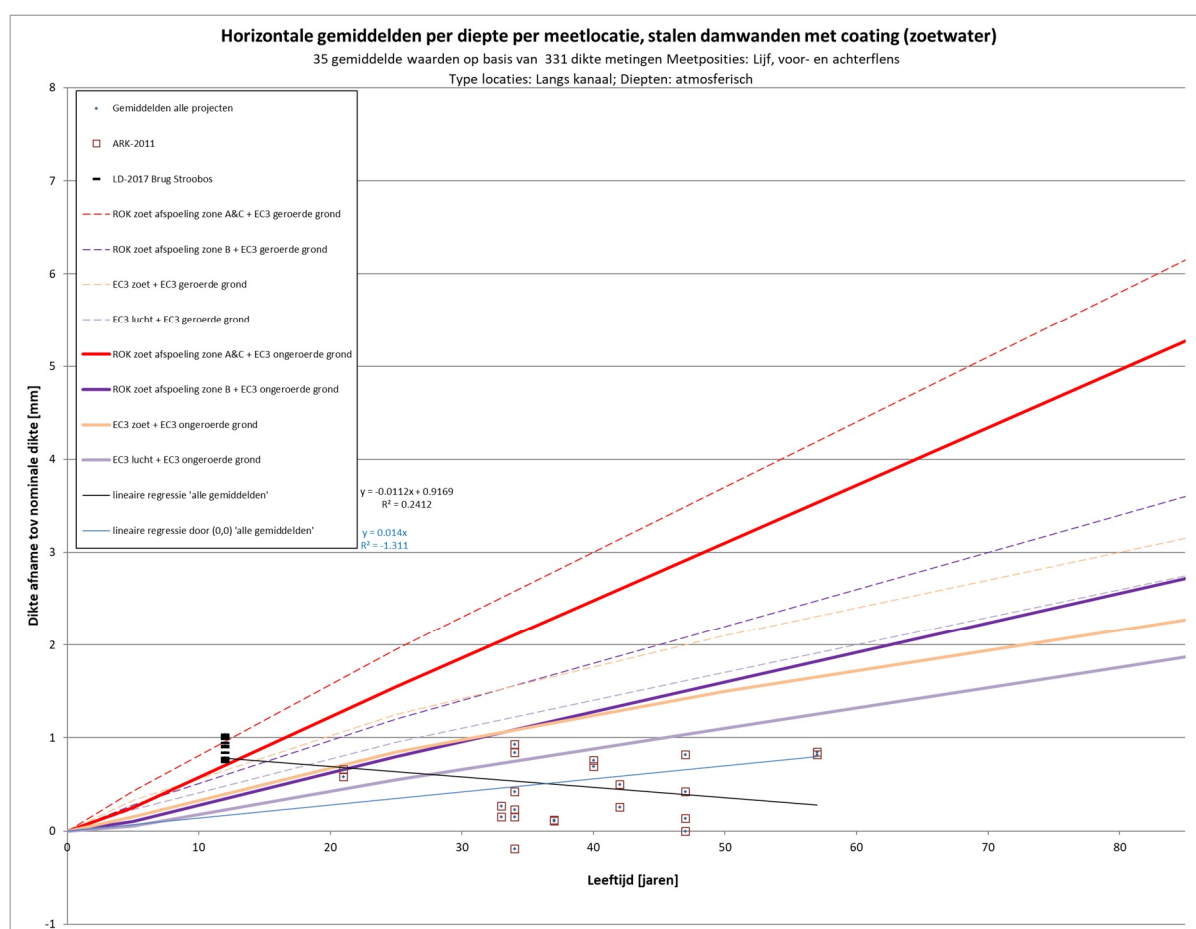
Figuur 3.9 De horizontale gemiddelden van de dikteafname van stalen damwanden langs een kanaal (Groep A), en die geen coating hebben en voor meetlocaties die liggen in de atmosferische zone.

	EC3 lucht		EC3 zoetwater		ROK afspoeling zone B		ROK afspoeling zone A&C	
	EC3 ongeroerd	EC3 geroerd	EC3 ongeroerd	EC3 geroerd	EC3 ongeroerd	EC3 geroerd	EC3 ongeroerd	EC3 geroerd
Overschrijding percentage	90	90	90	60	90	60	50	10

Tabel 3.1 Overschrijdingspercentage van de waargenomen horizontale gemiddelden van de dikteafname van stalen damwanden langs een kanaal (Groep A), die geen coating hebben en voor meetlocaties die liggen in de atmosferische zone, ten opzichte van referentielijnen

Atmosferische zone met coating

In Figuur 3.10 zijn de horizontale gemiddelden dikteafname van stalen damwanden langs een kanaal (Groep A), die voorzien zijn van een coatingen voor meetlocaties die liggen in de atmosferische zone, weergegeven, het betreft slechts 35 waarden. Het beeld in Figuur 3.10 laat geen systematische verandering van de dikteafname in de tijd zien, ook niet als alleen naar de waarden voor de damwanden langs het Amsterdam-Rijnkanaal wordt gekeken. Wat opvalt bij een vergelijking van Figuur 3.10 met Figuur 3.9 is dat de gemiddelde dikteafname van de gecoate damwand langs een kanaal bij de Brug Stroobos nog iets hoger is als die in Figuur 3.9 van de ongecoate 1 jaar oudere damwand langs het Eemskanaal bij Appingedam. De overschrijdingspercentages in Tabel 3.2 worden voor het grootste deel namelijk bepaald door de diktemetingen bij de brug Stroobos.

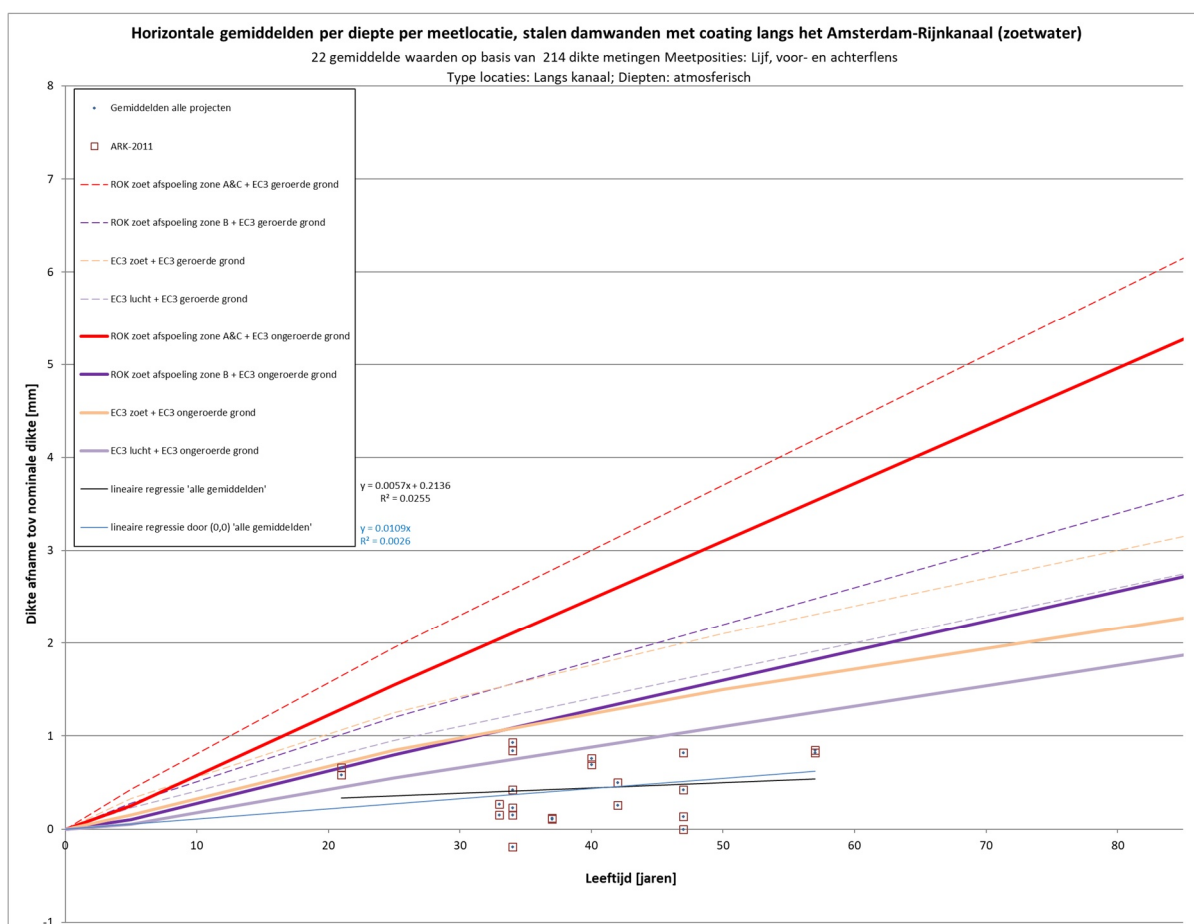


Figuur 3.10 De horizontale gemiddelden van de dikteafname van stalen damwanden langs een kanaal (Groep A), die voorzien zijn van een coating en voor meetlocaties die liggen in de atmosferische zone.

	EC3 lucht		EC3 zoetwater		ROK afspoeling zone B		ROK afspoeling zone A&C	
	EC3 ongeroerd	EC3 geroerd	EC3 ongeroerd	EC3 geroerd	EC3 ongeroerd	EC3 geroerd	EC3 ongeroerd	EC3 geroerd
Overschrijding percentage	49	37	37	37	37	37	37	9

Tabel 3.2 Overschrijdingspercentage van de waargenomen horizontale gemiddelden van de dikteafname van stalen damwanden langs een kanaal (Groep A), die voorzien zijn van een coating, en voor meetlocaties die liggen in de atmosferische zone, ten opzichte van referentielijnen

Wanneer de waarnemingen bij de brug Stroobos buiten beschouwing worden gelaten, laat het beeld in Figuur 3.11 voor de atmosferische zone van de damwanden voorzien van een coating die allen langs het Amsterdam-Rijnkanaal liggen een minieme systematische toename van de dikteafname in de tijd zien. De overschrijdingspercentages in Tabel 3.4 voor de damwanden langs Amsterdam-Rijnkanaal liggen fors lager dan die in Tabel 3.2.



Figuur 3.11 De horizontale gemiddelden van de dikteafname van stalen damwanden langs het Amsterdam-Rijnkanaal (uit Groep A), die voorzien zijn van een coating en waarvan de meetlocaties liggen in de atmosferische zone.

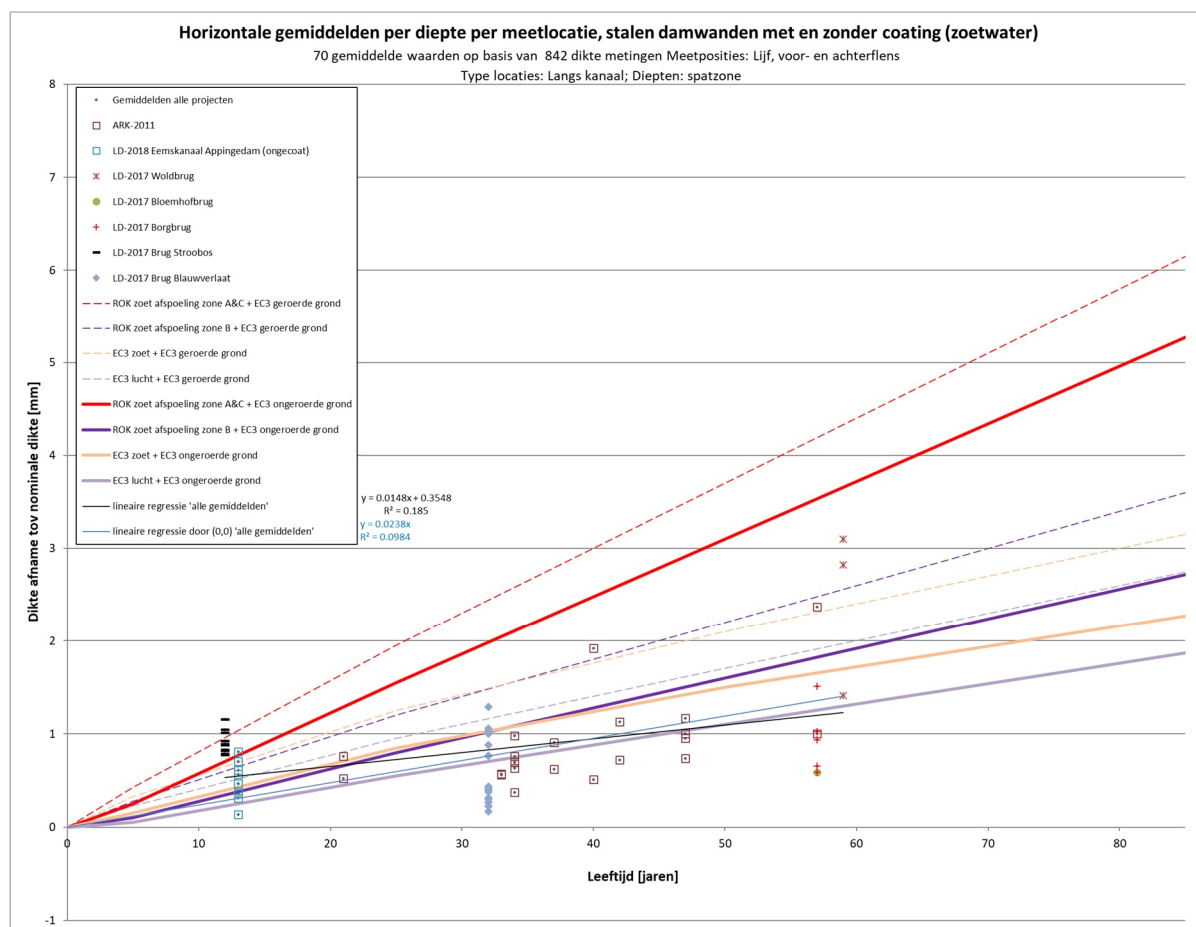
	EC3 lucht		EC3 zoetwater		ROK afspoeling zone B		ROK afspoeling zone A&C	
	EC3 ongeroerd	EC3 geroerd	EC3 ongeroerd	EC3 geroerd	EC3 ongeroerd	EC3 geroerd	EC3 ongeroerd	EC3 geroerd
Overschrijding percentage	18	0	0	0	0	0	0	0

Tabel 3.3 Overschrijdingspercentage van de waargenomen horizontale gemiddelden van de dikteafname van stalen damwanden langs het Amsterdam-Rijnkanaal (uit Groep A), die voorzien zijn van een coating en voor meetlocaties die liggen in de atmosferische zone, ten opzichte van referentielijnen.

3.4.1.2 Spatzone

Spatzone met en zonder coating

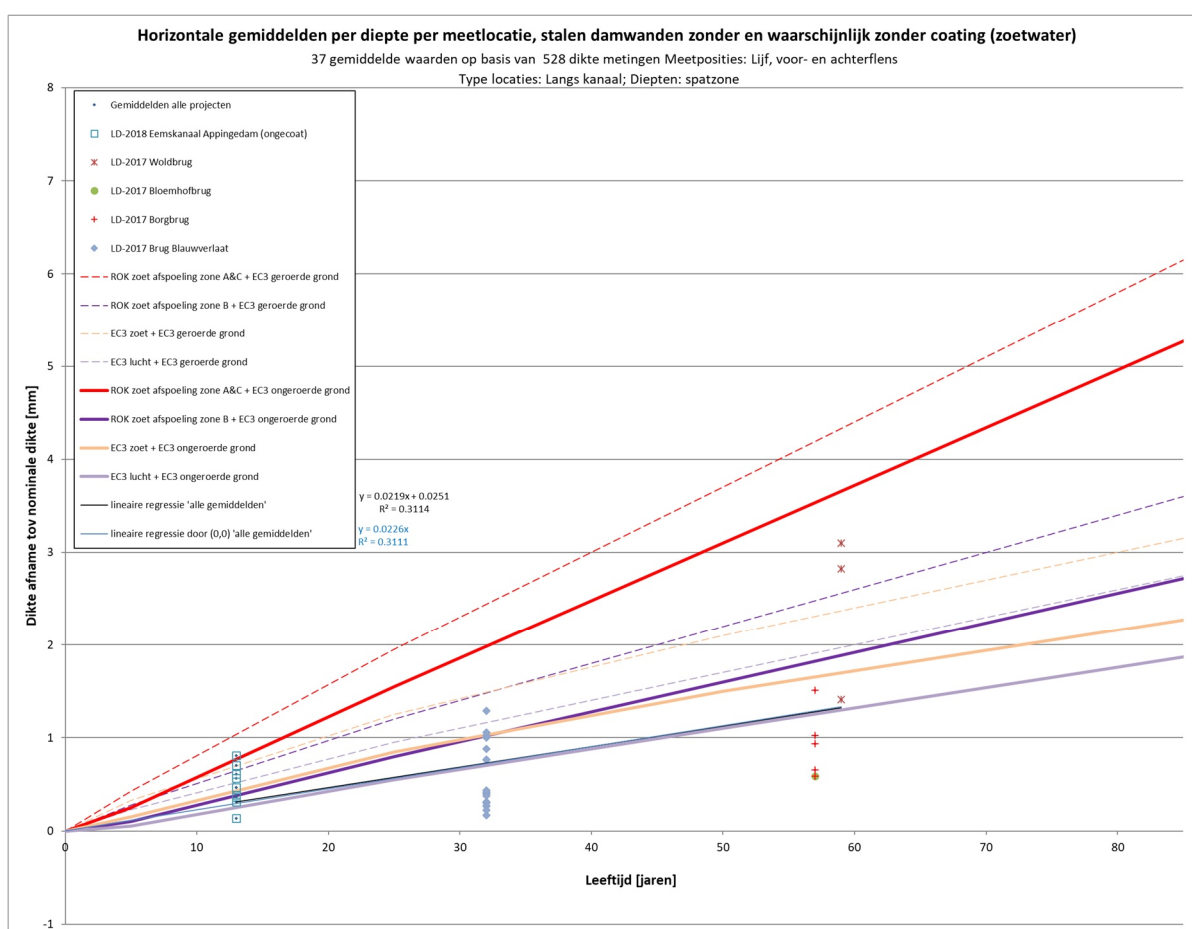
In Figuur 3.12 zijn de horizontale gemiddelde dikteafnamen van stalen damwanden langs een kanaal (Groep A) en voor meetlocaties die liggen in de spatzone, weergegeven, het betreft 70 waarden. Anders dan voor het beeld van de atmosferische zone laat het beeld in Figuur 3.12 voor de spatzone wel een systematische toename van de dikteafname in de tijd zien.



Figuur 3.12 De horizontale gemiddelden van de dikteafname van stalen damwanden langs een kanaal (Groep A) voor meetlocaties die liggen in de spatzone.

Spatzone zonder en waarschijnlijk zonder coating

In Figuur 3.13 staan de horizontale gemiddelde dikteafnamen van stalen damwanden langs een kanaal (Groep A), die niet gecoat zijn en waar de meetlocaties liggen in de spatzone, weergegeven. Het betreft 37 waarden. Het beeld in Figuur 3.13 laat een systematische toename van de dikteafname in de tijd zien. Wat opvalt is dat de regressie lijnen voor de spatzone op de lijn ligt voor aan lucht blootgesteld en voor geroerde grond [NEN-EN1993-5]. Wat verder opvalt is dat de waarden, voor de damwand langs het Eemskanaal, voor de spatzone gemiddeld 35% lager zijn dan op die locatie zijn gemeten in de atmosferische zone. Op basis van de literatuur is namelijk de verwachting dat de dikteafname in de spatzone hoger ligt dan in de atmosferische zone. De overschrijdingspercentages in Tabel 3.4 voor de 4 referentielijnen voor lucht en zoetwater [NEN-EN1993-5] liggen gemiddeld op circa 25%.



Figuur 3.13 Alle horizontale gemiddelden van dikteafname van stalen damwanden langs een kanaal (Groep A), die (waarschijnlijk) niet gecoat zijn en voor meetlocaties die liggen in de spatzone.

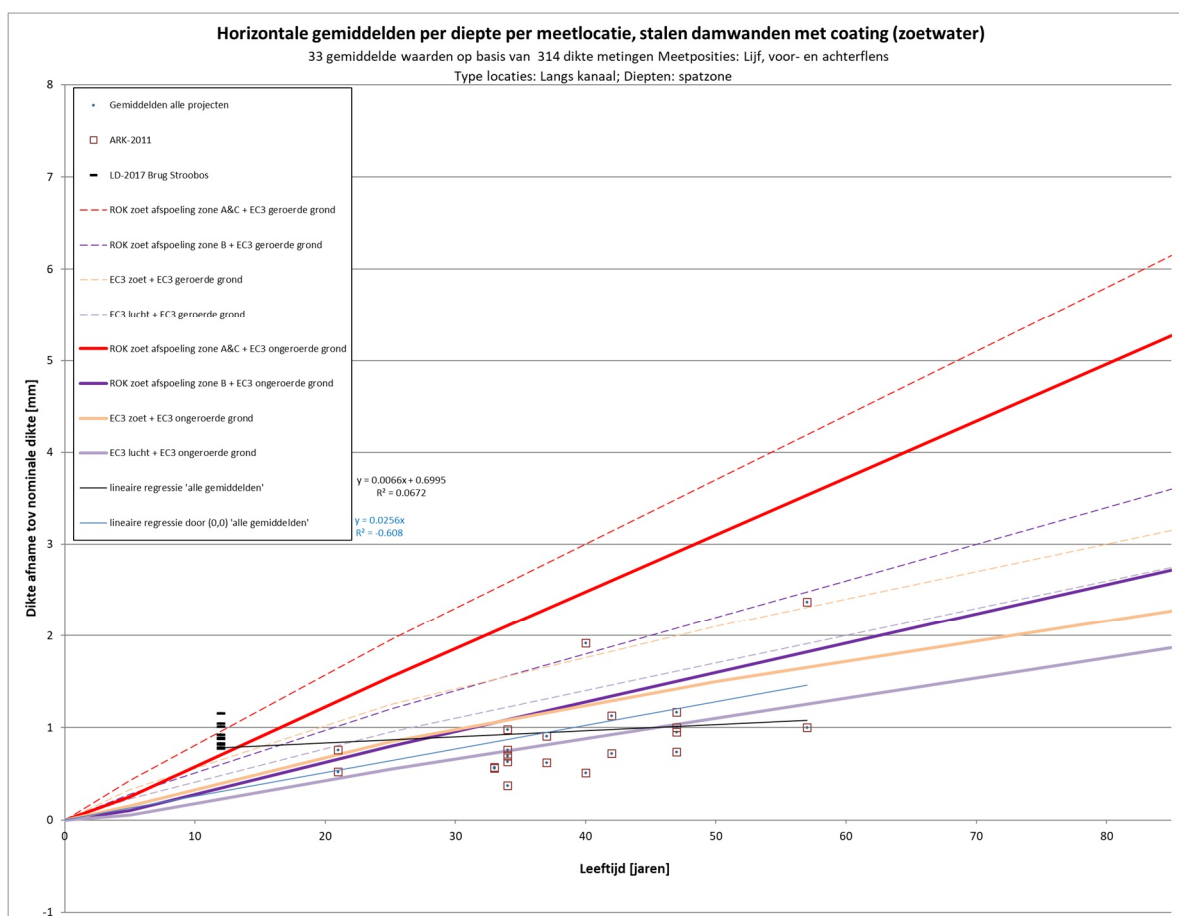
	EC3 lucht		EC3 zoetwater		ROK afspoeling zone B		ROK afspoeling zone A&C	
	EC3 ongeroerd	EC3 geroerd	EC3 ongeroerd	EC3 geroerd	EC3 ongeroerd	EC3 geroerd	EC3 ongeroerd	EC3 geroerd
Overschrijding percentage	54	19	27	11	27	11	3	0

Tabel 3.4 Overschrijdingspercentage van de waargenomen horizontale gemiddelden van de dikteafname van stalen damwanden langs een kanaal (Groep A), die (waarschijnlijk) niet gecoat zijn en voor meetlocaties die liggen in de spatzoneten opzichte van referentielijnen.

Spatzone met coating

In Figuur 3.14 is de horizontaal gemiddelde dikteafname van stalen damwanden langs een kanaal (Groep A), die voorzien zijn van een coating en voor meetlocaties die liggen in de spatzone, weergegeven. Het betreft slechts 33 waarden. Het beeld (Figuur 3.14) laat geen systematische toename van de corrosie in de tijd zien. Wat verder opvalt is dat de gemiddelde dikteafname voor de gecoate damwand langs het Kanaal bij de Brug Stroobos ook in de spatzone ongeveer gelijk is aan de waarden in de atmosferische zone. De waarden in de spatzone van de gecoate damwand langs het Kanaal bij de Brug Stroobos zijn allemaal hoger dan die van de ongecoate 1 jaar oudere damwand langs het Eemskanaal bij Appingedam. In [Nebest 2017] staat dat de conservering (coating) van de damwand bij Stroobos begint los te laten en dat op de 10 % van het oppervlak waar deze niet meer aanwezig is, de damwand uniforme corrosie vertoont. De overschrijdingspercentages voor de 4 referentie lijnen voor lucht en zoetwater [NEN-EN1993-5] in Tabel 3.5 liggen gemiddeld op circa 45%. De hoge overschrijdingspercentages in Tabel 3.5 worden voor een groot deel bepaald door de diktemetingen bij de brug Stroobos.

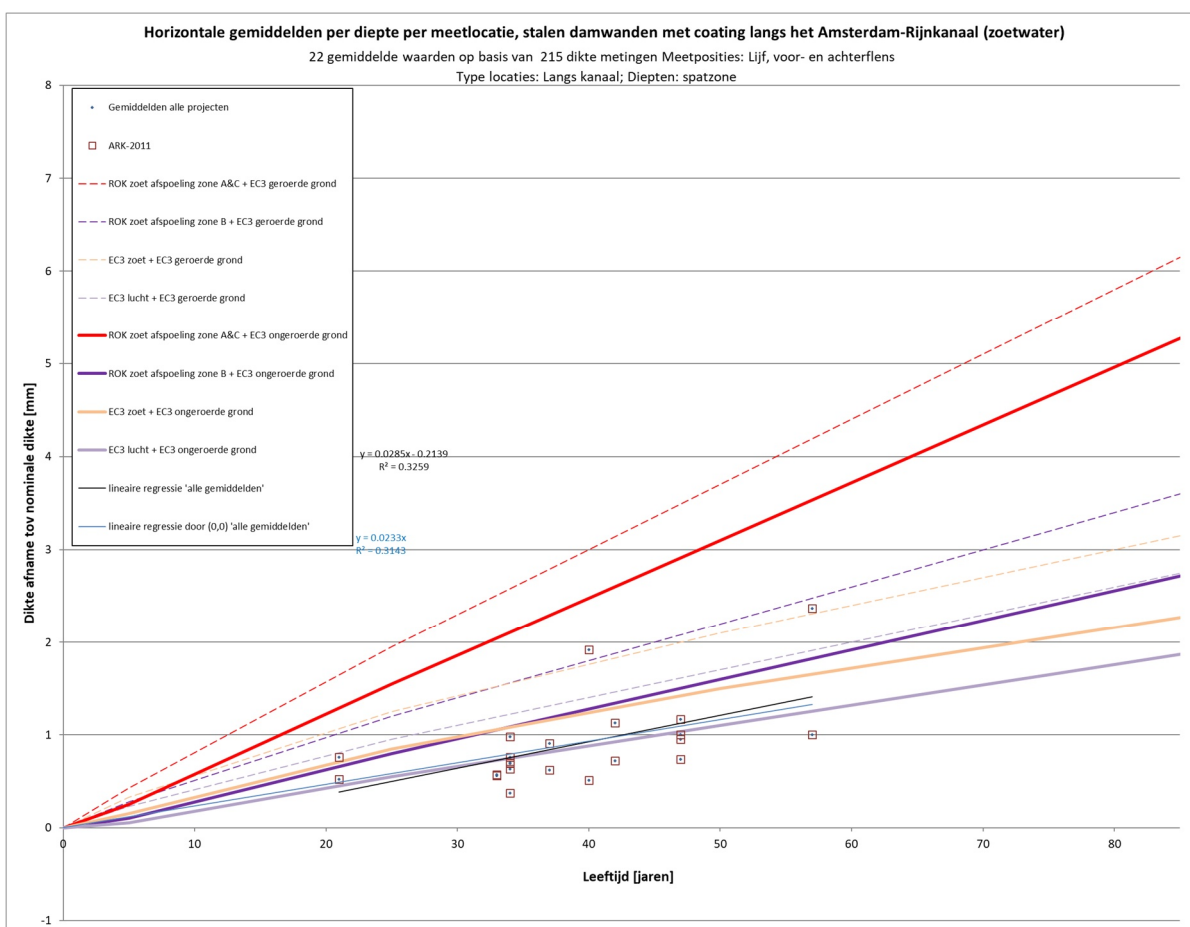
Wanneer de waarnemingen bij de brug Stroobos buiten beschouwing worden gelaten, laat het beeld voor de spatzone van de damwanden met coating langs een kanaal een systematische toename van de dikteafname in de tijd zien (Figuur 3.15). Deze toename komt ongeveer overeen met die van de damwanden zonder en waarschijnlijk zonder coating in Figuur 3.13. De overschrijdingspercentages voor de 4 referentielijnen voor lucht en zoetwater [NEN-EN1993-5] in Tabel 3.6 liggen gemiddeld op circa 20%.



Figuur 3.14 De horizontale gemiddelden van dikteafname van stalen damwanden langs een kanaal (Groep A), die voorzien zijn van een coating en voor meetlocaties die liggen in de spatzone.

	EC3 lucht		EC3 zoetwater		ROK afspoeling zone B		ROK afspoeling zone A&C	
	EC3 ongeroerd	EC3 geroerd	EC3 ongeroerd	EC3 geroerd	EC3 ongeroerd	EC3 geroerd	EC3 ongeroerd	EC3 geroerd
Overschrijding percentage	61	39	42	39	42	36	33	9

Tabel 3.5 Overschrijdingspercentage van de waargenomen horizontale gemiddelden van dikteafname van stalen damwanden langs een kanaal (Groep A), die voorzien zijn van een coating en voor meetlocaties die liggen in de spatzone, ten opzichte van referentielijnen



Figuur 3.15 De horizontale gemiddelden van de dikteafname van stalen damwanden langs het Amsterdam-Rijnkanaal (Groep A), die voorzien zijn van een coating en voor meetlocaties die liggen in de spatzone.

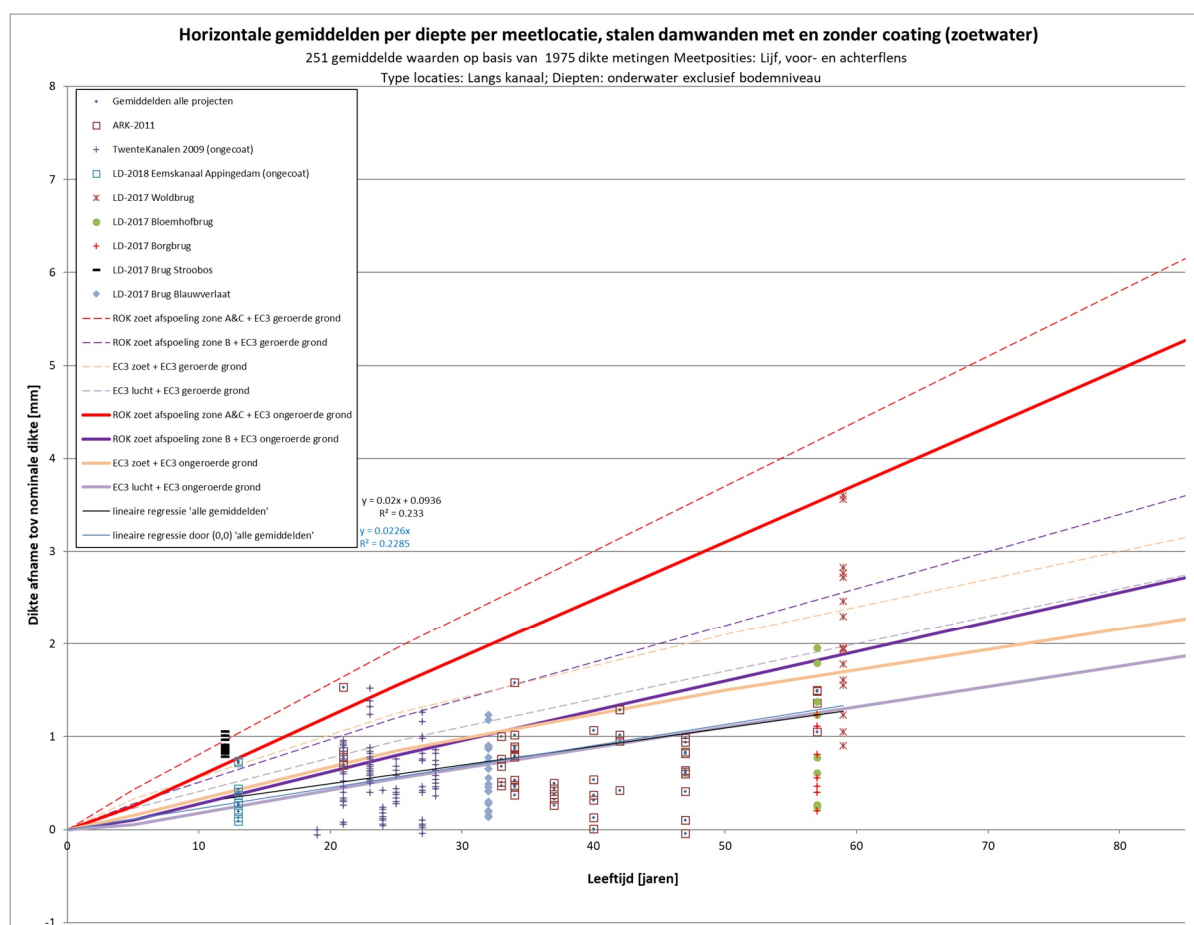
	EC3 lucht		EC3 zoetwater		ROK afspoeling zone B		ROK afspoeling zone A&C	
	EC3 ongeroerd	EC3 geroerd	EC3 ongeroerd	EC3 geroerd	EC3 ongeroerd	EC3 geroerd	EC3 ongeroerd	EC3 geroerd
Overschrijding percentage	41	9	14	9	14	5	0	0

Tabel 3.6 Overschrijdingspercentage van de waargenomen horizontale gemiddelden van dikteafname van stalen damwanden langs het Amsterdam-Rijnkanaal (Groep A) en voorzien van een coating en voor meetlocaties die liggen in de spatzone, ten opzichte van referentielijnen

3.4.1.3 Onderwaterzone (exclusief bodemniveau)

Onderwaterzone met en zonder coating

In Figuur 3.16 zijn de horizontale gemiddelde dikteafnames van stalen damwanden langs een kanaal (Groep A) en voor meetlocaties die liggen in de onderwaterzone, weergegeven. Het betreft 251 waarden. Het beeld voor de onderwaterzone (Figuur 3.16) laat een systematische toename van de dikteafname in de tijd zien.

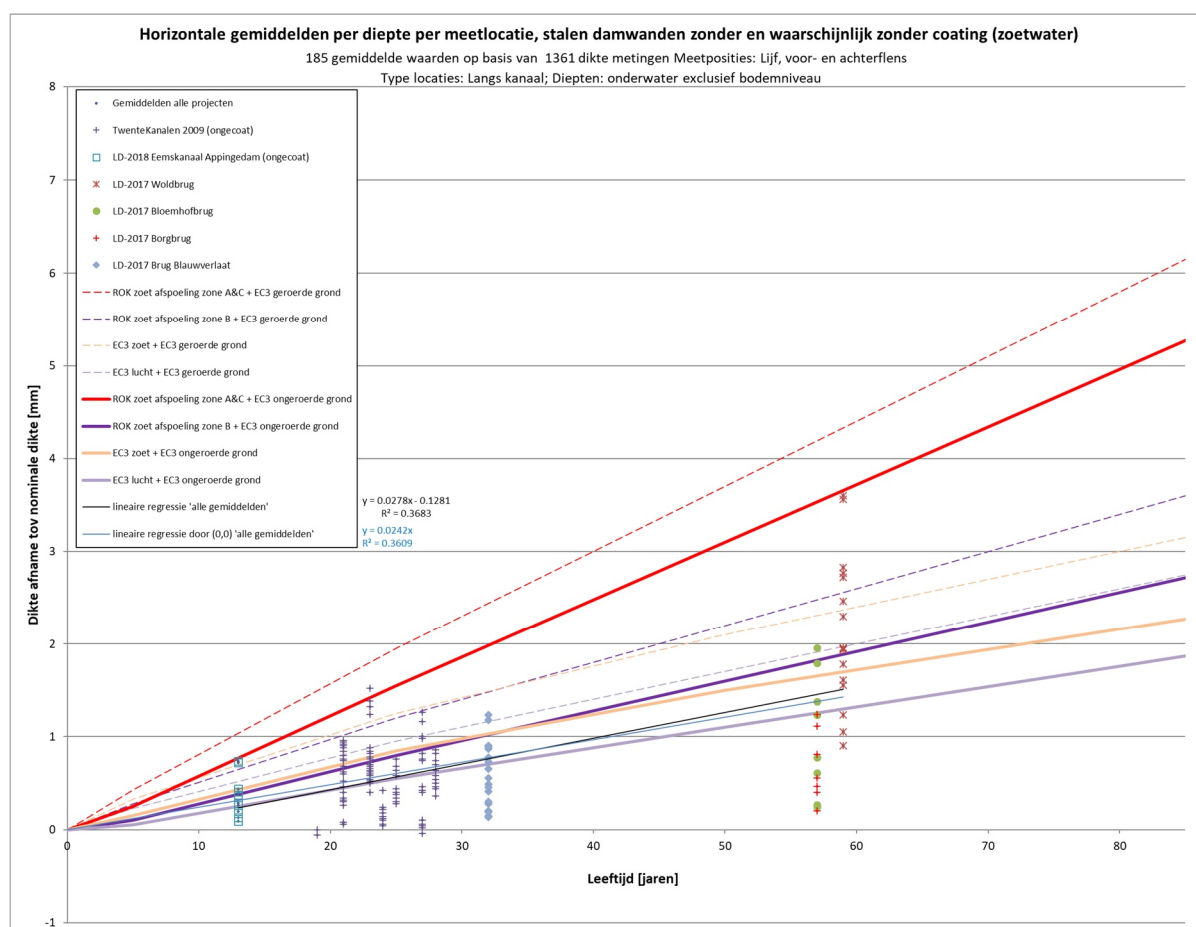


Figuur 3.16 De horizontale gemiddelden van de dikteafname van stalen damwanden langs een kanaal (Groep A) en waarvan de meetlocaties liggen in de onderwaterzone (exclusief locaties nabij het niveau van de waterbodem).

Onderwaterzone zonder en waarschijnlijk zonder coating

In Figuur 3.17 staan de horizontale gemiddelde dikteafnamen van stalen damwanden langs een kanaal (Groep A), die (waarschijnlijk) niet gecoat zijn en voor meetlocaties die liggen in de onderwaterzone weergegeven. Het betreft 185 waarden.

Het beeld voor de onderwaterzone (Figuur 3.17) laat een systematische toename van de dikteafname in de tijd zien. Verder laat het beeld in Figuur 3.17 voor de onderwaterzone een grote spreiding zien. De overschrijdingspercentages voor de 2 referentielijnen voor zoetwater [NEN-EN1993-5] in Tabel 3.7 liggen gemiddeld op circa 15%.



Figuur 3.17 De horizontale gemiddelden van de dikteafname van stalen damwanden langs een kanaal (Groep A), die (waarschijnlijk) niet gecoat zijn en meetlocaties die liggen in de onderwaterzone (exclusief de locaties nabij het niveau van de waterbodem).

	EC3 lucht		EC3 zoetwater		ROK afspoeling zone B		ROK afspoeling zone A&C	
	EC3 ongeroerd	EC3 geroerd	EC3 ongeroerd	EC3 geroerd	EC3 ongeroerd	EC3 geroerd	EC3 ongeroerd	EC3 geroerd
Overschrijding percentage	52	16	23	7	25	6	1	0

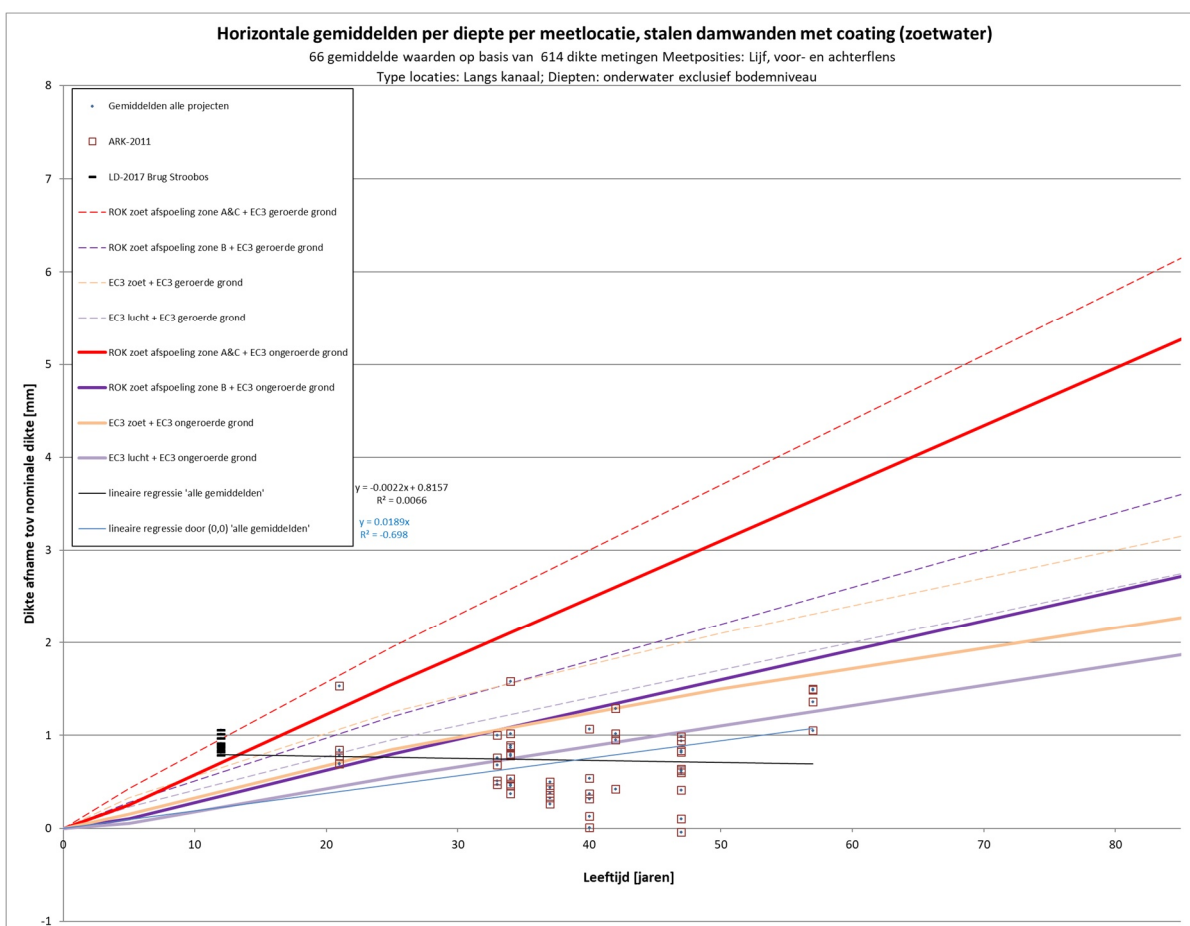
Tabel 3.7 Overschrijdingspercentage van de horizontale gemiddelden van de dikteafname van stalen damwanden langs een kanaal (Groep A) en (waarschijnlijk) zonder coating en meetlocaties die liggen in de onderwaterzone (exclusief nabij het niveau van de waterbodem) ten opzichte van referentielijnen.

Onderwaterzone met coating

In Figuur 3.18 staan de horizontale gemiddelde dikteafnamen van stalen damwanden langs een kanaal (Groep A) die voorzien zijn van een coating en voor meetlocaties die liggen in de onderwaterzone, weergegeven. Het betreft 66 waarden.

Het beeld voor de onderwaterzone (Figuur 3.18) laat geen systematische toename van de dikteafname in de tijd zien. Verder laat het beeld (Figuur 3.18) voor de onderwaterzone een grote spreiding zien. Wat opvalt is dat de gemiddelde dikteafname voor de gecoate damwand langs het Kanaal bij de Brug Stroobos ook in de onderzone ongeveer gelijk is aan de waarden in de zones erboven. De waarden in de onderwaterzone van de gecoate damwand langs het Kanaal bij de Brug Stroobos zijn allemaal hoger dan die van de ongecoate 1 jaar oudere damwand langs het Eemskanaal bij Appingedam. In [Nebest 2017] staat dat de conservering (coating) van de damwand bij Stroobos begint los te laten en dat op 10 % van het oppervlak waar deze niet meer aanwezig is, de damwand uniforme corrosie vertoont. De overschrijdingspercentages voor de 2 referentielijnen voor zoetwater [NEN-EN1993-5] in Tabel 3.8 liggen gemiddeld op circa 25%.

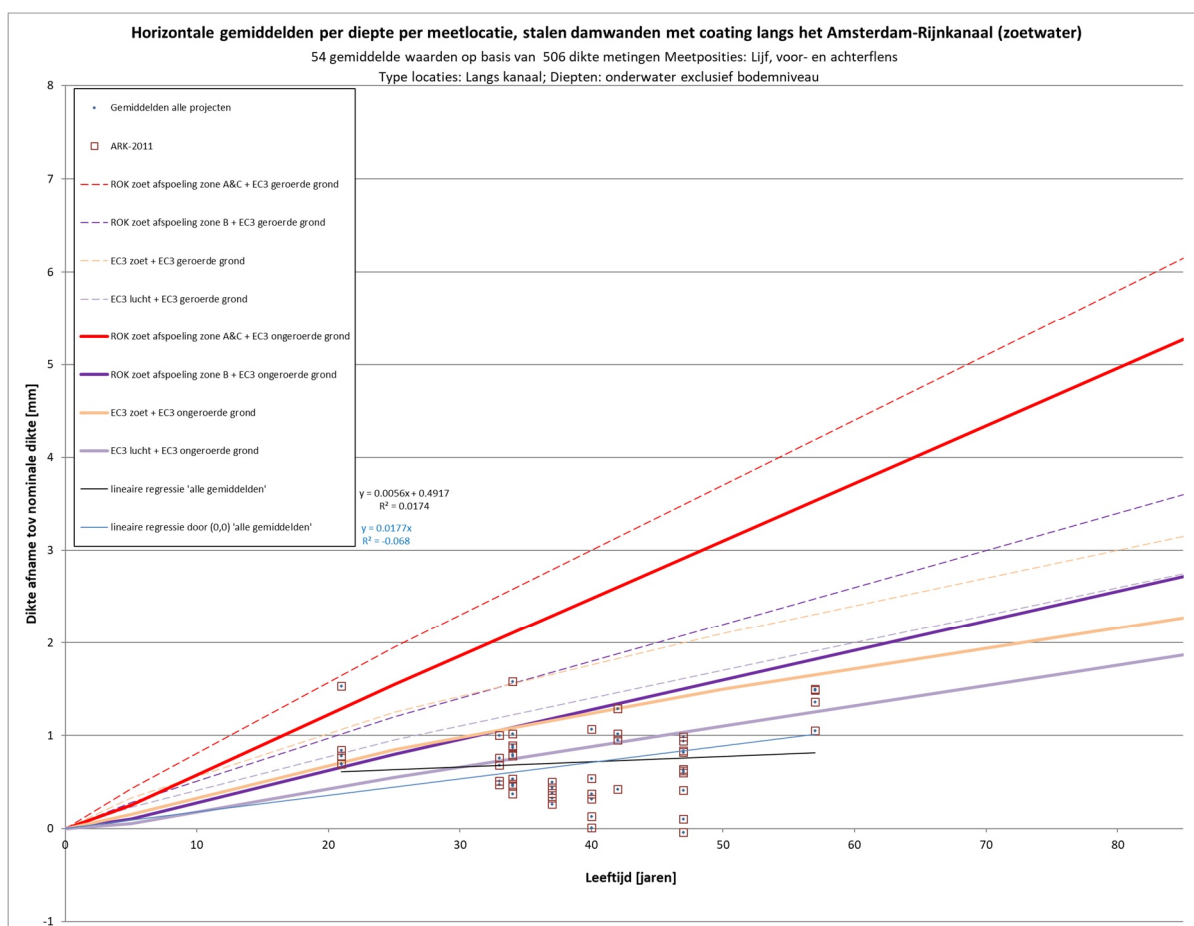
Wanneer de waarnemingen bij de brug Stroobos buiten beschouwing worden gelaten laat het beeld voor de onderwaterzone van de damwanden met coating (in Figuur 3.19) langs het Amsterdam-Rijnkanaal een minieme systematische toename van de dikteafname in de tijd zien. De overschrijdingspercentages in voor de 2 referentielijnen voor zoetwater [NEN-EN1993-5] in Tabel 3.9 liggen gemiddeld op circa 5%



Figuur 3.18 De horizontale gemiddelden van de dikteafname van stalen damwanden die langs een kanaal staan (Groep A), die voorzien zijn van een coating en waarvan de meetlocaties liggen in de onderwaterzone (exclusief locaties gelegen nabij het niveau van de waterbodem).

	EC3 lucht		EC3 zoetwater		ROK afspoeling zone B		ROK afspoeling zone A&C	
	EC3 ongeroerd	EC3 geroerd	EC3 ongeroerd	EC3 geroerd	EC3 ongeroerd	EC3 geroerd	EC3 ongeroerd	EC3 geroerd
Overschrijding percentage	50	23	24	21	27	21	20	5

Tabel 3.8 Overschrijdingspercentage van de waargenomen horizontale gemiddelden van de dikteafname van stalen damwanden die staan langs een kanaal (Groep A), die voorzien zijn van een coating en waarvan de meetlocaties liggen in de onderwaterzone (exclusief locaties gelegen nabij het niveau van de waterbodem) ten opzichte van referentielijnen



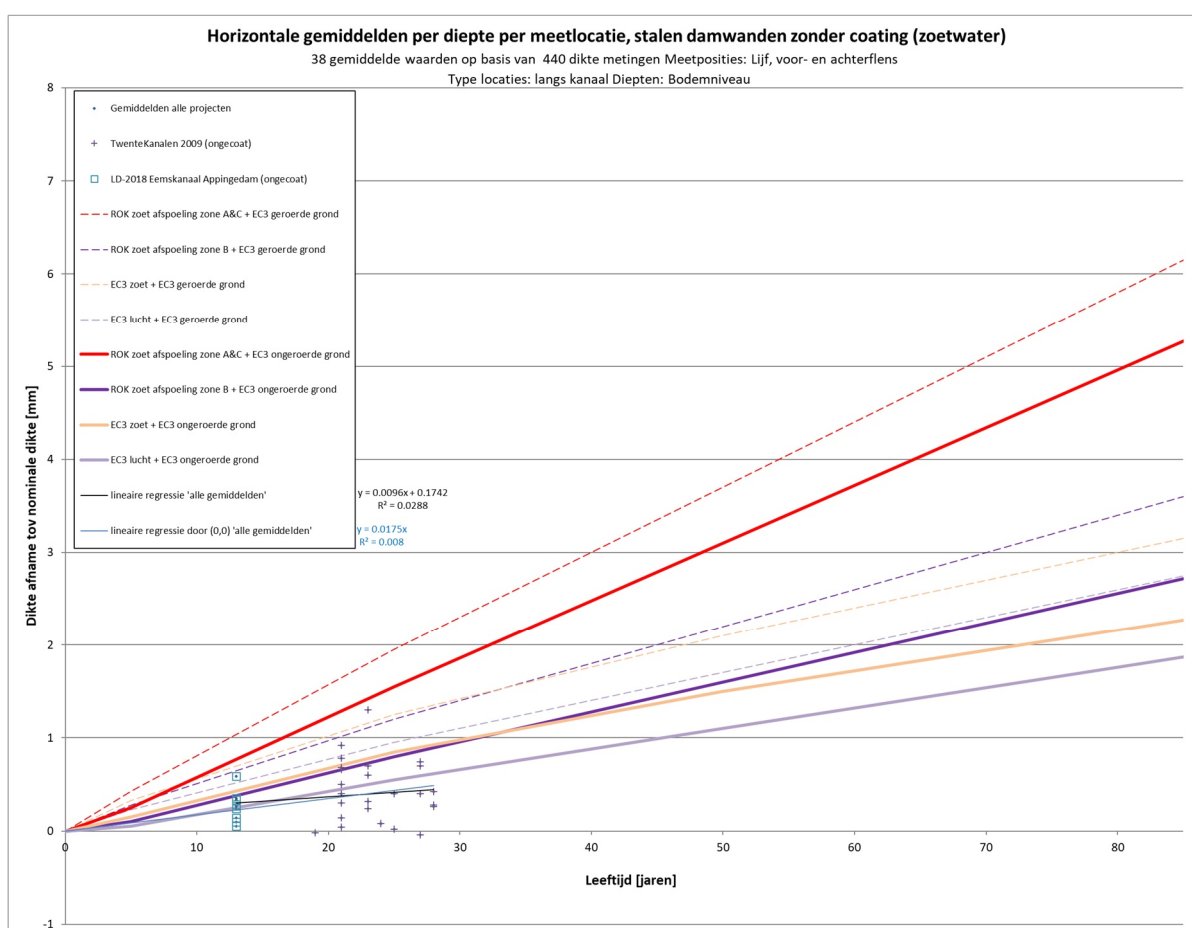
Figuur 3.19 De horizontale gemiddelden van de dikteafname van stalen damwanden langs het Amsterdam-Rijnkanaal (uit Groep A) die voorzien zijn van een coating en waarvan de meetlocaties liggen in de onderwaterzone (exclusief nabij het niveau van de waterbodem).

	EC3 lucht		EC3 zoetwater		ROK afspoeling zone B		ROK afspoeling zone A&C	
	EC3 ongeroerd	EC3 geroerd	EC3 ongeroerd	EC3 geroerd	EC3 ongeroerd	EC3 geroerd	EC3 ongeroerd	EC3 geroerd
Overschrijding percentage	39	6	7	4	11	4	2	0

Tabel 3.9 Overschrijdingspercentage van de waargenomen horizontale gemiddelden van dikteafname van stalen damwanden met coating langs een kanaal in de onderwaterzone (exclusief bodemniveau) ten opzichte van referentielijnen

3.4.1.4 Niveau nabij waterbodem (zonder coating)

In Figuur 3.20 zijn de horizontale gemiddelde dikteafnamen voor meetlocaties die liggen nabij het niveau van de waterbodem, weergegeven van stalen damwanden langs een kanaal (Groep A). Het betreft slechts 38 waarden. Al deze damwanden zijn zonder coating, er zijn op het niveau van de waterbodem geen diktemetingen beschikbaar van damwanden langs een kanaal met een coating. Het beeld voor het niveau van de waterbodem (Figuur 3.20) laat een beperkte systematische toename van de dikteafname in de tijd zien. Slechts één tiende deel van de waarnemingen ligt boven de lijn van de eurocode voor zoetwater + ongeroerde grond. Op het niveau van de waterbodem is de dikteafname kleiner dan in de bovenliggende onderwaterzone. Voor de onderwaterzone geldt een grote spreiding (Figuur 3.20). De overschrijdingspercentages voor de 2 referentielijnen voor zoetwater [NEN-EN1993-5] in Tabel 3.10 liggen gemiddeld op circa 5%.



Figuur 3.20 De horizontale gemiddelden van de dikteafname van stalen damwanden gelegen langs een kanaal (Groep A), die niet gecoat zijn en meetlocaties die liggen nabij het niveau van de waterbodem.

	EC3 lucht		EC3 zoetwater		ROK afspoeling zone B		ROK afspoeling zone A&C	
	EC3 ongeroerd	EC3 geroerd	EC3 ongeroerd	EC3 geroerd	EC3 ongeroerd	EC3 geroerd	EC3 ongeroerd	EC3 geroerd
Overschrijding percentage	42	8	11	3	13	3	0	0

Tabel 3.10 Overschrijdingspercentage van de waargenomen horizontale gemiddelden van de dikteafname van stalen damwanden langs een kanaal (Groep A), die niet gecoat zijn en meetpunten die liggen nabij het niveau van de waterbodem ten opzichte van referentielijnen

3.4.1.5 Resume langs kanaal

Een overzicht van de overschrijdingspercentages van de waargenomen horizontale gemiddelden van dikteafname van ongecoate en gecoate stalen damwanden langs een kanaal ten opzichte van referentielijnen staat weergegeven in Tabel 3.11. Bij alle locaties was geen sprake van afspoelcondities en voor het onderwatergedeelte zijn de lijnen voor de Eurocode als het meest relevant aangezien.

Overschrijdingspercentages ^{1) 2)} van de waargenomen horizontale gemiddelden van dikteafname van ongecoate en gecoate ³⁾ stalen damwanden langs een kanaal ten opzichte van referentielijnen [%]									
Zone	Aantal gemiddelden [#]	EC3 lucht		EC3 zoetwater		ROK afspoeling zone B		ROK afspoeling zone A&C	
		EC3 grond ongeroerd	EC3 grond geroerd	EC3 grond ongeroerd	EC3 grond geroerd	EC3 grond ongeroerd	EC3 grond geroerd	EC3 grond ongeroerd	EC3 geroerd
Atmosferisch ongecoat	10	90	90	90	60	90	60	50	10
Atmosferisch gecoat (ARK)	35 (22)	49 (18)	37 (0)	37 (0)	37 (0)	37 (0)	37 (0)	37 (0)	9 (0)
Spatzone ongecoat ⁴⁾	37	54	19	27	11	27	11	3	0
Spatzone gecoat (ARK)	33 (22)	61 (41)	39 (9)	42 (14)	39 (9)	42 (14)	36 (5)	33 (0)	9 (0)
Onderwater ongecoat ⁴⁾	185	52	16	23	7	25	6	1	0
Onderwater gecoat (ARK)	66 (54)	50 (39)	23 (6)	24 (7)	21 (4)	27 (11)	21 (4)	20 (2)	5 (0)
Bodem ongecoat	38	42	8	11	3	13	3	0	0

Tabel 3.11 Overzichtstabel met overschrijdingspercentages van de waargenomen horizontale gemiddelden van de dikteafname van ongecoate stalen damwanden langs een kanaal per zone ten opzichte van referentielijnen. De leeftijd van de damwanden in de meetset varieerde van 12 t/m 58 jaar.

Waarbij:

- ¹⁾ De overschrijdingspercentages van de referentielijnen welke geen relatie met de betreffende zone hebben, zijn in de kleur grijs weergegeven
- ²⁾ De waarden tussen haakjes () betreffen de waarden voor de subset van de meetset met alleen metingen van damwanden langs het Amsterdam-Rijnkanaal (ARK)
- ³⁾ De overschrijdingspercentages voor gecoate damwanden zijn in gekleurde cellen weergegeven omdat de waarden van de referentielijnen waarmee vergeleken wordt niet zijn opgesteld voor gecoate damwanden
- ⁴⁾ ongecoat = zonder en waarschijnlijk zonder coating;

In alle zones, behalve de zone nabij de waterbodem, zijn waarnemingen van gecoate en ongecoate damwanden beschikbaar. Meer dan de helft (62%) van de gemiddelden lag het kleinste deel (9%) in de onderwaterzone.

Kijkend naar de gemiddelde van toepassing zijnde percentages, blijkt dat de overschrijdingsfrequenties allen tussen de karakteristieke grenzen van de 5% en 95% fractielen bevinden. Voor de ongecoate damwanden lag het gemiddelde van de 4 gemiddelde fractielen per zone op 35%. En zonder meenname van de zone nabij de waterbodem was dit 44%. Voor de gecoate damwanden waar geen waarnemingen op het niveau van de waterbodem beschikbaar waren, bedraagt het gemiddelde van de 3 gemiddelde fractielen per zone 37%. Vrij vertaald lijkt het op basis van diktemetingen van de damwanden erop dat de waarden uit de Eurocode geen bovengrenswaarden betreffen, ook geen karakteristieke (5%) waarden, maar gemiddeld dicht bij het gemiddelde liggen.

Het gemiddelde overschrijdingspercentage van 44% bij ongecoate damwanden was 1/5 hoger dan de 37% bij de gecoate damwanden in dezelfde 3 zones. Dat gemiddeld genomen het overschrijdingspercentage lager is bij de gecoate damwanden is in lijn der verwachting.

3.4.2 Niet langs kanaal (Groep B)

Bij verschillende locaties die niet langs een kanaal liggen, is sprake van een wisselende waterstand. Vanwege de fluctuerende waterstad is in deze paragraaf is gewerkt met twee andere indelingen dan voor de damwanden langs een kanaal (Groep A) om de invloed op de trend van een fluctuerende waterstand te kunnen onderzoeken. In deze paragraaf wordt als eerste gekeken naar de horizontale gemiddelden voor drie zones:

- Atmosferische zone (3.3.2.1)
- Spatzone en/of minder dan helft tijd onderwater (3.3.2.2)
- De helft of meer van de tijd onderwater (3.3.2.3)

Er zijn geen diktemetingen beschikbaar op het niveau nabij de waterbodem.

Als tweede zal voor het gedeelte beneden de atmosferische zone ook nog een andere indeling voor de zones worden toegepast:

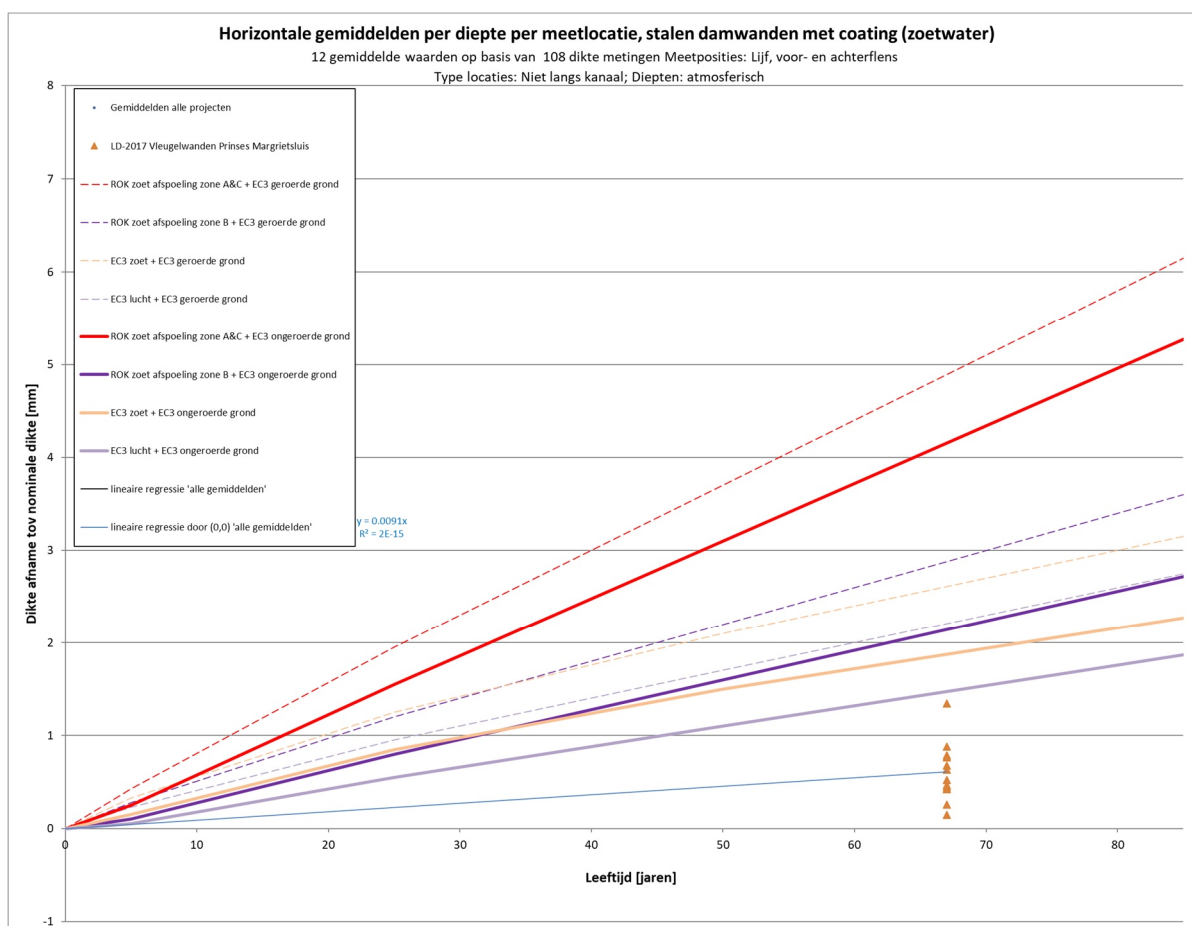
- Niet permanent onderwater (3.3.2.4)
- Permanent onderwater (3.3.2.5).

Onderzocht wordt of systematische verschillen zijn waar te nemen. Per zone wordt gekeken naar de invloed van de aan- of afwezigheid van coating en naar de onderlinge verschillen tussen de zones.

3.4.2.1 Atmosferische zone (met coating)

In Figuur 3.21 zijn de horizontale gemiddelde dikteafnamen van stalen damwanden niet langs een kanaal (Groep B) in de atmosferische zone weergegeven. Het betreft slechts 12 waarden.

Alle damwanden met metingen in de atmosferische zone zijn voorzien van een coating. Het beeld laat geen systematische toename van de dikteafname in de tijd zien (Figuur 3.21). De weergegeven dikteafname in de atmosferische zone is zeer laag en alle waarden liggen beneden de lijn voor lucht en niet geroerde grond [NEN-EN1993-5]. De overschrijdingspercentages voor de 2 referentielijnen voor de atmosferische zone [NEN-EN1993-5] in Tabel 3.12 is -nul-, alle waarnemingen liggen er onder.



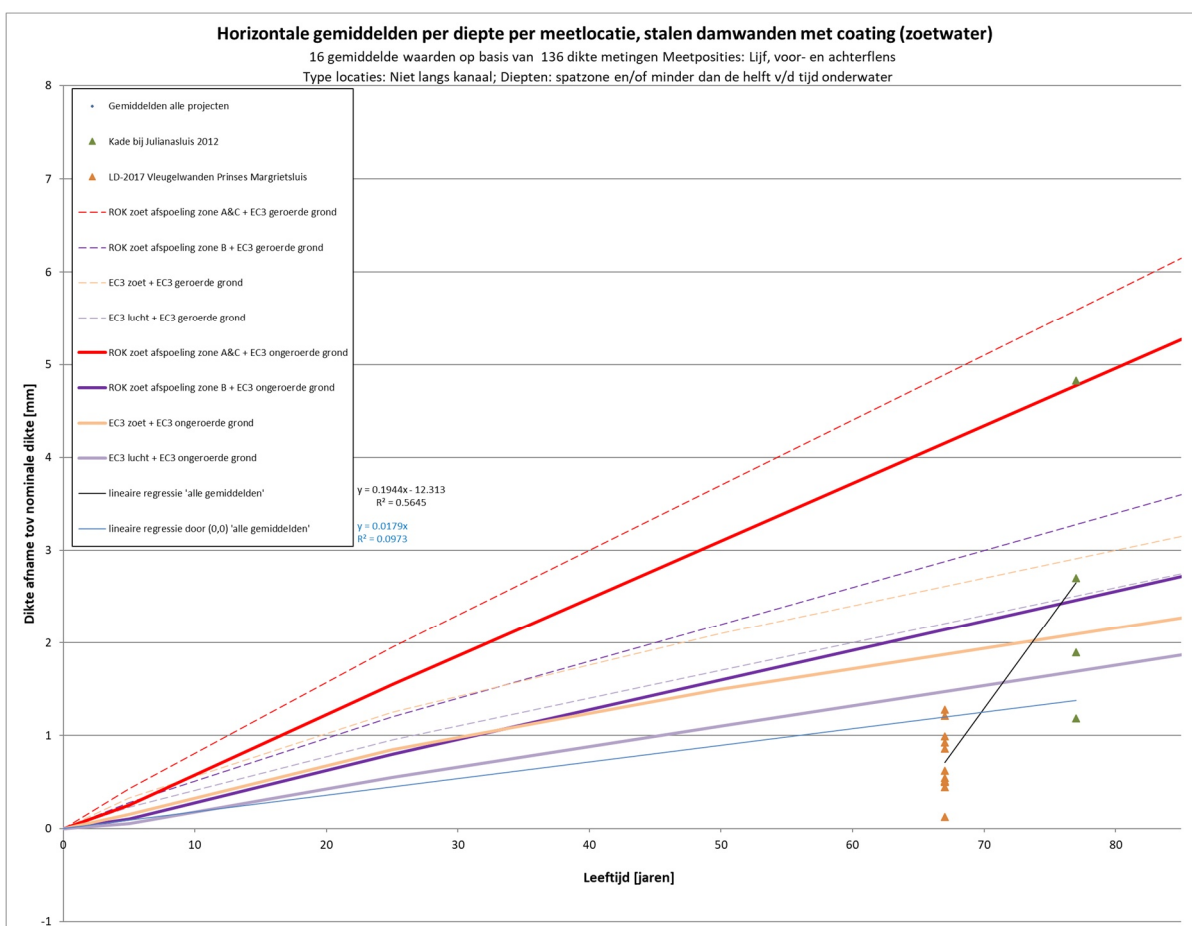
Figuur 3.21 De horizontale gemiddelden van dikteafname van stalen damwanden niet langs een kanaal (Groep B) en meetlocaties die liggen in de atmosferische zone

	EC3 lucht		EC3 zoetwater		ROK afspoeling zone B		ROK afspoeling zone A&C	
	EC3 ongeroerd	EC3 geroerd	EC3 ongeroerd	EC3 geroerd	EC3 ongeroerd	EC3 geroerd	EC3 ongeroerd	EC3 geroerd
Overschrijding percentage	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabel 3.12 Overschrijdingspercentage van de waargenomen horizontale gemiddelden van dikteafname van gecoate stalen damwanden niet langs een kanaal (Groep B) en meetlocaties die liggen in de atmosferische zone ten opzichte van de referentielijnen

3.4.2.2 Spatzone en/of minder dan helft van de tijd onderwater (met coating)

In Figuur 3.22 zijn de horizontale gemiddelde dikteafnames weergegeven van stalen damwanden die niet langs een kanaal staan (Groep B) en gelegen in de in de spatzone en/of minder dan helft van de tijd onderwater. Het betreft slechts 16 waarden. Alle damwanden met metingen in deze zone zijn voorzien van een coating. Het beeld laat met name zien dat sprake is van een grote spreiding (Figuur 3.22). Doordat de metingen relatief gezien in de tijd dichtbij elkaar liggen zijn uitspraken over een systematische toename van de dikteafname in de tijd niet zinvol. De overschrijdingspercentages voor de 4 referentielijnen voor zoetwater en atmosferische condities [NEN-EN1993-5] in Tabel 3.13 liggen gemiddeld op circa 13%.



Figuur 3.22 De horizontale gemiddelden van de dikteafname van stalen damwanden die niet langs een kanaal staan (Groep B) en met meetlocaties die liggen in de spatzone en/of minder dan helft van de tijd onderwater.

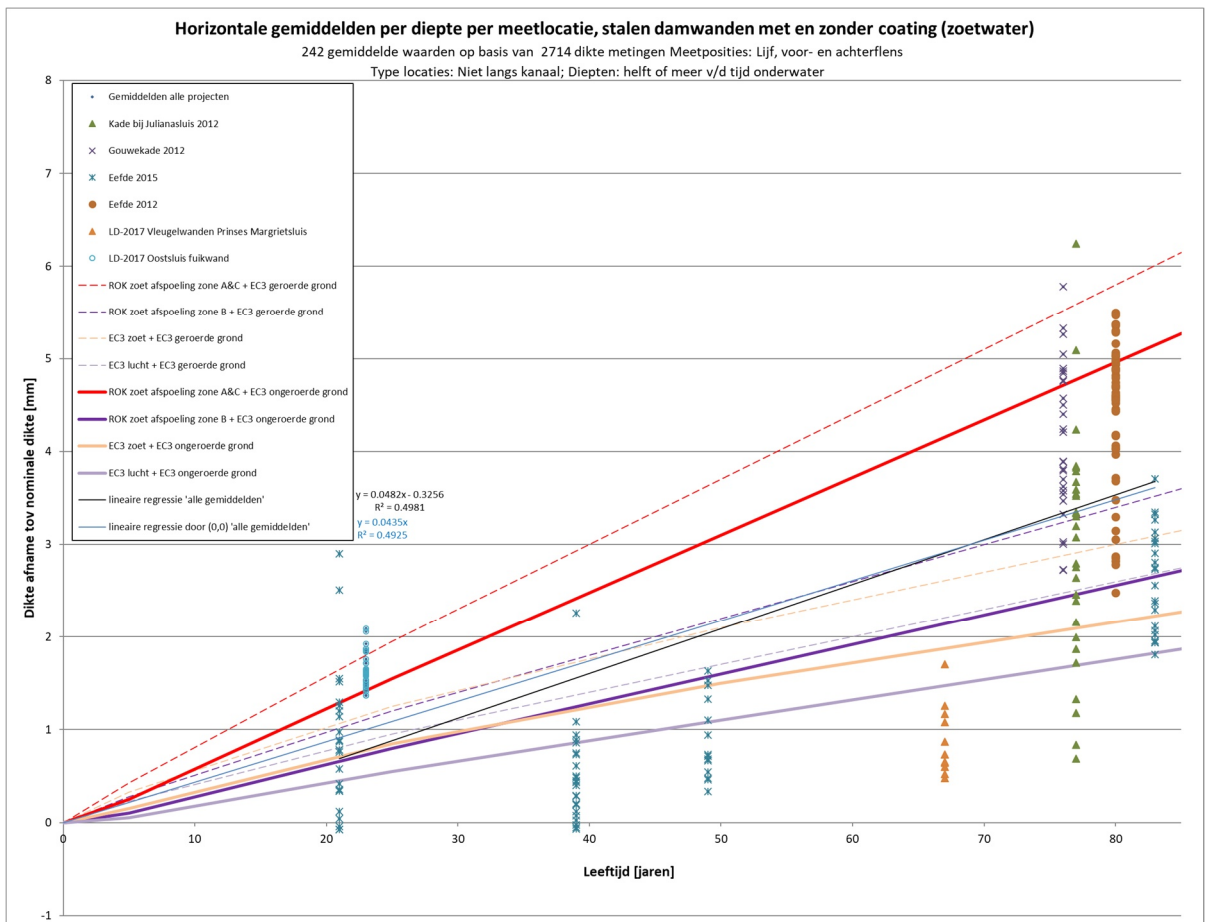
	EC3 lucht		EC3 zoetwater		ROK afspoeling zone B		ROK afspoeling zone A&C	
	EC3 ongeroerd	EC3 geroerd	EC3 ongeroerd	EC3 geroerd	EC3 ongeroerd	EC3 geroerd	EC3 ongeroerd	EC3 geroerd
Overschrijding percentage	19	13	13	6	13	6	6	0

Tabel 3.13 Overschrijdingspercentage van de waargenomen horizontale gemiddelden van de dikteafname van stalen damwanden niet langs een kanaal (Groep B) gelegen in de spatzone en voorzien van een coating, ten opzichte van referentielijnen

3.4.2.3 De helft of meer van de tijd onder water

De helft of meer van de tijd onder water met en zonder coating

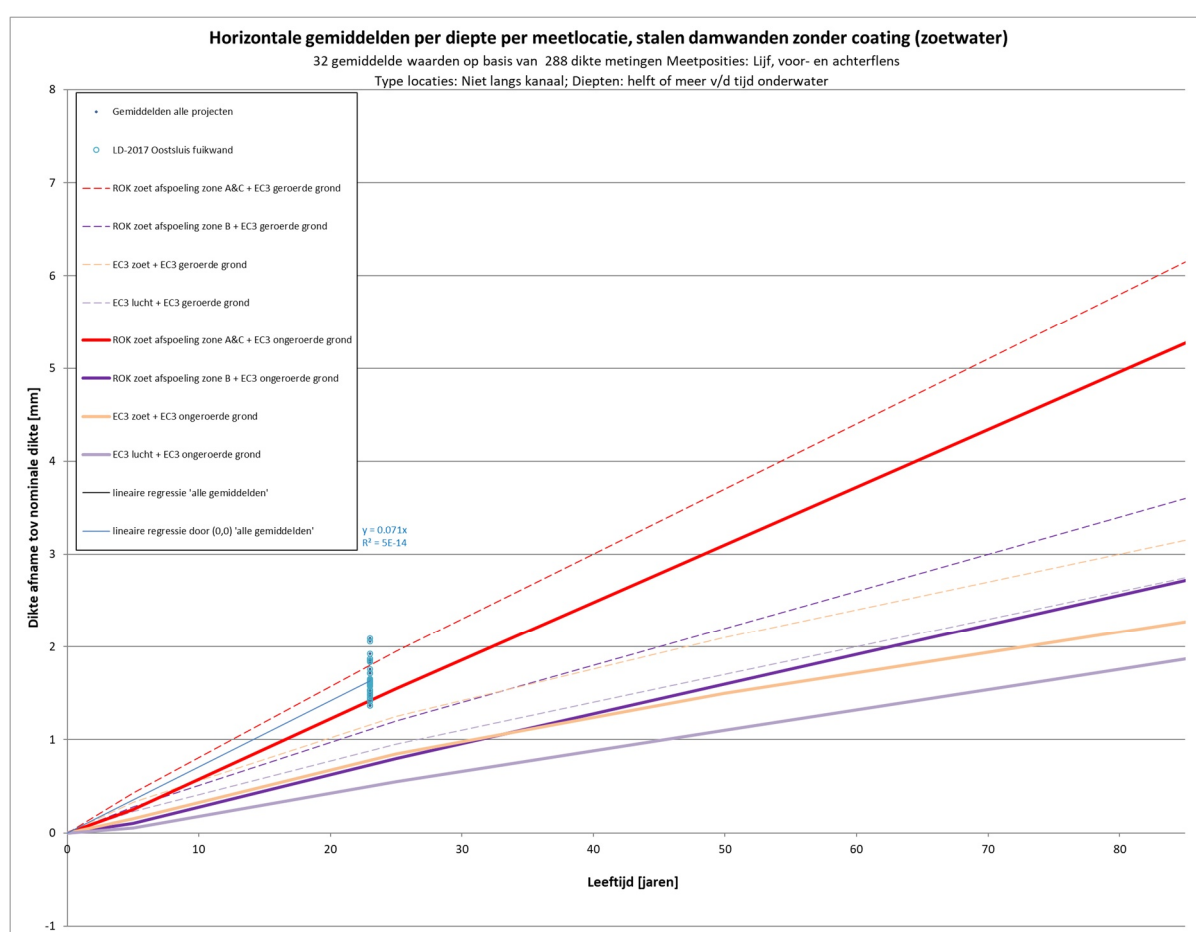
In Figuur 3.23 zijn de horizontale gemiddelde dikteafnamen van stalen damwanden die niet langs een kanaal staan (Groep B), getoond van de zone die de helft of meer van de tijd onder water staan, weergegeven. Het betreft 242 waarden, van zowel gecoate als niet gecoate damwanden. Het beeld laat een systematische toename van de dikteafname in de tijd zien (Figuur 3.23).



Figuur 3.23 De horizontale gemiddelden van de dikteafname van stalen damwanden die niet langs een kanaal staan (Groep B) en voor meetlocaties die de helft of meer van de tijd onder water staan.

De helft of meer van de tijd onderwater zonder coating

De horizontale gemiddelde dikteafnamen in de zone die de helft of meer van de tijd onder water staat, van de stalen damwanden die niet langs een kanaal staan (Groep B) zonder coating, zijn weergegeven in Figuur 3.24. Het betreft slechts 32 waarden. Alle waarnemingen zijn bij dezelfde leeftijd verricht en daarom kan uit het beeld (Figuur 3.24) geen uitspraak worden gedaan over een systematische toename van de dikteafname. Het gemiddelde van de waarden ligt 15% hoger dan de waarde voor afspoelcondities zone A en C uit de ROK [RWS 2017] en ongeroerde grond [NEN-EN1993-5]. Wat verder opvalt is dat de spreiding in de waarnemingen relatief klein is van deze 32 dichtbij elkaar gelegen locaties met een hart op hart afstand van circa 5 m.



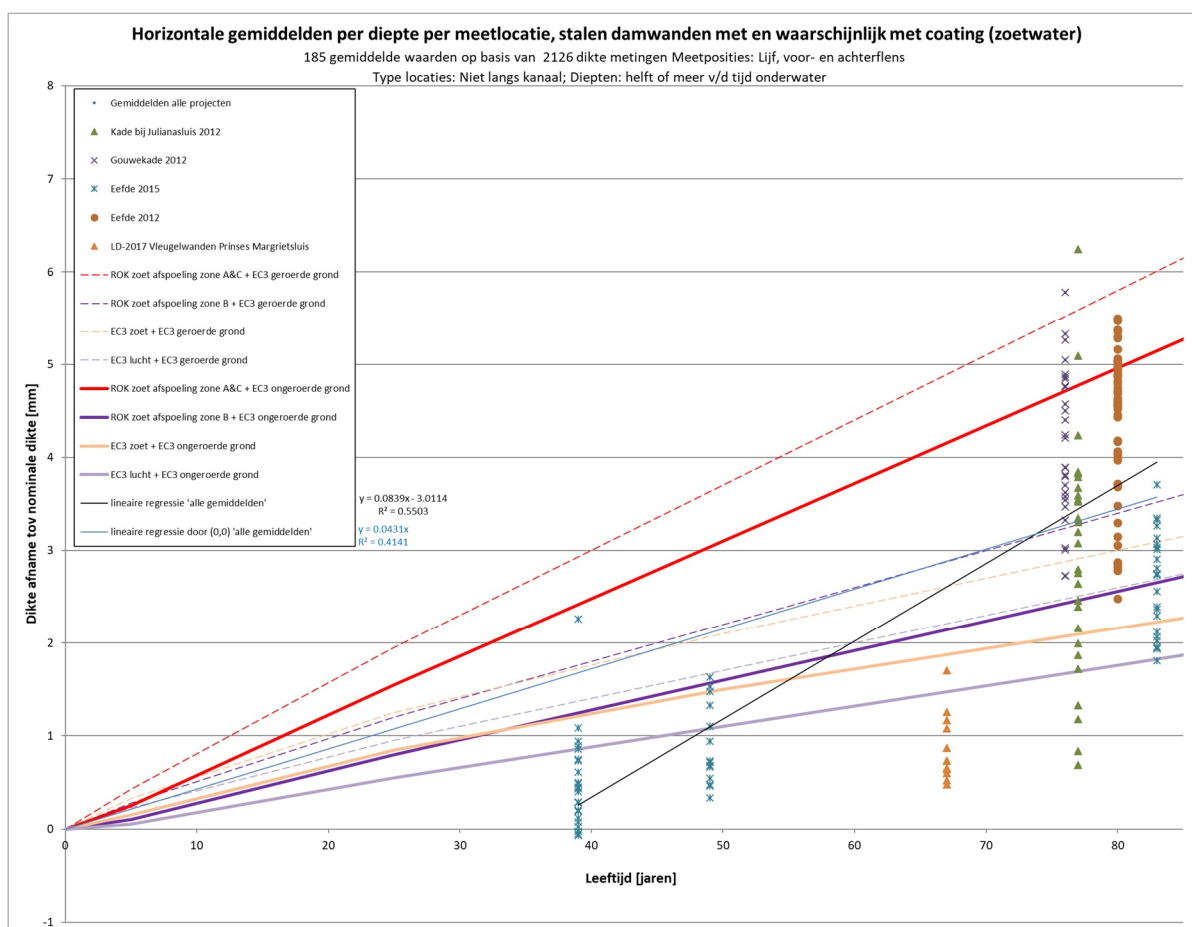
Figuur 3.24 De horizontale gemiddelden van dikteafname van stalen damwanden die niet langs een kanaal staan (Groep B), zonder coating en voor meetlocaties die de helft of meer van de tijd onder water staan.

De helft of meer van de tijd onder water en (waarschijnlijk) voorzien van een coating

In Figuur 3.25 zijn de horizontale gemiddelde dikteafnamen in de zone die de helft of meer van de tijd onder water staat van de stalen damwanden die niet langs een kanaal (Groep B) staan en die (waarschijnlijk) niet gecoat zijn, weergegeven. Het betreft 204 waarden.

Het beeld (Figuur 3.25) laat een systematische toename van de dikteafname in de tijd zien. De coating van de 67 en 69 jaar oude damwanden was nog redelijk intact. De coating van de damwanden met een leeftijd van circa 80 jaar, daarentegen, was nauwelijks nog aanwezig. De conditie van de coating zou een mogelijke verklaring/oorzaak kunnen zijn van het beeld (Figuur 3.25) dat een beperkte en systematische toename van de dikteafname in de tijd laat zien voor damwanden tot en met de middellange termijn van 40 à 70 jaar. Niet bekend is op welk moment de coating van de nu 80-jaar oude damwanden is vergaan en daarom blijft het nader verklaren van het beeld (Figuur 3.25) speculatief.

De waarden (Figuur 3.25) voor de dikteafname tot en met 67 jaar liggen volledig en gemiddeld zelfs ruim onder de waarden voor afspoelcondities zone B uit de ROK en ongeroerde grond [NEN-EN1993-5]. De waarden voor de dikteafname boven 69 jaar liggen voor circa 20% boven de waarden voor afspoelcondities zone A en C uit de ROK en ongeroerde grond [NEN-EN1993-5]. Waarbij moet worden aangegeven dat de metingen in 2015 bij Eefde expliciet gericht waren op de uniforme dikteafname dus naar verwachting ligt de gehele meetset systematisch te laag.



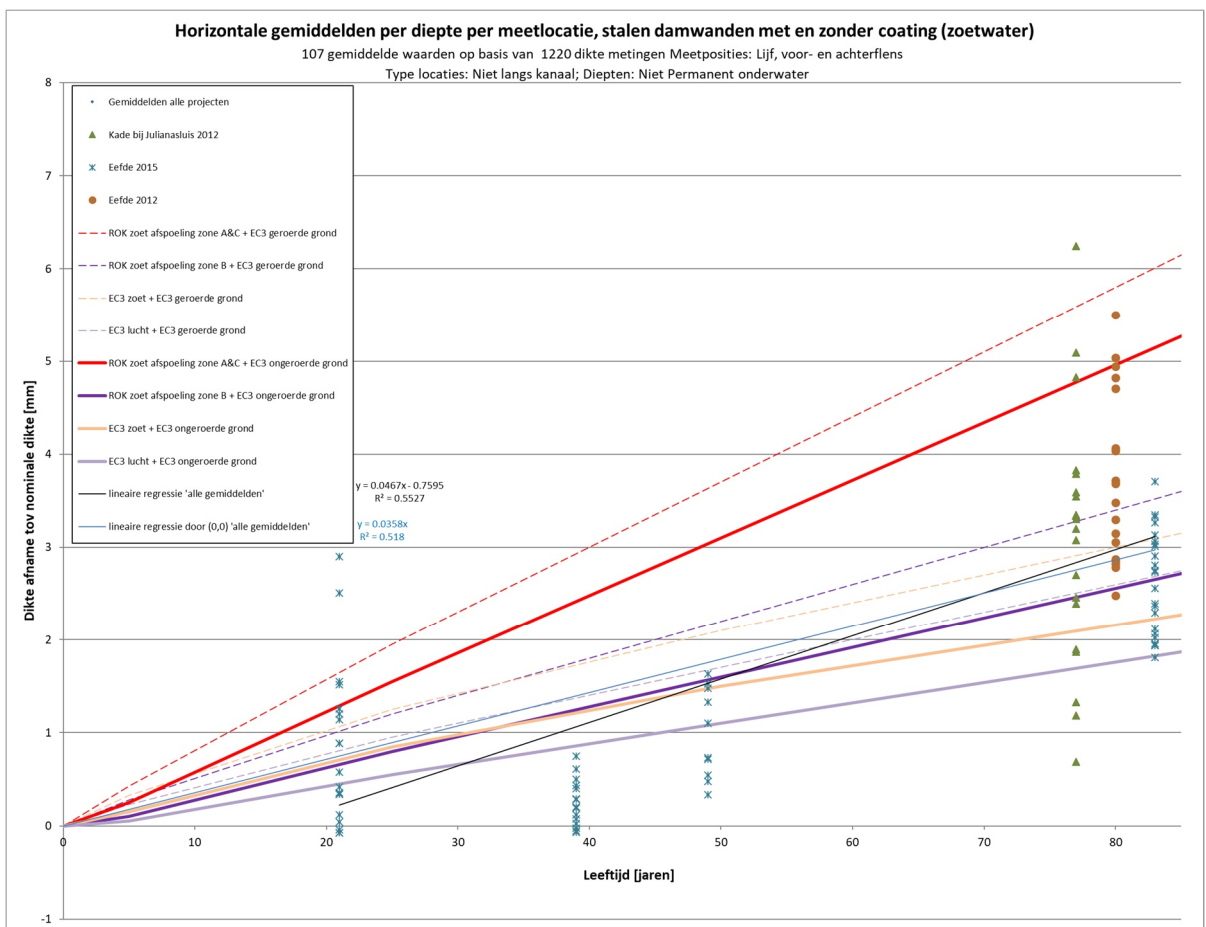
Figuur 3.25 De horizontale gemiddelden van de dikteafname van stalen damwanden niet langs een kanaal (Groep B) met (waarschijnlijk) en coating en meetlocaties die de helft of meer van de tijd onder water staan.

3.4.2.4 Niet permanent onder water

Als variant op de gehanteerde indeling meer/minder dan de helft van de tijd onder water in de voorgaande subparagrafen wordt in deze en volgende subparagraaf de meetset beoordeeld op de criteria permanent/niet permanent onder water.

Niet permanent onder water met en zonder coating

In Figuur 3.26 zijn de horizontale gemiddelde dikteafnamen van stalen damwanden die niet langs een kanaal staan (Groep B) voor de zone die niet permanent onder water staat, is weergegeven. Het betreft 107 waarden, van zowel gecoate als niet gecoate damwanden. Het beeld in Figuur 3.26 laat een systematische toename van de dikteafname in de tijd zien.



Figuur 3.26 De horizontale gemiddelden van de dikteafname van stalen damwanden niet langs een kanaal staan (Groep B) en meetlocaties die niet permanent onder water liggen.

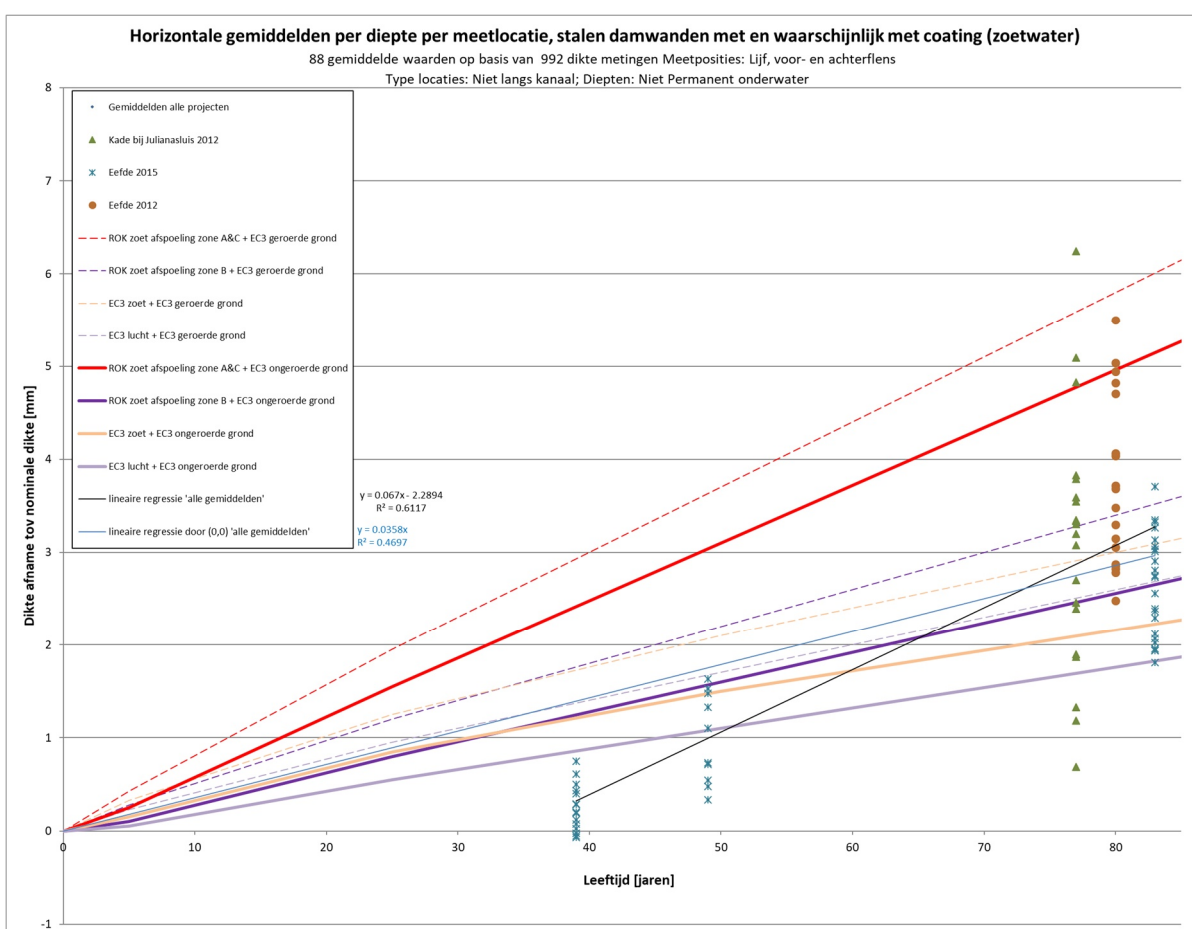
Niet permanent onder water en (waarschijnlijk) voorzien van een coating

De horizontale gemiddelde dikteafnamen van meetlocaties die permanent in de zone liggen die onder water staat en van de stalen damwanden die niet langs een kanaal staan (Groep B) en die (waarschijnlijk) van een coating voorzien zijn, zijn weergegeven in Figuur 3.27. Het betreft 120 waarden. Het beeld laat een systematische toename van de dikteafname in de tijd zien.

De waarden in Figuur 3.27 voor de dikteafname tot en met 69 jaar liggen bijna volledig onder de waarden voor afspoelcondities in zone A en C van de ROK [RWS 2017a] en ongeroerde grond [NEN-EN1993-5]. Waarbij moet worden aangegeven dat de metingen in 2015 bij Eefde

expliciet gericht waren [DVA 2015] op de uniforme dikteafname dus naar verwachting ligt de gehele meetset systematisch te laag.

De waarden in Figuur 3.27 voor de dikteafname boven 67 jaar liggen voor circa 10% boven de waarden voor afspoelcondities in zone B uit de ROK1.4 en ongeroerde grond [NEN-EN1993-5]. De waarden voor de dikteafname boven 67 jaar liggen voor zelfs circa 70% boven de waarden voor afspoelcondities in zone A en C uit de ROK en ongeroerde grond [NEN-EN1993-5]. Waarbij moet worden aangegeven dat de metingen in 2015 bij Eefde expliciet gericht waren [DVA 2015] op de uniforme dikteafname dus naar verwachting ligt de gehele meetset systematisch te laag. De overschrijdingspercentages voor de 4 referentielijnen voor zoetwater [NEN-EN1993-5] en ROK afspoeling zone B in Tabel 3.14 liggen gemiddeld op circa 40%.



Figuur 3.27 De horizontale gemiddelden van de dikteafname van stalen damwanden die niet langs een kanaal staan (Groep B), die (waarschijnlijk) van een coating voorzien zijn en meetlocaties die niet permanent onder water liggen.

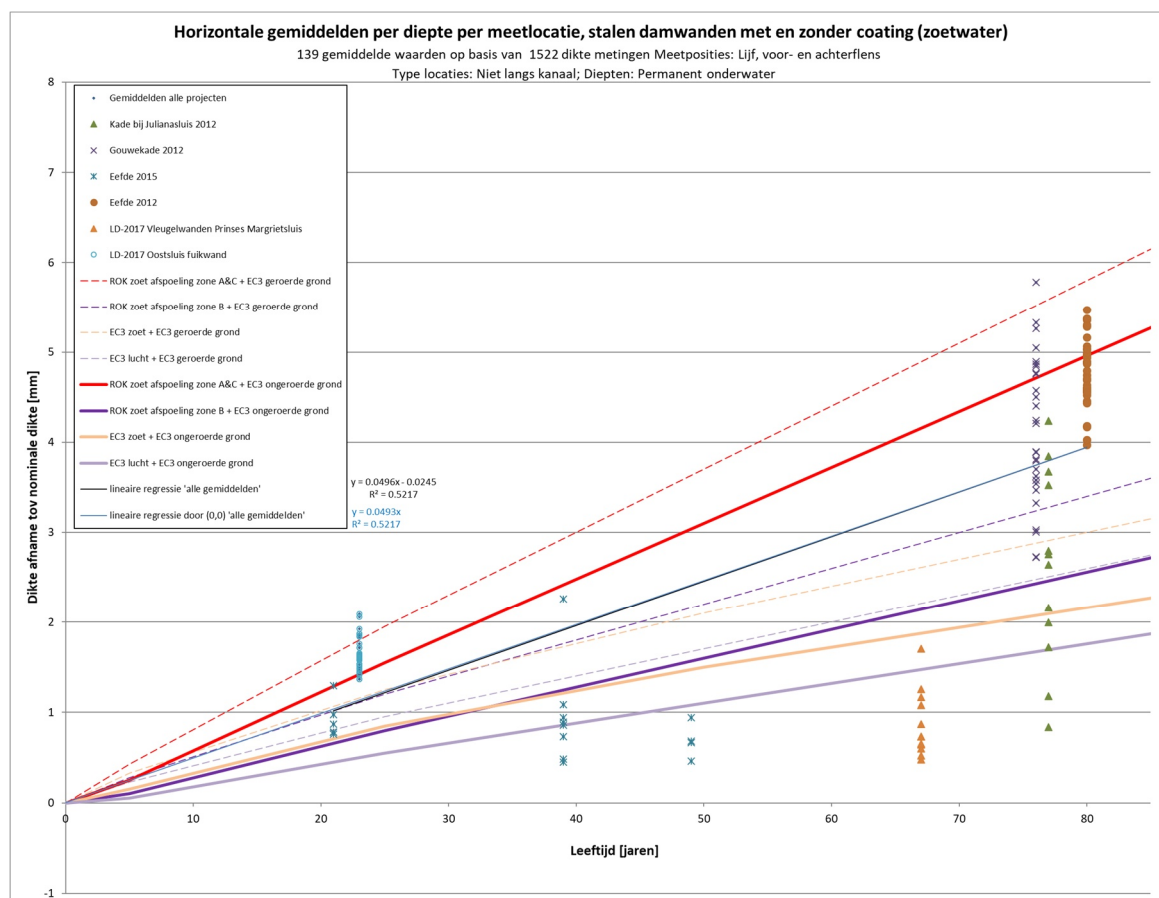
	EC3 lucht		EC3 zoetwater		ROK afspoeling zone B		ROK afspoeling zone A&C	
	EC3 ongeroerd	EC3 geroerd	EC3 ongeroerd	EC3 geroerd	EC3 ongeroerd	EC3 geroerd	EC3 ongeroerd	EC3 geroerd
Overschrijding percentage	70	48	59	34	49	24	6	1

Tabel 3.14 Overschrijdingspercentage van de waargenomen horizontale gemiddelden van de dikteafname van stalen damwanden niet langs een kanaal (Groep B), die niet voorzien zijn van een coating en voor meetlocaties die permanent onder water liggen ten opzichte van referentielijnen.

3.4.2.5 Permanent onderwater

Permanent onderwater met en zonder coating

De horizontale gemiddelde dikteafnamen van stalen damwanden die niet langs een kanaal staan (Groep B) met meetlocaties die onder water liggen zijn weergegeven in Figuur 3.28. Het betreft 139 waarden, van zowel gecoate als niet gecoate damwanden. Het beeld (Figuur 3.28) laat een systematische toename van de dikteafname in de tijd zien.

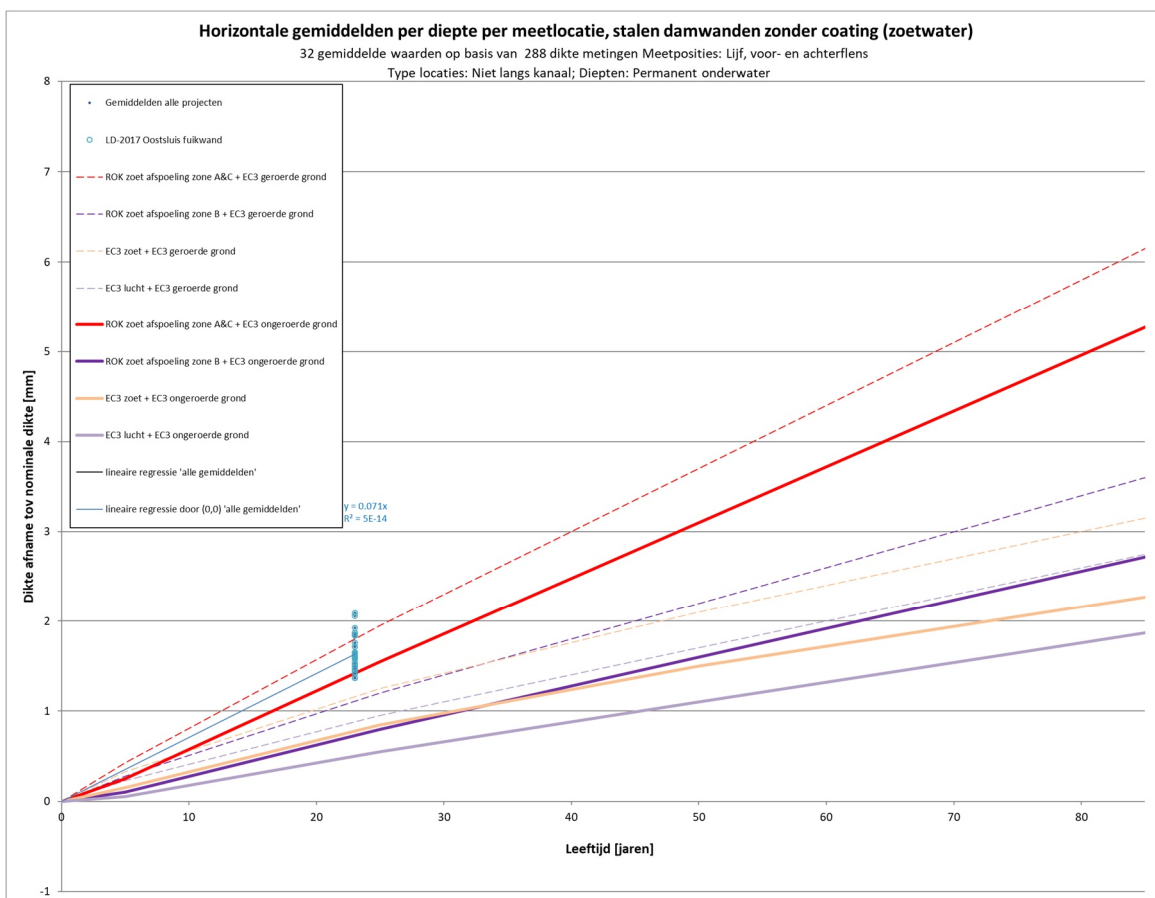


Figuur 3.28 De horizontale gemiddelden van de dikteafname van stalen damwanden niet langs een kanaal (Groep B) en voor meetlocaties die permanent onder water liggen.

Permanent onder water zonder coating

De horizontale gemiddelde dikteafnamen van de stalen damwanden die niet langs een kanaal staan (Groep B), die niet gecoat zijn en voor meetlocaties die permanent onder water liggen zijn weergegeven in Figuur 3.29. Het betreft slechts 32 waarden.

Alle waarnemingen zijn bij eenzelfde leeftijd verricht en daarom kan uit het beeld (Figuur 3.29) geen uitspraken worden gedaan over een systematische verandering van de dikteafname in de tijd. Alle waarden liggen ruim boven de waarde voor afspoelcondities in zone B uit de ROK [NEN 2017] en ongeroerde grond [NEN-EN1993-5]. Het gemiddelde van de waarden ligt zelfs 15% hoger dan de waarde voor afspoelcondities in zone A en C in de ROK en ongeroerde grond [NEN-EN1993-5]. Wat verder opvalt is dat de spreiding in de waarnemingen relatief klein is van deze 32 dichtbij elkaar gelegen locaties met een hart op hart afstand van circa 5 m. De overschrijdingspercentages voor de 2 referentielijnen voor ROK afspoeling zone B zoetwater in Tabel 3.15 liggen gemiddeld op circa 55%.



Figuur 3.29 De horizontale gemiddelden van de dikteafname van stalen damwanden niet langs een kanaal (Groep B), die niet gecoat zijn en voor meetlocaties die permanent onder water liggen.

	EC3 lucht		EC3 zoetwater		ROK afspoeling zone B		ROK afspoeling zone A&C	
	EC3 ongeroerd	EC3 geroerd	EC3 ongeroerd	EC3 geroerd	EC3 ongeroerd	EC3 geroerd	EC3 ongeroerd	EC3 geroerd
Overschrijding percentage	100	100	100	100	100	100	91	22

Tabel 3.15 Overschrijdingspercentage van de waargenomen horizontale gemiddelden van de dikteafname van stalen damwanden niet langs een kanaal (Groep B), die niet gecoat zijn en voor meetlocaties die permanent onder water liggen ten opzichte van referentielijnen.

Permanent onderwater met en waarschijnlijk met coating

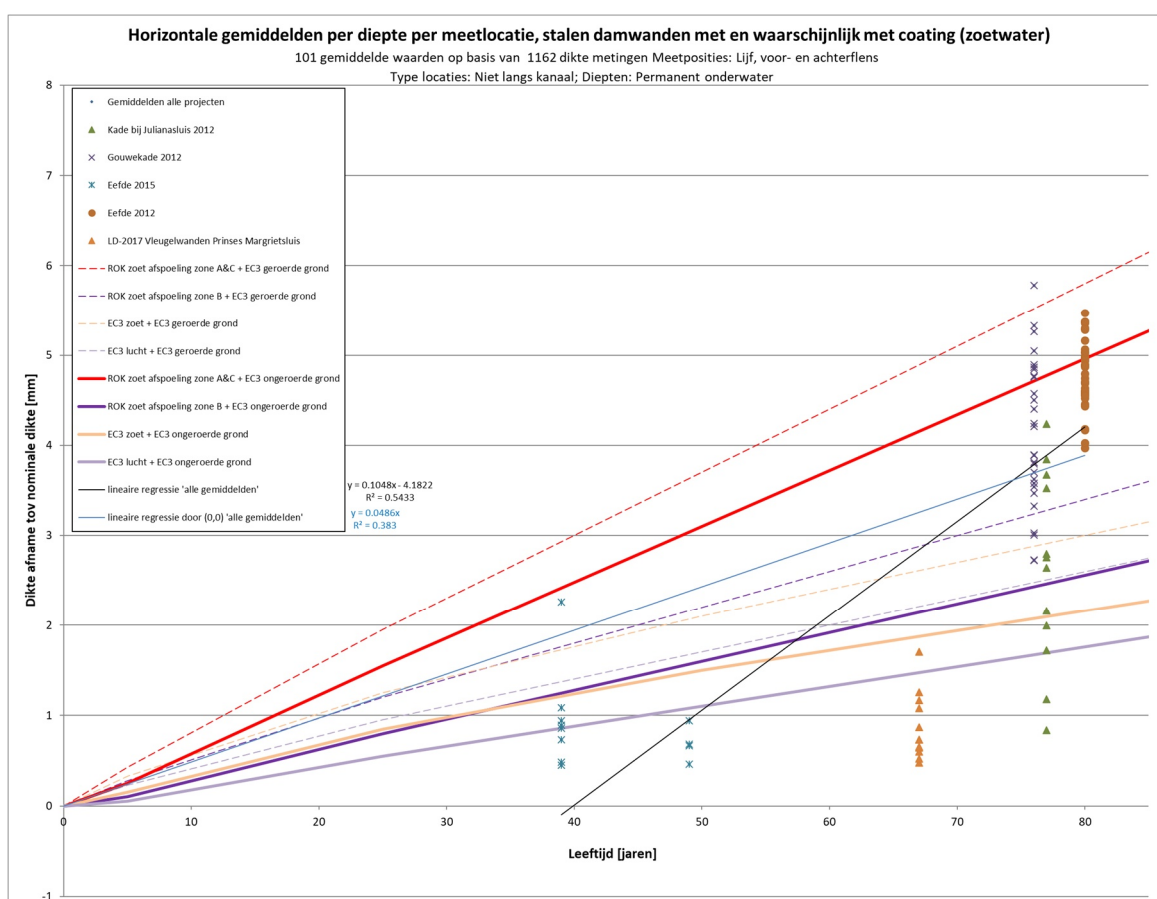
De horizontale gemiddelde dikteafnames van de stalen damwanden die niet langs een kanaal staan (Groep B), die (waarschijnlijk) gecoat zijn en voor meetlocaties die permanent onder water liggen, zijn weergegeven in Figuur 3.30. Het betreft 120 waarden. Het beeld (Figuur 3.30) laat een systematische toename van de dikteafname in de tijd zien.

Van de coating van de damwanden met een leeftijd van circa 80 jaar was niet veel meer over. De coating van de 67 jaar oude damwanden bij de Princes Margrietsluis (Figuur 3.30) was daarentegen nog redelijk intact. Het verschil in conditie van de coating zou een mogelijke verklaring/oorzaak kunnen zijn van een beperkte systematische toename van de dikteafname in de tijd voor damwanden tot en met de middellange termijn van 40 à 70 jaar omdat de coating van deze planken nog enigszins intact is. Onbekend is op welk moment de coating van de 80-

jaar oude damwanden is vergaan en daarom blijft het nader verklaren van het beeld in Figuur 3.30 speculatief.

De waarden (Figuur 3.30) voor de dikteafname tot en met 67 jaar liggen bijna volledig onder de waarden voor afspoelcondities in zone B in de ROK en ongeroerde grond [NEN-EN1993-5]. Waarbij moet worden aangegeven dat bij de metingen in 2015 bij Eefde expliciet gericht waren op de uniforme dikteafname dus naar verwachting ligt de gehele meetset systematisch te laag.

De waarden in Figuur 3.30 voor de dikteafname boven 67 jaar liggen voor circa 30% boven de waarden voor afspoelcondities in zone A en C in de ROK [RWS 2017] en ongeroerde grond [NEN-EN1993-5]. De waarden in Figuur 3.30 voor de dikteafname boven 67 jaar liggen voor zelfs circa 95% boven de waarden voor afspoelcondities in zone B in de ROK [RWS 2017a] en ongeroerde grond [NEN-EN1993-5]. De overschrijdingspercentages van de alle waarnemingen in Figuur 3.30 voor de 6 referentielijnen voor zoetwater [NEN-EN1993-5], ROK zoetwater afspoeling zone B en zone A&C in Tabel 3.16 liggen gemiddeld op circa 50%.



Figuur 3.30 De horizontale gemiddelden van de dikteafname van stalen damwanden niet langs een kanaal (Groep B), met (waarschijnlijk) een coating en meetlocaties die permanent onder water liggen.

	EC3 lucht		EC3 zoetwater		ROK afspoeling zone B		ROK afspoeling zone A&C	
	EC3 ongeroerd	EC3 geroerd	EC3 ongeroerd	EC3 geroerd	EC3 ongeroerd	EC3 geroerd	EC3 ongeroerd	EC3 geroerd
Overschrijding percentage	80	72	73	67	72	65	22	1

Tabel 3.16 Overschrijdingspercentage van de waargenomen horizontale gemiddelden van de dikteafname van stalen damwanden niet langs een kanaal (Groep B), voorzien van een coating en meetlocaties die permanent onder water liggen, ten opzichte van referentielijnen.

3.4.2.6 Resume niet langs kanaal (Groep B)

Een overzicht van de overschrijdingspercentages van de waargenomen horizontale gemiddelden van de dikteafname van stalen damwanden die niet langs een kanaal staan (Groep B) en al dan niet voorzien zijn van een coating ten opzichte van referentielijnen staat vermeld in Tabel 3.17. Bij alle locaties was in mindere of meerdere mate sprake van afspoelcondities. Voor het gedeelte van de damwand die onder de waterlijn liggen, de "afspool" categorie ontbreekt in de Eurocode, zijn de lijnen voor ROK voor afspoeling het meest relevant.

Overschrijdingspercentages ¹⁾ van de waargenomen horizontale gemiddelden van dikteafname van stalen damwanden niet langs een kanaal (Groep B) die al dan niet gecoat ²⁾³⁾ zijn ten opzichte van referentielijnen									
[%]									
Zone	Aantal gemiddelden [#]	EC3 lucht		EC3 zoetwater		ROK afspoeling zone B		ROK afspoeling zone A&C	
		EC3 grond ongeroerd	EC3 grond geroerd	EC3 grond ongeroerd	EC3 grond geroerd	EC3 grond ongeroerd	EC3 grond geroerd	EC3 grond ongeroerd	EC3 geroerd
Atmosferisch gecoat ²⁾	12	0	0	0	0	0	0	0	0
Spatzone gecoat ²⁾	16	19	13	13	6	13	6	6	0
Niet permanent onder water gecoat ²⁾	88	70	48	59	34	49	24	6	1
Permanent onderwater ongecoat	32	100	100	100	100	100	100	91	22
Permanent onder water gecoat ²⁾	101	80	72	73	67	72	65	22	1

Tabel 3.17 Overzichtstabel met overschrijdingspercentage van de waargenomen horizontale gemiddelden van dikteafname van stalen damwanden langs een kanaal (Groep B) die niet gecoat zijn, per zone ten opzichte van referentielijnen. De leeftijd van de damwanden in de meetset varieerde van 12 t/m 58 jaar.

Waarbij:

- 1) De overschrijdingspercentages van de referentielijnen welke geen relatie met de betreffende zone hebben zijn in grijs weergegeven
- 2) gecoat = met of waarschijnlijk met coating
- 3) De overschrijdingspercentages voor gecoate damwanden zijn in gekleurde cellen weergegeven omdat de waarden van de referentielijnen waarmee vergeleken wordt zijn opgesteld voor ongecoate damwanden.

Ongecoate damwanden permanent onder water

De referentielijnen zijn voor ongecoate damwanden opgesteld. De ongecoate damwanden in de Tabel 3.17 stonden in een sluisfuij en stonden permanent onder water. Een situatie waar de 'ROK afspoeling zone C' op van toepassing is. Het betreft, op basis van [Groningen 1991], ongeroerde grond onder de waterstand en voor zover bekend is geen sprake van verticale grondwaterstroming. Van de waarnemingen overschrijdt 91% de waarden volgens de 'ROK afspoeling zone A&C' + 'EC3 ongeroerde grond'. Voor deze situatie lag de mediaan van de waarnemingen dus boven de waarde die in een ontwerp zou zijn aangehouden. De mediaan ligt ergens tussen de lijnen voor ongeroerde en geroerde grond. Opgemerkt dient te worden dat 100% van de waarnemingen boven de referentielijnen volgens de 'EC3 zoetwater' liggen.

Gecoate damwanden permanent onder water

De verwachting is dat gecoate damwanden in eenzelfde situatie minder dikteafname zullen vertonen dan ongecoate damwanden en dat blijkt ook het geval voor de zone die permanent onder water staat, zie Tabel 3.17. Gemiddeld 70% van waarnemingen overschrijden de waarden van de referentielijnen voor de 'EC3 zoetwater' en 12% van de waarnemingen overschrijden de referentielijnen voor 'ROK afspoeling zone A&C'.

Gecoate damwanden niet permanent onder water

In de zone die niet permanent onder water staat (Tabel 3.17) overschreden gemiddeld 47% van de waarnemingen de waarden van de referentielijnen voor de 'EC3 zoetwater' en 37% van de waarnemingen overschrijden de referentielijnen voor 'ROK afspoeling zone B'.

Gecoate damwanden spatzone

In de spatzone (Tabel 3.17) overschreden gemiddeld 13% van waarnemingen de waarden van de referentielijnen voor 'EC3 zoetwater' en voor 'EC3 lucht'.

Gecoate damwanden atmosferische zone

In de atmosferische zone (Tabel 3.17) onderschreden alle waarnemingen alle referentielijnen.

Samenvattend

Het geheel overziende en rekening houdend met de verwachting dat coating de dikteafname bij stalen damwanden vermindert, lijkt het erop dat voor een ongecoate stalen damwand:

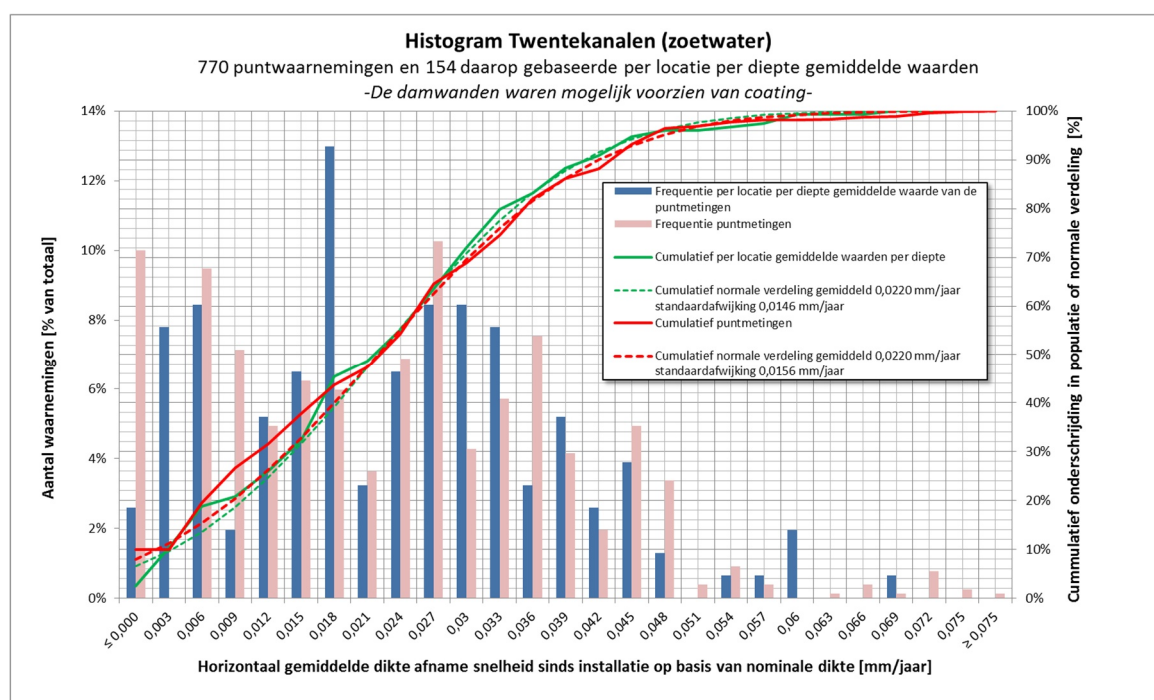
- de referentielijnen op basis van de waarden voor 'EC3 zoetwater' een grote onderschatting geven van de te verwachten dikteafname in situaties onder afspoelcondities.
- de referentielijnen op basis van de waarden van 'ROK afspoeling zone A&C en B' voor zoetwater een onderschatting kunnen geven van de te verwachten dikteafname in situaties onder afspoelcondities. Het betreffen geen rekenwaarden maar ook geen karakteristieke waarden maar liggen meer dichtbij de gemiddelde waarde.
- De referentielijnen op basis van de waarden voor 'EC3 zoetwater' voor de dikteafname in de spatzone liggen misschien lager dan de karakteristieke waarde maar liggen meer rond de gemiddelde waarde.

3.5 Histogrammen

In deze paragraaf worden van drie populaties, waar de leeftijd beperkt van varieert, histogrammen gemaakt van de horizontale gemiddelde snelheid van de dikteafname van de damwand sinds de aanleg. Door de dikteafname te normaliseren op de leeftijd kunnen de waarnemingen uit verschillende jaren met elkaar worden vergeleken. Bovendien kan op deze wijze beter inzicht worden verkregen in de verdeling van de snelheid in de dikteafname.

3.5.1 Twentekanalen

De leeftijd van de damwanden langs de Twentekanalen (Figuur 3.31) op het moment van diktemeting varieerde tussen 19 en 28 jaar en was gemiddeld 24 jaar. Het aantal diktemetingen is 770 met 154 daarop gebaseerde horizontaal gemiddelden. Beide populaties zijn in het histogram uitgezet. Daarnaast zijn van beide populaties de cumulatieve onderschrijdingspercentages met continue lijnen uitgezet. Van de populatie van de 770 individuele diktemetingen was de gemiddelde corrosiesnelheid (snelheid van dikteafname) 0,022 mm/jaar en de standaardafwijking 0,0156 mm/jaar. Van de populatie van de 154 horizontaal gemiddelde diktemetingen was de gemiddelde corrosiesnelheid 0,022 mm/jaar en de standaardafwijking 0,0146 mm/jaar. Om te onderzoeken in hoeverre de waargenomen frequentie verdeling overeenkomt met een normale verdeling zijn voor de gemiddelden en de standaardafwijkingen met gestreepte lijnen de cumulatieve onderschrijdingsfrequenties weergegeven in Figuur 3.31. Uit Figuur 3.31 volgt dat de verdeling van de dikteafname snelheid op basis van de metingen goed overeenkomt met een normale verdeling.



Figuur 3.31 Histogram en cumulatieve onderschrijdingspercentages van de snelheid van de dikteafname (corrosiesnelheid) op basis van diktemetingen op stalen damwanden langs de Twentekanalen (uit Groep A) met een leeftijd tussen 19 en de 28 jaar en gemiddeld 24 jaar

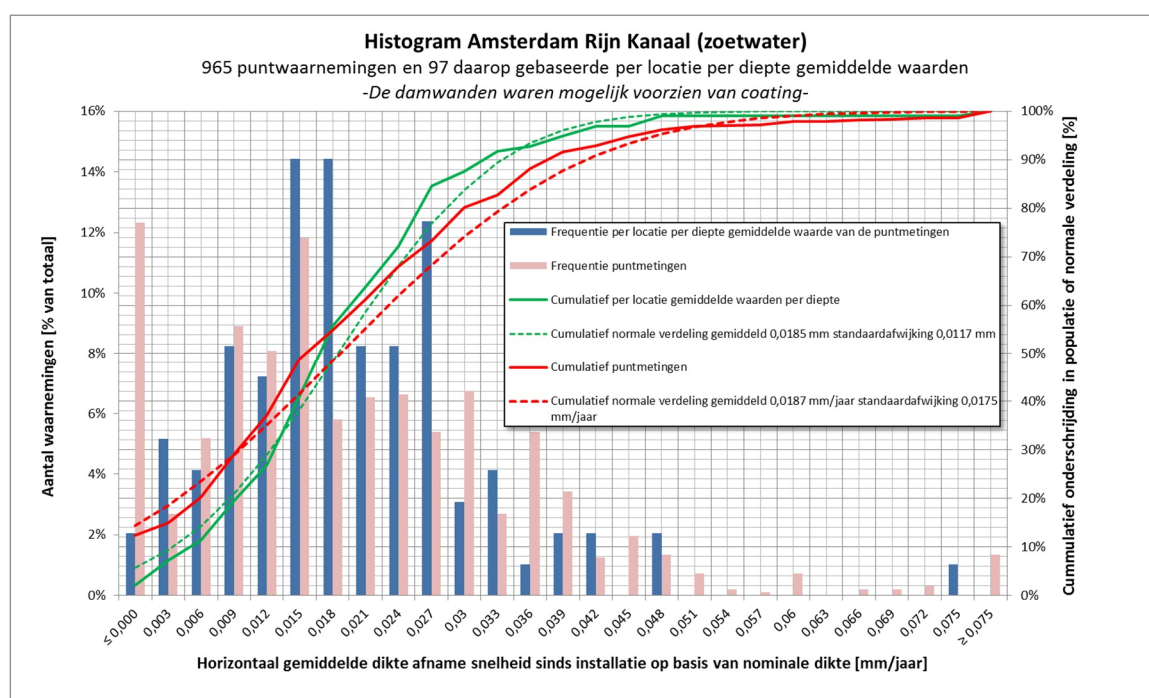
De variatiecoëfficiënt op regionale schaal van de horizontale gemiddelde snelheid in dikteafname bedraagt voor de Twentekanalen $V_{h,regionaal} = 0,0146/0,0220 = 0,66$. Alhoewel de variatie per locatie beperkt is (met als minimum $V_{h,loc} = 0,04$ en gemiddeld $V_{h,loc} = 0,2$) zoals in Figuur 2.27 is te zien, resulteert de grote spreiding in alle locatie-gemiddelden (gemiddelde van alle waarnemingen per locatie) van $V = 0,62$ in de hoge waarde van $V_{h,regionaal} = 0,66$. Bij de

Twentekanalen kan mogelijk door clustering van aansluitende locaties lokaal tot gedeelten met een lagere variatiecoëfficiënt worden gekomen.

3.5.2 Amsterdam-Rijnkanaal

De leeftijd van de damwanden van het Amsterdam-Rijnkanaal (Figuur 3.32) op het moment van de diktemeting varieerde tussen 21 en 57 jaar en was gemiddeld 38,5 jaar. Het aantal diktemetingen is 965 met 97 daarop gebaseerde horizontaal gemiddelden. Beide populaties zijn in het histogram uitgezet. Daarnaast zijn van beide populaties de cumulatieve onderschrijdingspercentages met continue lijnen uitgezet. Van de populatie van de 965 individuele diktemetingen was de gemiddelde corrosiesnelheid 0,0187 mm/jaar en de standaardafwijking 0,0175 mm/jaar. Van de populatie van de 97 horizontaal gemiddelde diktemetingen was de gemiddelde corrosiesnelheid 0,0185 mm/jaar en de standaardafwijking 0,0117 mm/jaar. Om te onderzoeken in hoeverre de waargenomen frequentieverdeling overeenkomt met een normale verdeling zijn voor de gemiddelde en standaardafwijkingen met gestreepte lijnen de cumulatieve onderschrijdingsfrequenties weergegeven in Figuur 3.32. Uit Figuur 3.32 volgt dat de verdeling van de dikteafname snelheid op basis van de metingen goed overeenkomt met een normale verdeling.

De variatiecoëfficiënt op regionale schaal van de horizontale gemiddelde snelheid in dikteafname is voor het Amsterdam-Rijnkanaal $V_{h;regionaal} = 0,0117/0,0185 = 0,63$. Deze waarde is qua grootte vergelijkbaar met de waarde gevonden bij de Twentekanalen. In tegenstelling tot de Twentekanalen was de invloed van de variatie per locatie bij het Amsterdam-Rijnkanaal significant groter op de $V_{h;regionaal}$, zie Figuur 2.21 en Figuur 2.22, en de invloed van de variatie tussen de locatie-gemiddelden is kleiner.



Figuur 3.32 Histogram en cumulatieve onderschrijdingspercentage van de snelheid van dikteafname op basis van de diktemetingen uitgevoerd op stalen damwanden langs het Amsterdam-Rijnkanaal (uit Groep A) met een leeftijd tussen 21 en de 57 jaar en gemiddeld 38,5 jaar

Bij het Amsterdam-Rijnkanaal kan door de gemiddelde en de standaardafwijking voor specifieke zones te bepalen de aanwezige situatie statistisch beter worden beschreven/benaderd. Hiertoe zijn als eerste de waarnemingen opgesplitst naar metingen in de atmosferische zone, de spatzone en de onder water zone. In Tabel 3.11 zijn de statistische kerngetallen voor deze drie zones te vinden alsmede voor alle zones te samen. Vervolgens is de onder water zone nog in tweeën uitgesplitst en de bijbehorende statistische kerngetallen zijn te vinden in de onderste twee rijen van Tabel 3.11.

Voor de atmosferische zone, de spatzone en de onder water zone $\geq 1,6$ m worden vergelijkbare standaardafwijkingen gevonden. Deze standaardafwijkingen zijn circa 20% lager dan de standaardafwijking van alle metingen tezamen. Voor de atmosferische zone en de onder water zone $\geq 1,6$ m worden daarnaast significant lagere gemiddelde waarden gevonden. Het gevolg is dat de ratio daartussen (de variatiecoëfficiënt) toeneemt ten opzichte van de variatiecoëfficiënt van alle metingen tezamen. Voor de spatzone wordt een significant hogere gemiddelde waarde ten opzichte van die van alle waarnemingen tezamen gevonden. In combinatie met de lagere standaardafwijking leidt dat tot een significante afname van de variatiecoëfficiënt ten opzichte van de variatiecoëfficiënt van alle metingen tezamen.

Om het gecombineerde effect van het gemiddelde en de standaardafwijking weer te geven zijn de hoge karakteristieke waarden in Tabel 3.11 opgenomen. De karakteristieke waarde van de spatwaterzone is gelijk aan die voor alle zones tezamen. De karakteristieke waarde van de atmosferische zone en de onderwaterzone $\geq 1,6$ m liggen echter circa 25% lager.

Voor de onderwaterzone $< 1,6$ m is de standaardafwijking iets hoger dan die van alle metingen tezamen, maar het gemiddelde is weer significant hoger. Het resultaat is dat de karakteristieke waarde 10% hoger is dan die van alle metingen tezamen.

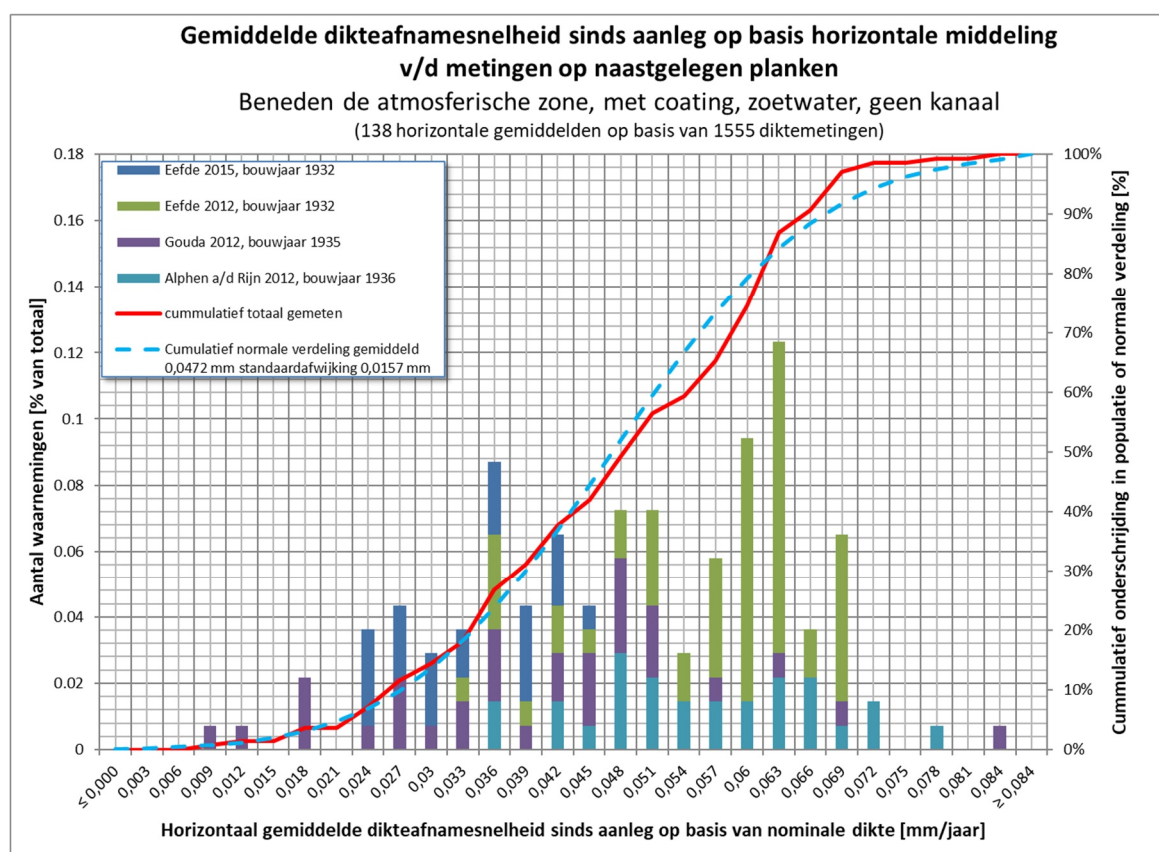
Zo'n karakteristieke waarde zegt overigens nog niets over de waarde die in berekeningen zou moeten worden toegepast. De marge die nodig is boven de gemiddelde waarde, is afhankelijk van de invloed die onzekerheid van de restdikte van het staal (variatioecoëfficiënt) op de betrouwbaarheid heeft.

Amsterdam Rijnkanaal					
	Aantal horizontaal gemiddelde waarden	Horizontaal gemiddelde snelheid in dikteafname sinds de aanleg op basis van de nominale dikte [mm/jaar]			Variatie- coëfficiënt
		Gemiddeld	Standaard- afwijking	Karakteristiek (95%)	
Atmosferisch	22	0,0119	0,0098	0,028	0,83
Spat	22	0,0229	0,0091	0,038	0,40
Onder water	54	0,0196	0,0123	0,040	0,63
Alles	98	0,0186	0,0117	0,038	0,63
Onder water < 1,6 m	33	0,0235	0,0125	0,044	0,53
Onder water $\geq 1,6$ m	21	0,0134	0,0095	0,029	0,71

Tabel 3.18 Amsterdam Rijnkanaal invloed van zonering op statistische waarden

3.5.3 Leeftijd 76 – 83 jaar

De leeftijd van de damwanden van de 4 meetsets, getoond in Figuur 3.33, varieerde op het moment van diktemeting tussen 76 en 83 jaar met een gemiddelde leeftijd van 79 jaar. Het aantal diktemetingen bedroeg 1555 met 138 daarop gebaseerde horizontale gemiddelden. Alle metingen zijn beneden de atmosferische zone uitgevoerd. De horizontale gemiddelden van de 4 populaties zijn in een histogram uitgezet. Daarnaast is van de totale populaties de cumulatieve onderschrijdingspercentages met een continue lijn uitgezet. Van de populatie van de 124 horizontaal gemiddelde diktemetingen was de gemiddelde snelheid van dikteafname (corrosiesnelheid) 0,0472 mm/jaar en de standaardafwijking 0,0157 mm/jaar dus $V_h = 0,33$. Om te onderzoeken in hoeverre de waargenomen frequentie verdeling overeenkomt met een normale verdeling is met de gestreepte lijn de bijbehorende cumulatieve onderschrijdingsfrequentie weergegeven in Figuur 3.33.



Figuur 3.33 Histogram en cumulatieve onderschrijdingspercentage van de gemiddelde snelheid van de dikteafname sinds aanleg op basis van diktemetingen op stalen damwanden die langs een kanaal staan (Groep A), met coating en met een leeftijd tussen 76 en de 83 jaar, van alle metingen. De damwanden in Eefde liggen in de voorsluis en beide andere locaties zijn onderdeel van een kade

De verdeling van de gemiddelde snelheid van de dikteafname gebaseerd op de metingen komt redelijk goed overeen met een normale verdeling (Figuur 3.33). Daarnaast is voor ieder van deze vier meetsets en de meetset tezamen in Tabel 3.19 een overzicht gegeven.

Horizontaal gemiddelde snelheid in dikteafname sinds de aanleg op basis van de nominale dikte Zoetwater, gecoate damwanden beneden atmosferische zone					
	Eefde 2015	Eefde 2012	Gouda	Alphen a/d Rijn	Totaal
Leeftijd [jaar]	83	80	77	76	79,0
Gemiddelde alles [mm/jaar]	0,032	0,056	0,038	0,054	0,0472
Standaardafwijking alles [mm/jaar]	0,0065	0,0097	0,0162	0,0105	0,0157
Variatiecoëfficiënt alles [-]	0,21	0,17	0,43	0,19	0,33
Maximum [mm/jaar]	0,045	0,069	0,081	0,076	0,081
Aantal locaties	8	1	4	7	20
Aantal horizontaal gemiddelden [#]	23	55	32	28	138
Aantal puntmetingen per horizontaal gemiddelde [#]	12	14	7	11	11,4

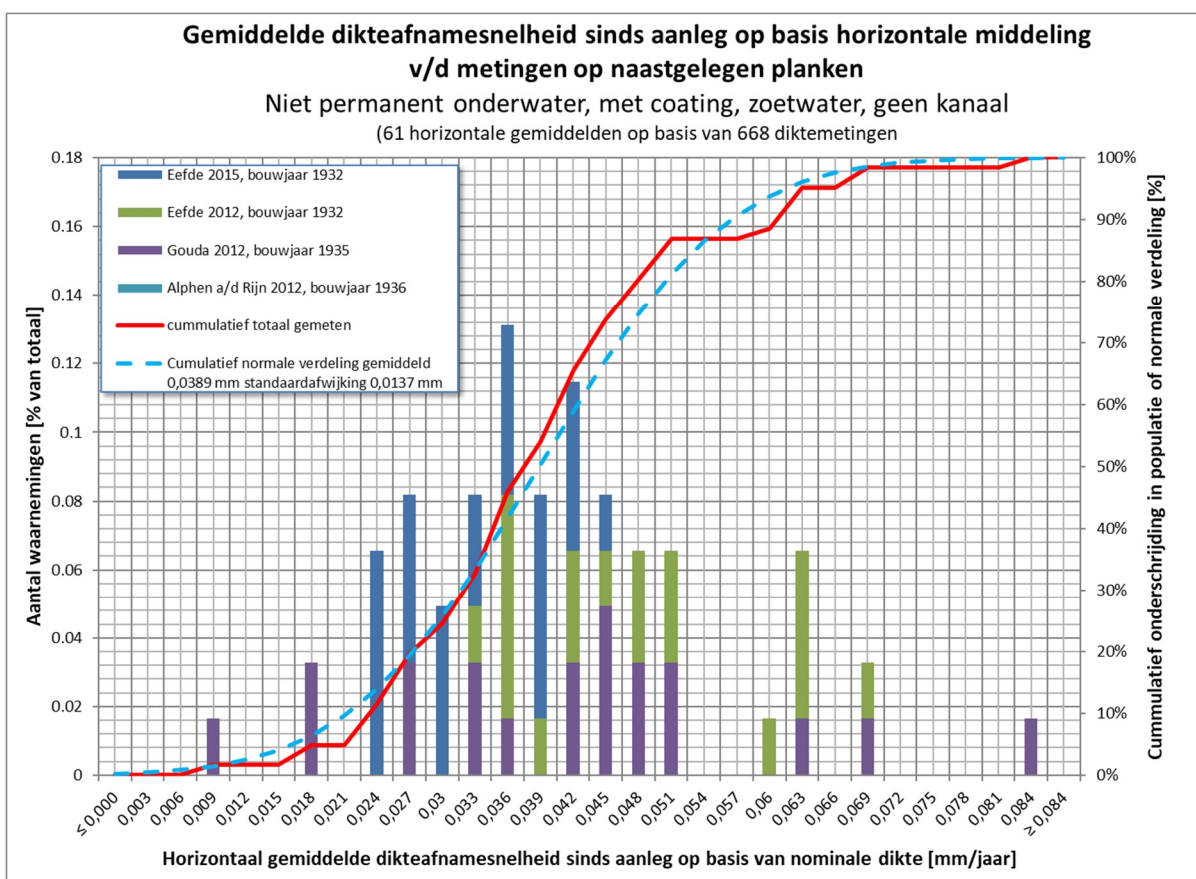
Tabel 3.19 Overzicht van de metingen in de vier oudste meetsets naar dikteafname van stalen damwanden met leeftijd tussen 76 en 83 jaar, de meetlocaties liggen beneden de atmosferische zone

Vervolgens zijn twee subsets samengesteld van meetlocaties voor de zone die niet permanent onder water ligt en voor de zone die wel permanent onder water is. Voor deze twee subsets zijn eveneens histogrammen opgesteld.

Niet permanent onder water gecoat niet langs kanaal (Groep B)

De leeftijd van de damwanden van de subset (deelverzameling) getoond in Figuur 3.34 varieerde op het moment van diktemeting tussen 77 en 83 jaar en de gemiddelde leeftijd van de damwand in de waarnemingen was 80,1 jaar. Het aantal diktemetingen is 668 met 61 daarop gebaseerde horizontale gemiddelden. De horizontale gemiddelden van de 3 populaties (Eefde 2012, Eefde 2015 en Gouda) zijn in het histogram uitgezet. De locatie Alphen a/d Rijn ligt in een kanaal en heeft geen metingen in deze zone. Van de totale populatie is vervolgens de cumulatieve onderschrijdingspercentage met een continue lijn uitgezet. Van de populatie van de 61 horizontaal gemiddelde diktemetingen was de gemiddelde corrosiesnelheid 0,0389 mm/jaar en de standaardafwijking 0,0137 mm/jaar dus $V_h = 0,35$.

Om te onderzoeken in hoeverre de waargenomen frequentieverdeling overeenkomt met een normale verdeling is met gestreepte lijn de bijbehorende cumulatieve onderschrijdingsfrequentie weergegeven in Figuur 3.34. Geconcludeerd kan worden dat de verdeling van de gemiddelde snelheid in dikteafname uit de metingen redelijk goed overeenkomt met een normale verdeling (Figuur 3.34). Bovendien is voor iedere meetset apart en voor de totale meetset een overzicht gegeven (Tabel 3.20).



Figuur 3.34 Histogram en cumulatieve onderschrijdingspercentage van de gemiddelde snelheid in dikteafname sinds de aanleg op basis van diktemetingen op stalen damwanden met coating met een leeftijd tussen 76 en de 83 jaar, zone die niet permanent onder water staan. De damwanden in Eefde liggen in de voorsluis en beide andere locaties zijn onderdeel van een kade.

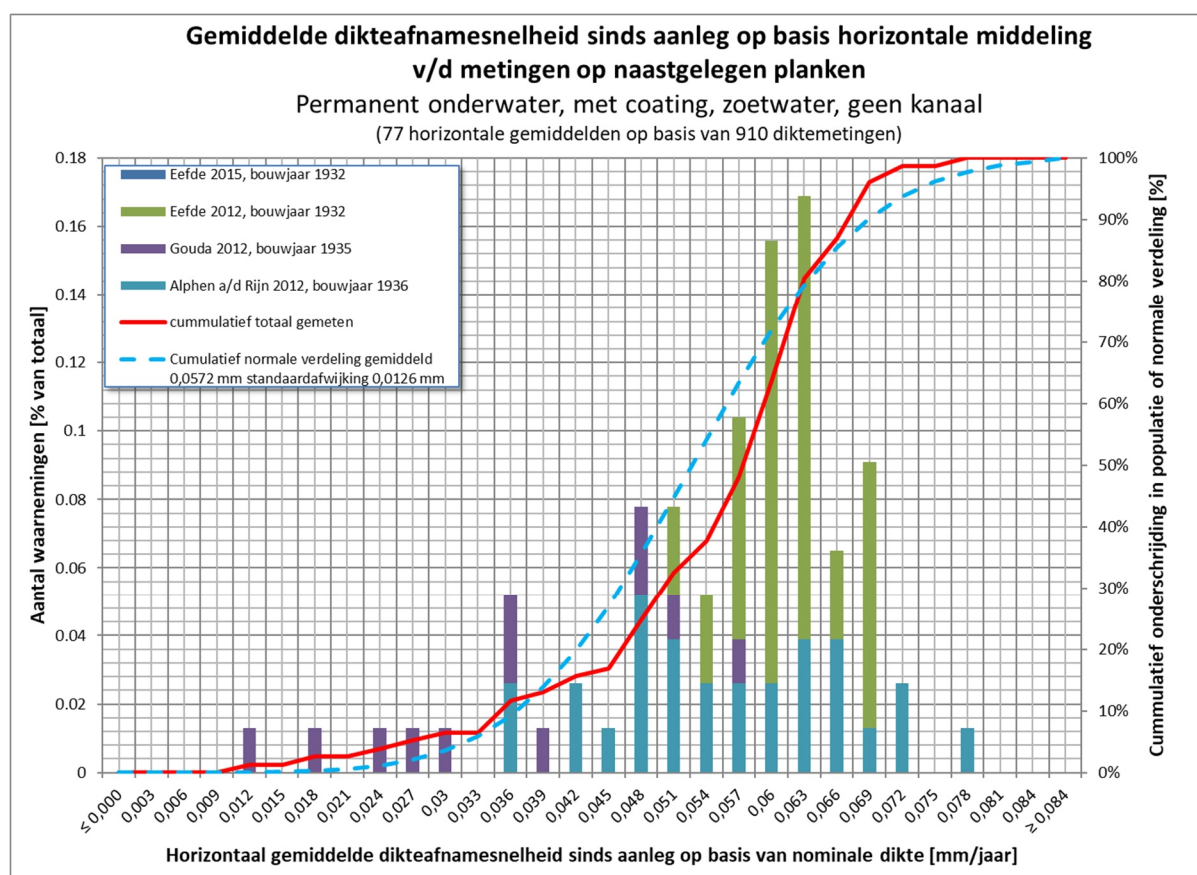
Horizontaal gemiddelde snelheid in dikteafname sinds de aanleg op basis van de nominale dikte					
Zoetwater, gecoate damwanden, zone die niet permanent onder water staat					
	Eefde 2015	Eefde 2012	Gouda	Alphen a/d Rijn	Totaal
Leeftijd [jaar]	83	80	77	-	80,1
Gemiddelde alles [mm/jaar]	0,032	0,047	0,040	-	0,0389
Standaardafwijking alles [mm/jaar]	0,0065	0,0112	0,0172	-	0,0137
Variatiecoëfficiënt alles [-]	0,21	0,24	0,43	-	0,35
Maximum [mm/jaar]	0,045	0,069	0,081	-	0,081
Aantal locaties	8	1	4	-	13
Aantal horizontaal gemiddelden [#]	23	19	20	-	61
Aantal puntmetingen per horizontaal gemiddelde [#]	12	14	7	-	11,0

Tabel 3.20 Overzicht van de metingen in de vier oudste meetsets van stalen damwanden met leeftijd van 76 t/m 83 jaar in de zone die niet permanent onder water staat

Permanent onder water gecoat en niet langs kanaal (Groep B)

De leeftijd van de damwanden van de subset getoond in Figuur 3.35 varieerde op het moment van de diktemeting tussen 76 en 80 jaar en de gemiddelde leeftijd van de damwand in de waarnemingen was 78,1 jaar. Het aantal diktemetingen is 910 met 77 daarop gebaseerde horizontale gemiddelden. De horizontale gemiddelden van de 3 populaties (Alphen a/d Rijn Eefde 2012 en Gouda) zijn in het histogram uitgezet. Bij Eefde 2015 zijn metingen in deze zone. Daarnaast is van de totale populaties de cumulatieve onderschrijdingspercentages met een continue lijn uitgezet. Van de populatie van de 77 horizontaal gemiddelde diktemetingen was de gemiddelde corrosiesnelheid 0,0572 mm/jaar en de standaardafwijking 0,0126 mm/jaar dus $V_h = 0,24$. Om te onderzoeken in hoeverre de waargenomen frequentie verdeling overeenkomt met een normale verdeling is met een gestreepte lijn de bijbehorende cumulatieve onderschrijdingsfrequentie weergegeven (Figuur 3.35).

Uit het beeld in Figuur 3.35 volgt dat de verdeling van de gemiddelde snelheid in dikteafname uit de metingen redelijk goed overeenkomt met een normale verdeling. Bovendien is voor ieder meetset apart en de totale meetset een overzicht gegeven (Tabel 3.21).



Figuur 3.35 Histogram en cumulatieve onderschrijdingspercentage van de gemiddelde snelheid in dikteafname sinds aanleg op basis van diktemetingen op stalen damwanden met coating met een leeftijd tussen 76 en de 83 jaar, voor meetlocaties die permanent onder water staat. De damwanden in Eefde liggen in de voorsluis en beide andere locaties zijn onderdeel van een kade.

Horizontaal gemiddelde snelheid in dikteafname sinds de aanleg op basis van de nominale dikte					
Zoetwater, gecoate damwanden, en meetlocaties die permanent onder water staan					
	Eefde 2015	Eefde 2012	Gouda	Alphen a/d Rijn	Totaal
Leeftijd [jaar]	-	80	77	76	78,1
Gemiddelde alles [mm/jaar]	-	0,060	0,034	0,054	0,0527
Standaardafwijking alles [mm/jaar]	-	0,0047	0,0134	0,0106	0,0126
Variatiecoëfficiënt alles [-]	-	0,08	0,39	0,19	0,24
Maximum [mm/jaar]	-	0,068	0,055	0,076	0,076
Aantal locaties	-	1	4	7	12
Aantal horizontaal gemiddelden [#]	-	37	12	28	77
Aantal puntmetingen per horizontaal gemiddelde [#]	-	14	7	11	11,8

Tabel 3.21 Overzicht de metingen in de 4 oudste meetsets van stalen damwanden met een leeftijd van 76 t/m 83 jaar voor meetlocaties die permanent onder water staan

3.5.4 Resume

De 3 populaties zoals beschouwd in de sub paragrafen 3.5.1 t/m 3.5.3 bestaan uit waarnemingen van ongeveer dezelfde leeftijd en type locatie. Bovendien liggen de waarnemingen op onderling grote afstanden van elkaar. Kortom, het betreft variaties op een regionale schaal. Alle drie de populaties waren redelijk te beschrijven met een normale verdeling.

Regionaal

De variatiecoëfficiënt op regionaalniveau lag bij de populatie gecoate damwanden langs het Amsterdam-Rijnkanaal op 0,63 en bij de populatie ongecoate damwanden langs de Twentekanalen op 0,66

De variatiecoëfficiënt op regionaalniveau van de circa 80 jaar oude damwanden bij sluizen en kaden komt voor het gedeelte beneden de atmosferische zone op $V_h = 0,33$. Opsplitsing van deze populatie in twee groepen (niet permanent onder water en permanent onder water) geeft voor de groep die niet permanent onder water staat $V_h = 0,35$ en voor de groep die wel permanent onderwater staat $V_h = 0,24$.

Nadere verfijning binnen regionale populaties

- De corrosie per locatie in de verticaal blijkt beperkt te zijn bij de Twentekanalen en daarom wordt verwacht dat bij een nadere verfijning als eerste dient te worden gezocht door aansluitende locaties met een vergelijkbare dikteafnames te clusteren om zo tot sub-trajecten te komen met een lager variatiecoëfficiënt. Maar nader onderzoek naar de omstandigheden op de meetlocaties met als doel een verklaring voor de mogelijke oorzaak van de grote verschillen langs de Twentekanalen biedt mogelijk ook kansen om te komen tot clustering. Hierbij vormen bodemopbouw/grondsoort en geohydrologie (is sprake van continue stroming?) belangrijke aspecten. Maar mogelijk spelen ook zeer locatie specifieke aspecten een rol, zoals gebruik van strooizout langs een weg.
- Bij de gecoate damwanden langs het Amsterdam-Rijnkanaal was de gemiddelde dikteafname niet uniform verdeeld over de hoogte. Bij het Amsterdam-Rijnkanaal kan de eerste verfijning op regionale schaal worden gezocht door het gemiddelde en de standaardafwijking voor specifieke zones te bepalen om zodoende de aanwezige situatie beter te beschrijven/benaderen. Daarnaast biedt als tweede, net als bij de Twentekanalen, ook clustering bij het Amsterdam-Rijnkanaal mogelijkheden voor een nadere verfijning waarbij zeker de staat van de coating dienen te worden beschouwd omdat deze waarschijnlijk een belangrijke rol speelt.

- Binnen de populatie van de circa 80 jaar oude gecoate damwanden onder afspoelcondities was geen eenduidige trend als functie van de diepte te herkennen, wat mogelijk komt door de verschillen die gelden voor de locaties (wel of geen kanaal). Vooralnog is uitbreiding van het aantal cases nodig om aan te kunnen geven waar de grootste kansen voor verfijning liggen. Opgemerkt dient te worden dat gezien de gevonden significant hogere variatiecoëfficiënten bij de kanalen, een gerede kans bestaat dat uitbreiding van de cases met oude damwanden leidt tot een hogere generieke variatie. De huidige lage waarde kan dus een statistische toevalligheid betreffen.
- Om te clusteren naar omgevingsfactoren zal het statistisch gezien nodig zijn, dat de populatie groot genoeg is om het effect op corrosie per factor te herkennen, en met aanvullende cases te toetsen. Het is hierbij van belang, en een uitdaging, om op pragmatische wijze te focussen op de meest dominante invloeden en niet te verzanden in de vele invloeden en hun interactie.

Op basis van:

- de V_h per (deel)corrosiezone in §3.5.3 van nabijgelegen meetlocaties (raaien) voor de circa 80 jaar oude damwanden,
- de V_h per (deel)corrosiezone bij de diverse objecten langs de Hoofdvaarweg Lemmer-Delfzijl in de samenvattende Tabel 2.7. van §2.8 en meewegende dat de waarden in Tabel 2.7 gebaseerd zijn op de diktemeting van slechts één enkel damwandprofiel per locatie en op één meetniveau per corrosiezone,

lijkt de V_h voor nabijgelegen locaties voor (deel)corrosiezones over het algemeen voor de zones met de grootste dikteafname te kunnen liggen in de range van 0,1 à 0,3. Voorwaarde is wel dat met het cluster van nabijgelegen locaties op meerdere niveaus per corrosiezone wordt gemeten om op basis van het verloop van de dikteafname met de diepte deelcorrosie zones te kiezen en/of een clustering van locaties te bepalen.

4 Conclusies

In dit rapport is aan de hand van beschikbare diktemetingen van stalen damwand constructies een “pragmatische” analyse gemaakt. Doel van de analyse was het komen tot inzichten rondom de werkelijk optredende absolute grootte van corrosie (dikteafname), trends in het corrosieverloop in relatie tot de verticale en horizontale positie op de damwandplank en het maken van een eerste vergelijking met de deterministische getallen opgenomen in vigerende normen en richtlijnen.

De analyse was noodgedwongen pragmatisch aangezien de beschikbare diktemetingen in dit onderzoek reguliere metingen uit de praktijk betreffen en geen wetenschappelijke uitgevoerde uitgebreid gedocumenteerde metingen. Na beoordeling op geschiktheid (zoetwater, ultrasone meting, meerdere metingen per locatie, compleetheid van de informatie en consistentie in de meetresultaten), bleken de metingen van een kwart van de locaties voldoende geschikt voor deze eerste “pragmatische” analyse naar mogelijke trends.

Onderstaand zijn de opgedane inzichten toegelicht en geclusterd per onderwerp.

Huidige praktijk van diktemetingen

- 1 De wijze waarop diktemetingen worden uitgevoerd, de deskundigheid van de operators alsmede de hoeveelheid meetpunten en positie van de meetpunten varieert sterk van 1 meting op de waterlijn tot 770 metingen op één locatie waarbij met diepte intervallen van 0,1 m op zes naastgelegen planken is gemeten. In meer dan de helft van de beschouwde meetrapportages ontbreekt essentiële informatie en/of bevat foutieve informatie.

Variatie in dikteafname

- 2 De spreiding van dikteafname tussen individuele puntmetingen is fors, maar wel karakteristiek voor een gecorrodeerd oppervlak.
- 3 De variatiecoëfficiënt van de, over meerdere naast elkaar gelegen damwandplanken, van horizontaal gemiddelde, van de dikteafname per diepte (V_h) is significant kleiner dan de variatiecoëfficiënt (V) van de desbetreffende individuele meetpunten.
De variatiecoëfficiënt (V_h) per corrosiezone van nabijgelegen meetlocaties (raaien) (op een schaal van tientallen meters) lijkt te liggen in de range van 0,1 à 0,3 en op regionale schaal (schaal van tientallen kilometers) is dat hoger: bij de Twentekanal en Amsterdam-Rijnkanaal is een V_h van circa 0,65 gevonden.
- 4 De gemiddelde dikteafname van ongecoate damwanden langs kanalen (Twentekanal) lijkt over de hoogte van de onderwaterzone beperkt te variëren. De gemiddelde dikteafname net boven de bodem is circa 20% lager dan het gemiddelde in de onderwaterzone erboven. De variatiecoëfficiënt ($V_h \sim 0,65$) gevonden bij de Twentekanal wordt bepaald door de relatief grote verschillen in de gemiddelde dikteafname per locatie.

Bij gecoate damwanden langs kanalen (bijvoorbeeld het Amsterdam-Rijnkanaal) lijkt de dikteafname significant meer over de hoogte te variëren dan bij de ongecoate damwanden van de Twentekanal. De gemiddelde dikteafname in de zone vanaf 1,5 m

onder de waterlijn en dieper was circa 50% lager van het gemiddelde rond de waterlijn. Rond de waterlijn kwam de gemiddelde snelheid in dikteafname bij de gecoate damwanden langs het Amsterdam-Rijnkanaal ongeveer overeen met het gemiddelde van de ongecoate damwanden langs de Twentekanalen.

Daarnaast bestaat bij de gecoate damwanden langs het Amsterdam-Rijnkanaal een significante variatie in het verloop met de diepte tussen de individuele meetlocaties. De variatiecoëfficiënt bij de Amsterdam-Rijnkanaal ($V_h \sim 0,65$) wordt anders dan bij de Twentekanalen voor een groot deel bepaald door de variatie per locatie. De oorzaak van de variatie wordt mogelijk veroorzaakt door de variatie in de conditie van de coating.

- 5 De verdeling van de snelheid in dikteafname van de drie meetsets waarvan histogrammen zijn opgesteld: Amsterdam-Rijnkanaal, Twentekanalen en de circa 80 jaar oude damwanden was redelijk goed te beschrijven met een normale verdeling.

Gemiddelde dikteafname

- 6 Gemiddeld overschrijden circa 1/3 van de waarnemingen van de damwanden langs kanalen (geen afspoelcondities) de waarden conform [NEN-EN1993-5] en die lijken daarom geen bovengrenswaarden te betreffen maar meer in de omgeving van de verwachtingswaarden te liggen. De gemiddelde overschrijdingsfrequentie lag bij de ongecoate damwanden 20% hoger dan bij de gecoate damwanden.
- 7 Systematische verschillen tussen de corrosie van de voorflens en de achterflens lijken op te kunnen treden. In sommige gevallen lijken verschillen op te treden die dusdanig groot zijn dat ze van invloed zijn op de sterkte (weerstandsmoment).

Eroderende/ afspoelcondities

- 8 De gemiddelde snelheid in dikteafname (corrosiesnelheid) sinds de aanleg van ongecoate damwanden die niet in een kanaal stonden (sluisfuij) is hoger dan gevonden bij damwanden langs kanalen. Het gemiddelde ligt 15% hoger dan de waarden voor 'ROK-afspoelcondities zone A&C' gecombineerd met ongeroerde grond [NEN-EN1993-5] die hiervoor over het algemeen bij een ontwerp zouden worden gehanteerd.
- 9 De coating van damwanden die niet langs een kanaal stonden (o.a. bij sluizen en kaden), blijkt in de onderzochte gevallen, buiten de atmosferische zones, na circa 80 jaar niet meer intact. De waargenomen dikteafname bij deze damwanden is dan ook groot, met een gemiddelde snelheid in dikteafname (corrosiesnelheid) sinds aanleg die circa het dubbele bedraagt van de waarde bij ongecoate damwanden langs kanalen.

Het lijkt erop dat, zolang de coating intact is, van damwanden die niet langs een kanaal stonden onder afspoelcondities, de gemiddelde snelheid in dikteafname sinds de aanleg lager is dan bij ongecoate damwanden langs een kanaal. Zodra de coating van de damwand af is, dan neemt de snelheid in dikteafname onder afspoelcondities fors toe. Na circa 80 jaar bedraagt de gemiddelde snelheid in dikteafname sinds de aanleg dan het dubbele van damwanden langs kanalen.

De gemiddelde snelheid in dikteafname voor het gedeelte dat permanent onder water lag, komt ongeveer overeen met de gemiddelde ontwerpwaarden voor deze locaties: *het gemiddelde ongeroerde en ongeroerde grond [NEN-EN1993-5] plus de waarde van voor 'ROK-afspoelcondities zone A&C' en een levensduurverlenging door coating van ongeveer 15 jaar.* Voor het gedeelte dat niet permanent onder water lag, lagen de

gemeten waarden hoger dan de gemiddelde ontwerpwaarde uitgaande van: 'ROK-afspoelcondities zone B'.

Vrij vertaald lijkt het, op basis van diktemetingen van de circa 80 jaar oude damwanden, dat de waarden van de ROK voor eroderende/ afspoelcondities in lijn zijn met de gemiddelde waarnemingen en lijken geen bovengrenswaarden te betreffen.

Eindconclusies

Op basis van de "pragmatische" analyse van de verzamelde metingen lijkt het dat de waarden voor corrosie in zoetwatercondities die in de [NEN-EN1993-5] en ROK voor afspoelcondities vermeld staan, globaal in lijn liggen met wat gemiddeld is waargenomen. Voor de corrosie zonder afspoel zoetwatercondities lijken de waarden die in [NEN-EN1993-5] vermeldt staan, globaal in lijn liggen met wat gemiddeld is waargenomen.

Gezien de grote spreiding waargenomen in de horizontale gemiddelde dikteaafnames lijken de op gemiddelde waarden uit de [NEN-EN1993-5] en ROK voor afspoelcondities niet zonder meer geschikt voor beoordeling van een bestaande stalen damwandconstructie of van een nieuw ontwerp. De grootte van de extra marge die nodig is om onzekerheid in dikteaafname in een beoordeling mee te nemen is natuurlijk afhankelijk van de invloed op de betrouwbaarheid. De uit "pragmatische" analyse volgende inzichten op de werkelijke variatie op kleine tot regionale schaal kunnen als basis dienen voor een eerste verkenning naar de grootte van een benodigde marge.

De voorspelling van de dikteaafname is geen exacte wetenschap en zal, net zoals het voorspellen van de zetting op een bepaald tijdstip, altijd met onzekerheden zijn omgeven. Daarom dient hier ook op een pragmatische manier mee te worden omgegaan. Deze pragmatische manier behelst een semi-empirische aanpak bestaande uit een combinatie van diktemetingen, inspectie en monitoring. Dit is een uitdagende taak: het vereist minimaal een eenduidig meetprotocol omdat duidelijk is dat anders onvoldoende zaken worden vastgelegd en/of metingen op meerdere manieren kunnen worden geïnterpreteerd. Het vergt mogelijk ook een andere wijze van denken bij de beoordelaars en asset managers.

Hiertegenover staat echter een aanzienlijke winst. Door een meer rationeel ontwerp en beoordelingskader kan de (rest)levensduur van stalen damwanden betrouwbaarder worden geschat en worden geoptimaliseerd. Vervolgens kunnen investeringen mogelijk worden uitgesteld dan wel onveilige situaties worden voorkomen.

Het beeld dat ontstaat is dat het belangrijk is inzicht te hebben in het verloop van de gemiddelde snelheid in dikteaafname in de tijd evenals inzicht in de mate van variatie. Binnen een rationeel, op probabilistisch gestoeld, ontwerp- en beoordelingskader klinkt het logisch dat juist een onzekere (en belangrijke) parameter zoals corrosie als stochast wordt meegewogen. Op dit moment is de constatering dat dit niet gebeurt binnen de relevante normen en richtlijnen. In plaats daarvan worden deterministische getallen gehanteerd waarvan onvoldoende duidelijk is of dit gemiddelden, extremen of andere waarden zijn. De gevonden waarden binnen dit onderzoek suggereren dat de waarden in normen en richtlijnen meer gemiddelde waarden zijn dan karakteristieke en/of bovengrenswaarden.

5 Aanbevelingen

Meetprotocol en database

- 1 Opstellen van een standaardmeetprotocol voor diktemetingen van damwanden uitgaande van metingen op zes naast elkaar gelegen damwandplanken en bijbehorende informatie. Door het verdelen van de meetpunten over meerdere planken kan de horizontale gemiddelde dikteafname over de mechanismelengte nauwkeuriger worden benaderd en kunnen de systematische verschillen tussen de voor- en achterflens beter worden waargenomen.
- 2 Opzet van een nationale database waarin de beheerders de meetgegevens voor de langere termijn kunnen opslaan én terugvinden. Vervolgens kan deze verzameling van diktemetingen gebruikt worden voor het opstellen van een beoordeling van bestaande damwanden, van een verbouw of van een vervanging en kunnen rationele inspectiemomenten worden gekozen.

Variatie van corrosie op verschillende lengte schalen

- 3 Het wordt aanbevolen om gedetailleerd systematisch onderzoek op enkele typische locaties uit te voeren naar de variatie van de dikteafname (corrosie) op de verschillende lengteschalen, punt (cm), mechanismelengte (m), damwand-vaklengte (hm/km) uit te voeren. Dit is nodig om te kunnen komen tot een beheers- en veiligheidsfilosofie die afgestemd is op een nauwkeurigere benadering van de “werkelijke” technische restlevensduur.

Invloedsfactoren

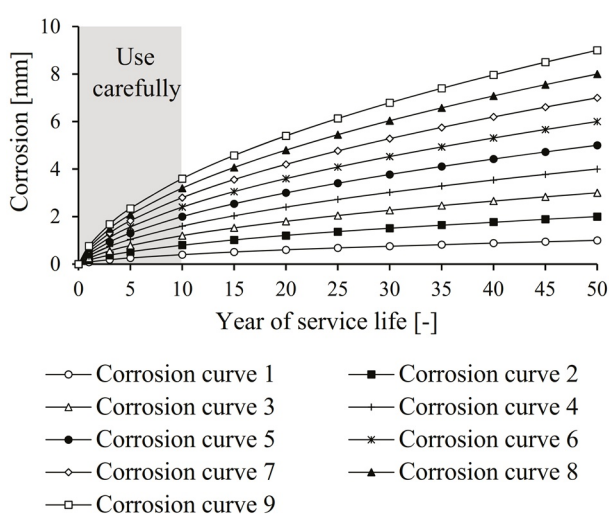
- 4 Uitvoeren van nader onderzoek naar de omgevingsfactoren bij ongecoate damwanden. Uit de gemaakte analyse lijken de verschillen per locatie over de hoogte beperkt, maar de verschillen tussen de diverse locaties zijn groot. Zijn deze verschillen te herleiden tot de invloed van de omgevingsfactoren: grondopbouw, geohydrologie e.d.?

Verloop met de diepte

- 5 Nader onderzoek naar de corrosie over de volledige hoogte van de damwand dus ook op het niveau nabij de waterbodem, in de eventuele sliblaag op de waterbodem en dieper. Is de dikteafname op het niveau van de waterbodem en dieper, systematisch lager dan in de waterzone? Zijn er verschillen tussen ongecoate en gecoate damwanden? Hoe groot is de dikteafname onder het verticale niveau waar de coating eindigt? Dit onderzoek is nodig voor een betere beoordeling van het inklemmingsmoment.
- 6 Nader onderzoek naar het verloop van de corrosie van ongecoate damwanden onder afspoelcondities. Hoe is het verloop met de diepte; treden systematische verschillen zoals benoemd in de ROK tussen zone A & C en Zone B inderdaad op? Zijn er significante, systematische verschillen tussen de voor- en achterflens?
- 7 Nader onderzoek naar de variatie in de verschillen van het verloop van de corrosie over de diepte bij gecoate damwanden. Waardoor wordt dit veroorzaakt? Wat is de relatie met de conditie van de coating? Bestaat een systematiek? Wat is de lengteschaal van de variatie?

Verloop in de tijd

Nader onderzoek het verloop van de dikteafname (corrosie) als functie van de tijd. Is het mogelijk om het verloop voor zoetwatercondities te vatten in enkele standaard curves (Figuur 5.1) welke kunnen worden gehanteerd in een 'corrosiemodel'. Zoals de corrosie curves die Jongbloed op basis van de beschikbare informatie voor de Nederlandse zeehavens heeft opgesteld en recent zijn gehanteerd in [TUDelft 2019], zie Figuur 5.1. Dergelijke curves kunnen bij het ontwerp met een regionaal gemiddelde en een regionale variatie worden toegepast. Bovendien kunnen de curves worden toegepast bij een beoordeling van de levensduur op basis van diktemetingen en vervolgens locatie specifiek worden toegepast met een lokaal gemeten gemiddelde en spreiding.



Figuur 5.1 De Jongbloed corrosie curves [TUDelft 2019]

Veiligheidsfilosofie

- 8 Ontwikkelen van een veiligheidsfilosofie toegespitst op de beoordeling van bestaande damwandconstructies én nieuwe damwanden waarin de invloed van de variatie van de corrosie op de betrouwbaarheid aan het einde van de levensduur wordt meegenomen. In deze veiligheidsfilosofie zou, gezien de resultaten van dit onderzoek, de verzamelde diktemetingen en inspectieresultaten van de stalendamwanden centraal dienen te staan omdat de onzekerheid dan op rationale wijze effectief kan worden beheerst en de (rest)levensduur gemaximaliseerd.


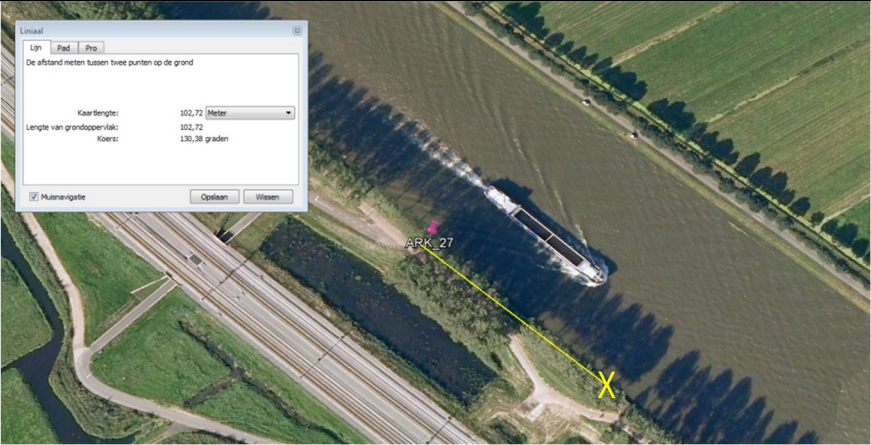
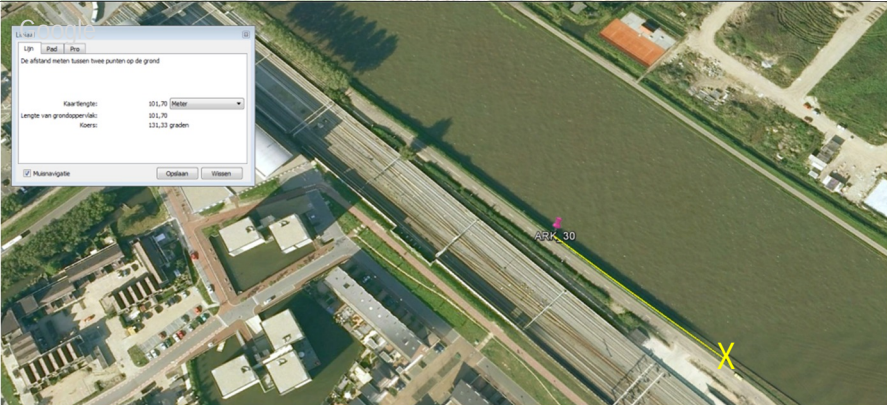
Literatuur

- [AHN2] Dataset: Actueel Hoogtebestand Nederland (AHN2) inwinjaren 2007 t/m 2012
- [Acotec 2011] Inspectie van de damwand noordelijke zijde Moervaart Inspectierapport 95225, Acotec, 2011
- [Acotec 2012a] Inspectie van de damwand aan de sluis van Eefde, Nederland in opdracht van Rijkswaterstaat, Inspectierapport EE-RWS-NL-KC-01, Acotec, 4 april 2012
- [Acotec 2012b] Inspectie Julianahaven en Gouwekade provincie Zuid-Holland, Nederland, Inspectierapport DH-HDH-NL-YS-01 Acotec, 17-10-2012
- [Acotec 2012c] inspectie nieuwe kade Marlux Gent, België, inspectierapport GE-MAR-BE-YS-01, Acotec 7-11-2012
- [Arcadis 2014] Statistische analyse damwanddiktes, 077961948:A Arcadis 5 augustus 2014
- [Bierman 2011] Sluiscomplex Eefde cultuurhistorische verkenning, concept1, Bierman Henket architecten, Esch 24 maart 2011
- [DeKlerk 2016] Keuringsformulier Hollandsche IJsselkering, Projectcode 15A01 de Klerk staalconstructies, Werkendam, 11-08-2016
- [Deltares 2019] Corrosie van damwanden in zoetwater; Deel 1 - Literatuurstudie 11200741-012-HYE-0004_v1.0, Deltares van juli 2019
- [DHV 2012a] Voorbereiding herstel oevers ARK Rapportage damwanddiktemetingen en visuele inspectie damwanden Amsterdam-Rijnkanaal, dossier : BA6338-101-100 registratienummer LW-AF20113337 versie 2, DHV B.V. maart 2012
- [DHV 2012b] Voorbereiding herstel oevers ARK, Geotechnisch rapport prioritering herstel damwanden dossier : BA6338-101-100 registratienummer : LW-AF20113212 versie : 2.0, DHV, maart 2012
- [DVA 2015] Inspectie damwanden Sluis Eefde, 0459 RAP 001 WBR , DVA Engineering B.V., 2015
- [GP 2017]. Update: Proef containeroverslag op Sluiseiland? Marianka Peters, Goudse Post 17 maart 2017
- [Groningen 1991] Bestek 2/1991 Vernieuwing Oostersluis, bouw schutsluis. Provinciale waterstaat Groningen, Dienst: verkeer, vervoer en infrastructuur, 1991
- [Nebest 2017a] 07F-126-01 Woldbrug Oeverinspectie grondkerende constructie nabij kunstwerk, rapportnummer 31459, Nebest Duikinspecties B.V., 30 oktober 2017
- [Nebest 2017b] 07E-105-01 Bloemhofbrug Oeverinspectie grondkerende constructie nabij kunstwerk, rapportnummer 31459, Nebest Duikinspecties B.V., 30 oktober 2017
- [Nebest 2017c] 07D-133-01 Borgbrug Oeverinspectie grondkerende constructie nabij kunstwerk, rapportnummer 31459, Nebest Duikinspecties B.V., 30 oktober 2017
- [Nebest 2017d] 07D-002-04 Oostersluis Oeverinspectie grondkerende constructie nabij kunstwerk, rapportnummer 31459, Nebest Duikinspecties B.V., 30 oktober 2017
- [Nebest 2017e] 06H-111-02 Brug Stroobos Oeverinspectie grondkerende constructie nabij kunstwerk, rapportnummer 31459, Nebest Duikinspecties B.V., 30 oktober 2017

- [Nebest 2017f] 06G-305-02 Brug Blauwverlaat Oeverinspectie grondkerende constructie nabij kunstwerk, rapportnummer 31459, Nebest Duikinspecties B.V., 30 oktober 2017
- [Nebest 2017g] 15F-001-01 Prinses Margrietsluis Oeverinspectie grondkerende constructie nabij kunstwerk, rapportnummer 31459, Nebest Duikinspecties B.V., 19 april 2018
- [Nebest 2018] Damwand Eemskanaal nabij Appingedam Duikinspectie, Rapportnummer 34021, , Nebest Duikinspecties B.V., 30 oktober 2017
- [NEN-EN 1993-5] Eurocode 3, 2007, Design of Steel Structures, Part 5: Piling. NEN-EN, 1993-05:2007
- [KpNK 2018] Resultaten workshop corrosie bestaande damwanden in zoetwater, Kennisprogramma Natte Kunstwerken 31 mei 2018, <https://www.nattekunstwerkenvandetoekomst.nl/actueel/resultaten-workshop-corrosie-bestaande-damwanden/item44>
- [RWS 2017a] Richtlijnen Ontwerp Kunstwerken ROK 1.4, RTD 1001:2017 RWS April 2017
- [RWS 2017b] Meetdata waterstanden Goudse brug periode 1993-2017, RWS
- [RWS 2018] Eefde informatie, email van Renger van de Kamp, Rijkswaterstaat aan Hans Brinkman, 26 juni 2018
- [Subcom 2009a] Twentekanaal Wanddikte metingen op zijkanaal & Twentekanaal Project nummer 118010.09 Revisie nummer 5_0 (definitief) Rapportnummer 118010.09-090307, Subcom, 13.07.2009
- [Subcom 2009b] Twentekanaal Wanddikte metingen op zijkanaal & Twentekanaal Projectnummer 118010.09 Revisienummer 10.0 (2e uitvoeringsperiode) Rapport nummer 118010.09-12082009 Subcom, 9 sept 2009
- [Subcom 2009c] Twentekanaal Doorbraaklocatie (Zijkanaal) Projectnummer 118010.09 Revisie nummer 1.0 (Doorbraak) Rapportnummer 118010.09-15092009, Subcom, 15 sep 2009
- [TUDelft 2019] Enhancing reliability-based assessments of quay walls, A.A. Roubos, <https://doi.org/10.4233/uuid:40632b7a-970e-433d-9b4e-ff2d2249b156>, Technische Universiteit Delft, 2019


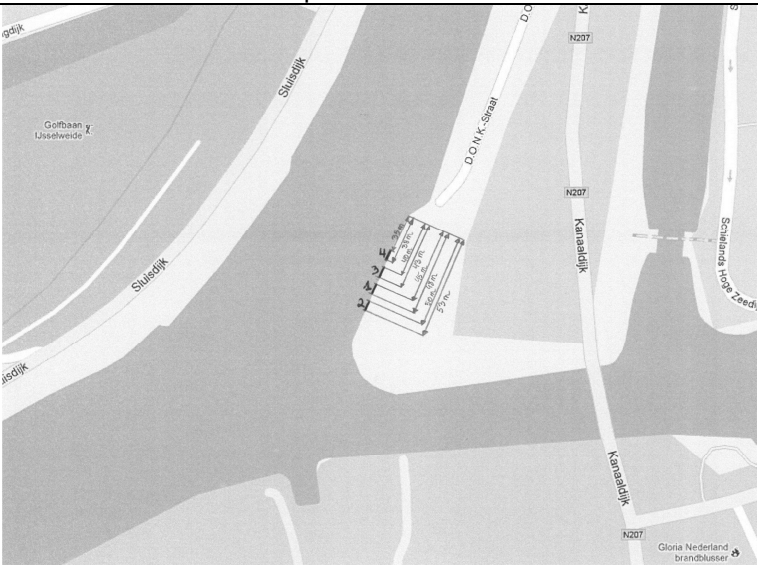
A Meetlocaties

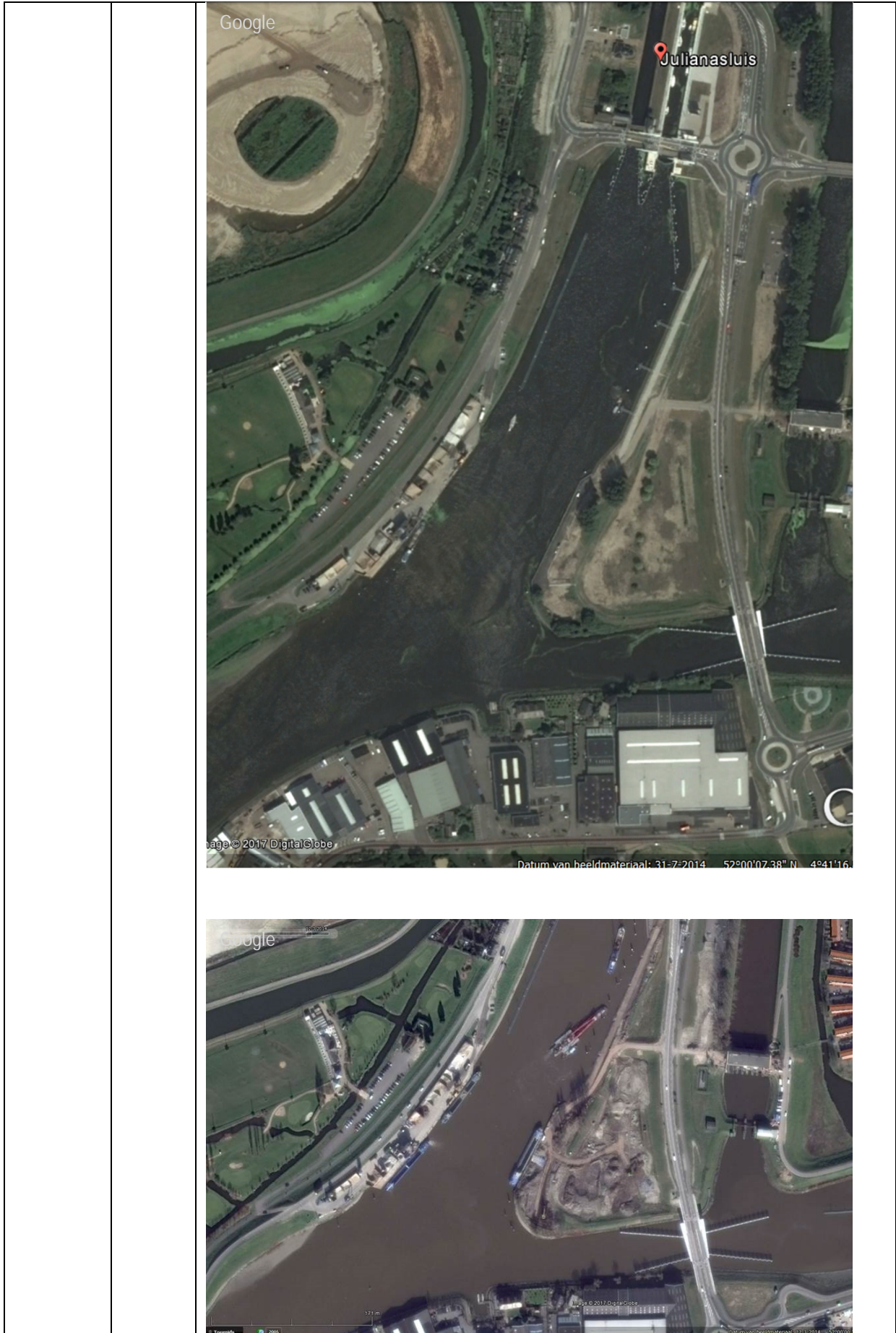
<p>ARK-2011</p>	<p>1.2 Oost</p>	
<p>ARK-2011</p>	<p>1.7 West</p>	
<p>ARK-2011</p>	<p>6.0 Oost</p>	

<p>ARK-2011</p>	<p>9.0 West</p>	 <p>Google</p>
<p>ARK-2011</p>	<p>27.1 Oost</p>	 <p>Liniaal</p> <p>De afstand meten tussen twee punten op de grond</p> <p>Kaars lengte: 102,72 Meter</p> <p>Lengte van grondoppervlakte: 102,72</p> <p>Koers: 130,38 graden</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Muuravigatie</p> <p>Optaan Wissen</p>
<p>ARK-2011</p>	<p>30.1 West</p>	 <p>Liniaal</p> <p>De afstand meten tussen twee punten op de grond</p> <p>Kaars lengte: 101,70 Meter</p> <p>Lengte van grondoppervlakte: 101,70</p> <p>Koers: 131,33 graden</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Muuravigatie</p> <p>Optaan Wissen</p>


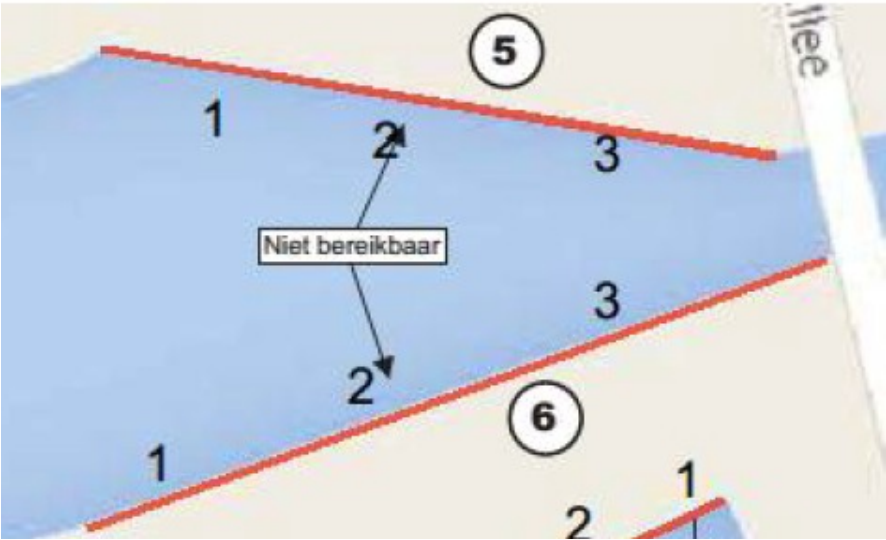
<p>ARK-2011</p>	<p>30.5 Oost</p>	
<p>ARK-2011</p>	<p>30.6 Oost</p>	
<p>ARK-2011</p>	<p>34.2 Oost</p>	

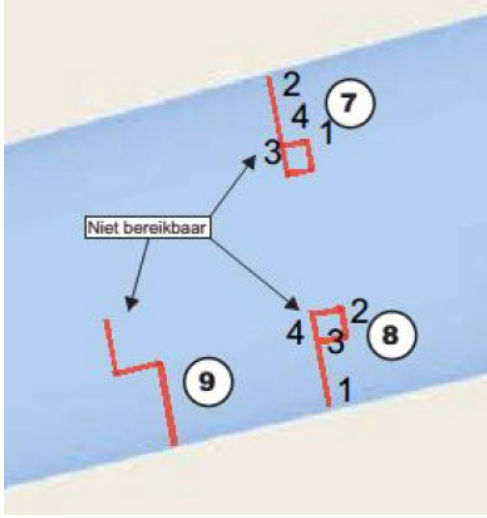
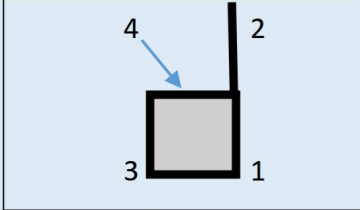
<p>ARK-2011</p>	<p>44.0 Oost</p>	
<p>ARK-2011</p>	<p>54.5 Oost</p>	

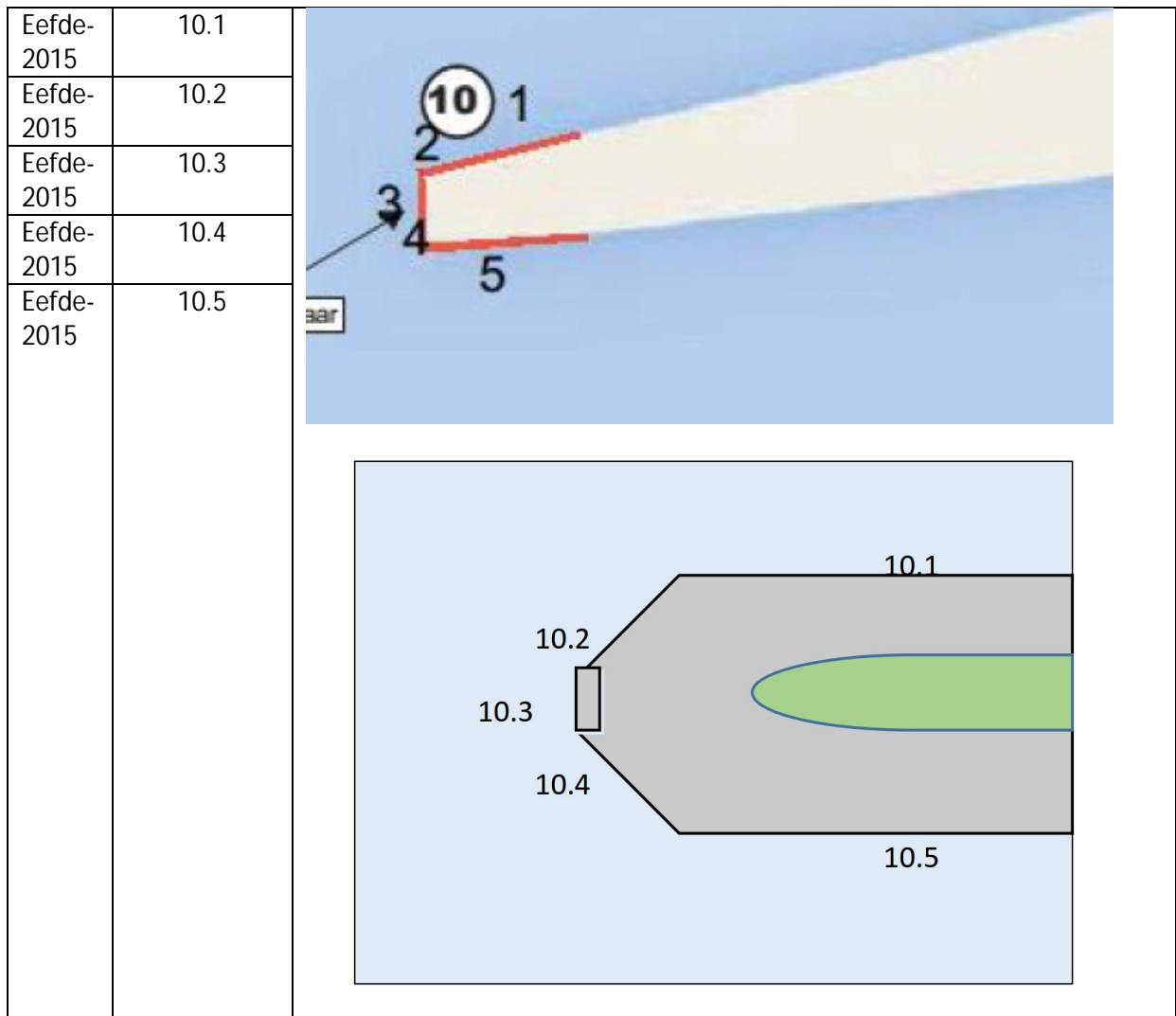
		 <p>Zicht vanaf ander oever op locatie 54.5 Oost</p>
<p>Julianaslu is-2012</p>	<p>positie 1</p>	
<p>Julianaslu is-2012</p>	<p>positie 2</p>	
<p>Julianaslu is-2012</p>	<p>positie 3</p>	
<p>Julianaslu is-2012</p>	<p>positie 4</p>	



Gouweka de-2012	Hoesch Iv positie 1	
Gouweka de-2012	Hoesch Iv positie 2	
Gouweka de-2012	Hoesch Iv positie 4	
Gouweka de-2012	Hoesch Iv positie 5	
Gouweka de-2012	Hoesch Iv positie 6	
Gouweka de-2012	Hoesch Iv positie 7	

Eefde-2015	5.1	
Eefde-2015	5.2	
Eefde-2015	5.3	
Eefde-2015	5.4	
Eefde-2015	6.1	
Eefde-2015	6.2	
Eefde-2015	6.3	
Eefde-2015	6.4	 <p>op tekening zijn er maar 3locaties en bij de metingen worden er metingen van 4 locaties bij 5 gepresenteerd</p>

Eefde -2015	7.1		
Eefde -2015	7.2		
Eefde -2015	7.3		
Eefde -2015	7.4		
Eefde -2015	8.1		Locatie 7
Eefde -2015	8.2		
Eefde -2015	8.3		
Eefde -2015	8.4		Loc




Eefde-2015	11.1	<p>The map shows a dam wall structure with 16 numbered cross-sections (11-16) along the Kapperalle. Each cross-section is marked with a red line and includes several data points with numerical values. The values generally increase from left to right and from top to bottom. The right side of the map is labeled 'Kapperalle'.</p>
Eefde-2015	11.2	
Eefde-2015	11.3	
Eefde-2015	11.4	
Eefde-2015	12.1	
Eefde-2015	12.2	
Eefde-2015	12.3	
Eefde-2015	12.3	
Eefde-2015	14.1	
Eefde-2015	15.1	
Eefde-2015	15.2	
Eefde-2015	16.1	
Eefde-2015	16.2	
Eefde-2015	16.3	
Eefde-2015	16.4	
Eefde-2015	16.5	
Eefde-2015	16.6	

Eefde -2015	18.1			
Eefde -2015	18.2			
Eefde -2015	19.1			
Eefde -2015	19.2			
Eefde -2012				
		<p>Acotec</p>		


TWE-
20093.2
TWENTEKANAAL
AL LOCATIE
064
(NOORDZIJDE)

3.2 TWENTEKANAAL LOCATIE 064 (NOORDZIJDE)

Meet resultaten																																																											
Positie					Way point 064																																																						
GPS Locatie	N: 52°14'219				E: 006°50'010																																																						
Aantal foto's	4																																																										
Foto file nr	2 t/m 6																																																										
Schade	N.v.t.																																																										
Afmeting	N.v.t.																																																										
Pitting mm	0.5 mm																																																										
Bijzonderheden	Geen bijzonderheden.																																																										
Wand dikte gegevens	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="6">Meet locatie</th> </tr> <tr> <th>Meet diepte (mm)</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Water & windlijn</td> <td>3,4</td> <td>3,4</td> <td>3,0</td> <td>3,0</td> <td>3,1</td> </tr> <tr> <td>-0,5 M</td> <td>3,3</td> <td>3,4</td> <td>3,5</td> <td>3,6</td> <td>3,7</td> </tr> <tr> <td>-1,0 M</td> <td>3,7</td> <td>3,5</td> <td>3,7</td> <td>3,8</td> <td>3,5</td> </tr> <tr> <td>-1,5 M</td> <td>3,6</td> <td>3,5</td> <td>3,5</td> <td>3,5</td> <td>3,7</td> </tr> <tr> <td>-2,0 M</td> <td>3,6</td> <td>3,4</td> <td>3,5</td> <td>3,4</td> <td>3,6</td> </tr> <tr> <td>-2,5 M</td> <td>N.v.t.</td> <td>N.v.t.</td> <td>N.v.t.</td> <td>N.v.t.</td> <td>N.v.t.</td> </tr> <tr> <td>Bodem (2,5 M)</td> <td>3,5</td> <td>3,7</td> <td>3,6</td> <td>3,8</td> <td>3,3</td> </tr> </tbody> </table>					Meet locatie						Meet diepte (mm)	1	2	3	4	5	Water & windlijn	3,4	3,4	3,0	3,0	3,1	-0,5 M	3,3	3,4	3,5	3,6	3,7	-1,0 M	3,7	3,5	3,7	3,8	3,5	-1,5 M	3,6	3,5	3,5	3,5	3,7	-2,0 M	3,6	3,4	3,5	3,4	3,6	-2,5 M	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	Bodem (2,5 M)	3,5	3,7	3,6	3,8	3,3
Meet locatie																																																											
Meet diepte (mm)	1	2	3	4	5																																																						
Water & windlijn	3,4	3,4	3,0	3,0	3,1																																																						
-0,5 M	3,3	3,4	3,5	3,6	3,7																																																						
-1,0 M	3,7	3,5	3,7	3,8	3,5																																																						
-1,5 M	3,6	3,5	3,5	3,5	3,7																																																						
-2,0 M	3,6	3,4	3,5	3,4	3,6																																																						
-2,5 M	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.																																																						
Bodem (2,5 M)	3,5	3,7	3,6	3,8	3,3																																																						
Foto																																																											
	<p>Locatie overzicht</p> <p>Pitting op schone wand.</p>																																																										


TWE-
20093.4 TWENTE
KANAAL
LOCATIE 066
(ZUIDZIJDE)

3.4 TWENTEKANAAL LOCATIE 066 (NOORDZIJDE)

Meet resultaten																																																											
Positie					Way point 066																																																						
GPS Locatie	N: 52°14'664		E: 006°49'049																																																								
Aantal foto's	1																																																										
Foto file nr	8																																																										
Schade	N.v.t.																																																										
Afmeting	N.v.t.																																																										
Pitting mm	0.5 mm																																																										
Bijzonderheden	Geen bijzonderheden.																																																										
Wand dikte gegevens	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="6">Meet locatie</th> </tr> <tr> <th>Meet diepte (mm)</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Water & windlijn</td> <td>3,2</td> <td>3,0</td> <td>3,4</td> <td>3,0</td> <td>3,2</td> </tr> <tr> <td>-0,5 M</td> <td>3,2</td> <td>3,2</td> <td>3,4</td> <td>3,2</td> <td>3,2</td> </tr> <tr> <td>-1.0 M</td> <td>3,4</td> <td>3,4</td> <td>3,6</td> <td>3,4</td> <td>3,3</td> </tr> <tr> <td>-1,5 M</td> <td>3,5</td> <td>3,5</td> <td>3,4</td> <td>3,5</td> <td>3,5</td> </tr> <tr> <td>-2.0 M</td> <td>3,3</td> <td>3,3</td> <td>3,4</td> <td>3,6</td> <td>3,5</td> </tr> <tr> <td>-2,5 M</td> <td>N.v.t.</td> <td>N.v.t.</td> <td>N.v.t.</td> <td>N.v.t.</td> <td>N.v.t.</td> </tr> <tr> <td>Bodem (2,5 M)</td> <td>3,0</td> <td>3,2</td> <td>3,3</td> <td>3,4</td> <td>3,3</td> </tr> </tbody> </table>					Meet locatie						Meet diepte (mm)	1	2	3	4	5	Water & windlijn	3,2	3,0	3,4	3,0	3,2	-0,5 M	3,2	3,2	3,4	3,2	3,2	-1.0 M	3,4	3,4	3,6	3,4	3,3	-1,5 M	3,5	3,5	3,4	3,5	3,5	-2.0 M	3,3	3,3	3,4	3,6	3,5	-2,5 M	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	Bodem (2,5 M)	3,0	3,2	3,3	3,4	3,3
Meet locatie																																																											
Meet diepte (mm)	1	2	3	4	5																																																						
Water & windlijn	3,2	3,0	3,4	3,0	3,2																																																						
-0,5 M	3,2	3,2	3,4	3,2	3,2																																																						
-1.0 M	3,4	3,4	3,6	3,4	3,3																																																						
-1,5 M	3,5	3,5	3,4	3,5	3,5																																																						
-2.0 M	3,3	3,3	3,4	3,6	3,5																																																						
-2,5 M	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.																																																						
Bodem (2,5 M)	3,0	3,2	3,3	3,4	3,3																																																						
Foto																																																											


TWE-
20093.6 TWENTE
KANAAL
LOCATIE 070
(ZUIDZIJDE)

3.6 TWENTE KANAAL LOCATIE 070 (ZUIDZIJDE)

Meet resultaten																																																											
Positie	Way point 070																																																										
GPS Locatie	N: 52°15'010		E: 006°46'005																																																								
Aantal foto's	1																																																										
Foto file nr	17																																																										
Schade	N.v.t.																																																										
Afmeting	N.v.t.																																																										
Pitting mm	0.5 mm																																																										
Bijzonderheden	Geen bijzonderheden																																																										
Wand dikte gegevens	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="6">Meet locatie</th> </tr> <tr> <th>Meet diepte (mm)</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Water & windlijn</td> <td>3,2</td> <td>3,0</td> <td>3,2</td> <td>3,0</td> <td>3,0</td> </tr> <tr> <td>-0,5 M</td> <td>3,2</td> <td>3,1</td> <td>3,3</td> <td>3,1</td> <td>3,3</td> </tr> <tr> <td>-1.0 M</td> <td>3,3</td> <td>3,0</td> <td>3,3</td> <td>3,0</td> <td>3,2</td> </tr> <tr> <td>-1,5 M</td> <td>3,4</td> <td>3,4</td> <td>3,4</td> <td>3,3</td> <td>3,4</td> </tr> <tr> <td>-2.0 M</td> <td>3,5</td> <td>3,5</td> <td>3,3</td> <td>3,6</td> <td>3,1</td> </tr> <tr> <td>-2,5 M</td> <td>N.v.t.</td> <td>N.v.t.</td> <td>N.v.t.</td> <td>N.v.t.</td> <td>N.v.t.</td> </tr> <tr> <td>Bodem (2,5 M)</td> <td>3,3</td> <td>3,1</td> <td>3,3</td> <td>3,1</td> <td>3,3</td> </tr> </tbody> </table>					Meet locatie						Meet diepte (mm)	1	2	3	4	5	Water & windlijn	3,2	3,0	3,2	3,0	3,0	-0,5 M	3,2	3,1	3,3	3,1	3,3	-1.0 M	3,3	3,0	3,3	3,0	3,2	-1,5 M	3,4	3,4	3,4	3,3	3,4	-2.0 M	3,5	3,5	3,3	3,6	3,1	-2,5 M	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	Bodem (2,5 M)	3,3	3,1	3,3	3,1	3,3
Meet locatie																																																											
Meet diepte (mm)	1	2	3	4	5																																																						
Water & windlijn	3,2	3,0	3,2	3,0	3,0																																																						
-0,5 M	3,2	3,1	3,3	3,1	3,3																																																						
-1.0 M	3,3	3,0	3,3	3,0	3,2																																																						
-1,5 M	3,4	3,4	3,4	3,3	3,4																																																						
-2.0 M	3,5	3,5	3,3	3,6	3,1																																																						
-2,5 M	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.																																																						
Bodem (2,5 M)	3,3	3,1	3,3	3,1	3,3																																																						
Foto																																																											

TWE-
20093.8
TWENTEKANA
AL LOCATIE
072
(ZUIDZIJDE)

3.8 TWENTEKANAAL LOCATIE 072 (ZUIDZIJDE)

Meet resultaten																																																											
Positie					Way point 072																																																						
GPS Locatie	N: 52°15'121				E: 006°42'798																																																						
Aantal foto's	1																																																										
Foto file nr	19																																																										
Schade	N.v.t.																																																										
Afmeting	N.v.t.																																																										
Pitting mm	0.5 mm																																																										
Bijzonderheden	Geen bijzonderheden																																																										
Wand dikte gegevens	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="6">Meet locatie</th> </tr> <tr> <th>Meet diepte (mm)</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Water & windlijn</td> <td>3,2</td> <td>3,0</td> <td>3,2</td> <td>3,1</td> <td>3,3</td> </tr> <tr> <td>-0,5 M</td> <td>3,3</td> <td>3,1</td> <td>3,2</td> <td>3,0</td> <td>3,0</td> </tr> <tr> <td>-1,0 M</td> <td>3,2</td> <td>3,2</td> <td>3,4</td> <td>3,2</td> <td>3,2</td> </tr> <tr> <td>-1,5 M</td> <td>3,3</td> <td>3,4</td> <td>3,3</td> <td>3,5</td> <td>3,5</td> </tr> <tr> <td>-2,0 M</td> <td>3,4</td> <td>3,4</td> <td>3,3</td> <td>3,4</td> <td>3,4</td> </tr> <tr> <td>-2,5 M</td> <td>N.v.t.</td> <td>N.v.t.</td> <td>N.v.t.</td> <td>N.v.t.</td> <td>N.v.t.</td> </tr> <tr> <td>Bodem (2,5 M)</td> <td>3,4</td> <td>3,3</td> <td>3,2</td> <td>3,3</td> <td>3,3</td> </tr> </tbody> </table>					Meet locatie						Meet diepte (mm)	1	2	3	4	5	Water & windlijn	3,2	3,0	3,2	3,1	3,3	-0,5 M	3,3	3,1	3,2	3,0	3,0	-1,0 M	3,2	3,2	3,4	3,2	3,2	-1,5 M	3,3	3,4	3,3	3,5	3,5	-2,0 M	3,4	3,4	3,3	3,4	3,4	-2,5 M	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	Bodem (2,5 M)	3,4	3,3	3,2	3,3	3,3
Meet locatie																																																											
Meet diepte (mm)	1	2	3	4	5																																																						
Water & windlijn	3,2	3,0	3,2	3,1	3,3																																																						
-0,5 M	3,3	3,1	3,2	3,0	3,0																																																						
-1,0 M	3,2	3,2	3,4	3,2	3,2																																																						
-1,5 M	3,3	3,4	3,3	3,5	3,5																																																						
-2,0 M	3,4	3,4	3,3	3,4	3,4																																																						
-2,5 M	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.																																																						
Bodem (2,5 M)	3,4	3,3	3,2	3,3	3,3																																																						
Foto																																																											

TWE-
20093.9
TWENTEKANAAL
AL LOCATIE
073
(ZUIDZIJDE)

3.9 TWENTEKANAAL LOCATIE 073 (ZUIDZIJDE)

Meet resultaten																																																												
Positie					Way point 073																																																							
GPS Locatie	N: 52°15'097				E: 006°41'931																																																							
Aantal foto's	1																																																											
Foto file nr	Geen																																																											
Schade	N.v.t.																																																											
Afmeting	N.v.t.																																																											
Pitting mm	0.5 mm																																																											
Bijzonderheden	Geen bijzonderheden																																																											
Wand dikte gegevens	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="6">Meet locatie</th> </tr> <tr> <th>Meet diepte (mm)</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Water & windlijn</td> <td>8,4</td> <td>8,3</td> <td>8,4</td> <td>8,4</td> <td>8,4</td> </tr> <tr> <td>-0,5 M</td> <td>8,4</td> <td>8,5</td> <td>8,4</td> <td>8,3</td> <td>8,3</td> </tr> <tr> <td>-1,0 M</td> <td>8,5</td> <td>8,4</td> <td>8,5</td> <td>8,5</td> <td>8,4</td> </tr> <tr> <td>-1,5 M</td> <td>8,3</td> <td>8,2</td> <td>8,2</td> <td>8,0</td> <td>8,2</td> </tr> <tr> <td>-2,0 M</td> <td>8,3</td> <td>8,2</td> <td>8,4</td> <td>8,3</td> <td>8,4</td> </tr> <tr> <td>-2,5 M</td> <td>N.v.t.</td> <td>N.v.t.</td> <td>N.v.t.</td> <td>N.v.t.</td> <td>N.v.t.</td> </tr> <tr> <td>Bodem (2,5 M)</td> <td>8,4</td> <td>8,3</td> <td>8,6</td> <td>8,3</td> <td>8,4</td> </tr> </tbody> </table>					Meet locatie						Meet diepte (mm)	1	2	3	4	5	Water & windlijn	8,4	8,3	8,4	8,4	8,4	-0,5 M	8,4	8,5	8,4	8,3	8,3	-1,0 M	8,5	8,4	8,5	8,5	8,4	-1,5 M	8,3	8,2	8,2	8,0	8,2	-2,0 M	8,3	8,2	8,4	8,3	8,4	-2,5 M	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	Bodem (2,5 M)	8,4	8,3	8,6	8,3	8,4	
Meet locatie																																																												
Meet diepte (mm)	1	2	3	4	5																																																							
Water & windlijn	8,4	8,3	8,4	8,4	8,4																																																							
-0,5 M	8,4	8,5	8,4	8,3	8,3																																																							
-1,0 M	8,5	8,4	8,5	8,5	8,4																																																							
-1,5 M	8,3	8,2	8,2	8,0	8,2																																																							
-2,0 M	8,3	8,2	8,4	8,3	8,4																																																							
-2,5 M	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.																																																							
Bodem (2,5 M)	8,4	8,3	8,6	8,3	8,4																																																							
Foto	Geen bruikbare foto beschikbaar.																																																											

TWE-
20093.10
TWENTEKANA
AL LOCATIE
074
(ZUIDZIJDE)

3.10 TWENTEKANAAL LOCATIE 074 (ZUIDZIJDE)

Meet resultaten

Positie	Way point 074	
GPS Locatie	N: 52°14'851	E: 006°40'879
Aantal foto's	1	
Foto file nr	20	
Schade	N.v.t.	
Afmeting	N.v.t.	
Pitting mm	0.5 mm	
Bijzonderheden	Geen bijzonderheden	

Wand dikte gegevens

Meet locatie


Meet diepte (mm)	1	2	3	4	5
Water & windlijn	3,4	3,2	3,4	3,2	3,3
-0,5 M	3,2	3,1	3,1	3,2	3,3
-1.0 M	3,4	3,3	3,3	3,4	3,2
-1,5 M	3,3	3,4	3,3	3,2	3,4
-2.0 M	3,4	3,3	3,3	3,5	3,3
-2,5 M	3,4	3,4	3,3	3,4	3,4
Bodem (3.0 M)	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4

Foto




TWE-
20093.16
TWENTEKANA
AL LOCATIE
080
(NOORDZIJDE)

3.16 TWENTEKANAAL LOCATIE 080 (NOORDZIJDE)

Meet resultaten																																																											
Positie	Way point 080																																																										
GPS Locatie	N: 52°15'157		E: 006°42'293																																																								
Aantal foto's	1																																																										
Foto file nr	27																																																										
Schade	N.v.t.																																																										
Afmeting	N.v.t.																																																										
Pitting mm	0.5 mm																																																										
Bijzonderheden	Geen bijzonderheden																																																										
Wand dikte gegevens	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="6">Meet locatie</th> </tr> <tr> <th>Meet diepte (mm)</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Water & windlijn</td> <td>3,4</td> <td>3,4</td> <td>3,4</td> <td>3,4</td> <td>3,1</td> </tr> <tr> <td>-0,5 M</td> <td>3,4</td> <td>3,6</td> <td>3,3</td> <td>3,4</td> <td>3,4</td> </tr> <tr> <td>-1,0 M</td> <td>3,3</td> <td>3,4</td> <td>3,2</td> <td>3,2</td> <td>3,3</td> </tr> <tr> <td>-1,5 M</td> <td>3,4</td> <td>3,3</td> <td>3,2</td> <td>3,2</td> <td>3,0</td> </tr> <tr> <td>-2,0 M</td> <td>3,3</td> <td>3,3</td> <td>3,4</td> <td>3,1</td> <td>3,3</td> </tr> <tr> <td>-2,5 M</td> <td>3,4</td> <td>3,4</td> <td>3,3</td> <td>3,4</td> <td>3,3</td> </tr> <tr> <td>Bodem (3,0 M)</td> <td>3,5</td> <td>3,5</td> <td>3,2</td> <td>3,7</td> <td>3,1</td> </tr> </tbody> </table>					Meet locatie						Meet diepte (mm)	1	2	3	4	5	Water & windlijn	3,4	3,4	3,4	3,4	3,1	-0,5 M	3,4	3,6	3,3	3,4	3,4	-1,0 M	3,3	3,4	3,2	3,2	3,3	-1,5 M	3,4	3,3	3,2	3,2	3,0	-2,0 M	3,3	3,3	3,4	3,1	3,3	-2,5 M	3,4	3,4	3,3	3,4	3,3	Bodem (3,0 M)	3,5	3,5	3,2	3,7	3,1
Meet locatie																																																											
Meet diepte (mm)	1	2	3	4	5																																																						
Water & windlijn	3,4	3,4	3,4	3,4	3,1																																																						
-0,5 M	3,4	3,6	3,3	3,4	3,4																																																						
-1,0 M	3,3	3,4	3,2	3,2	3,3																																																						
-1,5 M	3,4	3,3	3,2	3,2	3,0																																																						
-2,0 M	3,3	3,3	3,4	3,1	3,3																																																						
-2,5 M	3,4	3,4	3,3	3,4	3,3																																																						
Bodem (3,0 M)	3,5	3,5	3,2	3,7	3,1																																																						
Foto																																																											

TWE-
20093.17
TWENTEKANA
AL LOCATIE
081
(NOORDZIJDE)

3.17 TWENTEKANAAL LOCATIE 081 (NOORDZIJDE)

Meet resultaten																																																											
Positie					Way point 081																																																						
GPS Locatie	N: 52°15'150				E: 006°43'016																																																						
Aantal foto's	1																																																										
Foto file nr	28																																																										
Schade	N.v.t.																																																										
Afmeting	N.v.t.																																																										
Pitting mm	0.5 mm																																																										
Bijzonderheden	Geen bijzonderheden																																																										
Wand dikte gegevens	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="6">Meet locatie</th> </tr> <tr> <th>Meet diepte (mm)</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Water & windlijn</td> <td>3,3</td> <td>3,2</td> <td>3,0</td> <td>3,3</td> <td>3,3</td> </tr> <tr> <td>-0,5 M</td> <td>3,4</td> <td>3,6</td> <td>3,0</td> <td>3,3</td> <td>3,2</td> </tr> <tr> <td>-1.0 M</td> <td>3,4</td> <td>3,8</td> <td>3,4</td> <td>3,4</td> <td>3,3</td> </tr> <tr> <td>-1,5 M</td> <td>3,4</td> <td>3,3</td> <td>3,4</td> <td>3,4</td> <td>3,3</td> </tr> <tr> <td>-2.0 M</td> <td>3,5</td> <td>3,3</td> <td>3,5</td> <td>3,4</td> <td>3,2</td> </tr> <tr> <td>-2,5 M</td> <td>N.v.t.</td> <td>N.v.t.</td> <td>N.v.t.</td> <td>N.v.t.</td> <td>N.v.t.</td> </tr> <tr> <td>Bodem (2,5 M)</td> <td>3,6</td> <td>3,8</td> <td>3,8</td> <td>3,5</td> <td>3,7</td> </tr> </tbody> </table>					Meet locatie						Meet diepte (mm)	1	2	3	4	5	Water & windlijn	3,3	3,2	3,0	3,3	3,3	-0,5 M	3,4	3,6	3,0	3,3	3,2	-1.0 M	3,4	3,8	3,4	3,4	3,3	-1,5 M	3,4	3,3	3,4	3,4	3,3	-2.0 M	3,5	3,3	3,5	3,4	3,2	-2,5 M	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	Bodem (2,5 M)	3,6	3,8	3,8	3,5	3,7
Meet locatie																																																											
Meet diepte (mm)	1	2	3	4	5																																																						
Water & windlijn	3,3	3,2	3,0	3,3	3,3																																																						
-0,5 M	3,4	3,6	3,0	3,3	3,2																																																						
-1.0 M	3,4	3,8	3,4	3,4	3,3																																																						
-1,5 M	3,4	3,3	3,4	3,4	3,3																																																						
-2.0 M	3,5	3,3	3,5	3,4	3,2																																																						
-2,5 M	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.																																																						
Bodem (2,5 M)	3,6	3,8	3,8	3,5	3,7																																																						
Foto																																																											

TWE-
20093.18
ZIJKANAAL
LOCATIE 082
(OOSTZIJDE)

3.18 ZIJKANAAL LOCATIE 082 (OOSTZIJDE)

Meet resultaten

Positie		Way point 082
GPS Locatie	N: 52°15'052	E: 006°38'979
Aantal foto's	1	
Foto file nr	31	
Schade	N.v.t.	
Afmeting	N.v.t.	
Pitting mm	0.5 mm	
Bijzonderheden	Geen bijzonderheden	

Wand dikte gegevens

Meet locatie

Meet diepte (mm)	1	2	3	4	5
Water & windlijn	3,5	3,5	3,6	3,5	3,4
-0,5 M	3,5	3,4	3,4	3,6	3,2
-1,0 M	3,7	3,6	3,6	3,4	3,1
-1,5 M	3,5	3,5	3,6	3,5	3,2
-2,0 M	3,5	3,4	3,4	3,5	3,5
-2,5 M	3,6	3,5	3,6	3,6	3,7
Bodem (3,0 M)	3,8	3,6	3,8	3,8	3,8

Foto



TWE-
20093.19
ZIJKANAAL
LOCATIE 083
(OOSTZIJDE)

3.19 ZIJKANAAL LOCATIE 083 (OOSTZIJDE)

Meet resultaten

Positie	Way point 083	
GPS Locatie	N: 52°15'581	E: 006°38'829
Aantal foto's	1	
Foto file nr	32	
Schade	N.v.t.	
Afmeting	N.v.t.	
Pitting mm	0.5 mm	
Bijzonderheden	Geen bijzonderheden	

Wand dikte gegevens

Meet locatie					
Meet diepte (mm)	1	2	3	4	5
Water & windlijn	3,6	3,4	3,2	3,2	3,1
-0,5 M	3,6	3,2	3,2	3,4	3,4
-1,0 M	3,8	3,3	3,3	3,2	3,2
-1,5 M	3,7	3,8	3,5	3,4	3,4
-2,0 M	3,6	3,5	3,5	3,5	3,6
-2,5 M	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.
Bodem (2,5 M)	3,9	3,9	3,7	3,4	3,7

Foto



TWE-
20093.20
ZIJKANAAL
LOCATIE 084
(OOSTZIJDE)

3.20 ZIJKANAAL LOCATIE 084 (OOSTZIJDE)

Meet resultaten

Positie	Way point 084	
GPS Locatie	N: 52°10'050	E: 006°38'703
Aantal foto's	1	
Foto file nr	33	
Schade	N.v.t.	
Afmeting	N.v.t.	
Pitting mm	0.5 mm	
Bijzonderheden	Geen bijzonderheden	

Meet locatie					
Meet diepte (mm)	1	2	3	4	5
Water & windlijn	3,3	3,1	3,4	3,1	3,4
-0,5 M	3,2	3,0	3,2	3,0	3,3
-1,0 M	3,4	3,3	3,5	3,3	3,6
-1,5 M	3,4	3,6	3,4	3,4	3,5
-2,0 M	3,4	3,5	3,5	3,5	3,4
-2,5 M	3,6	3,4	3,5	3,3	3,7
Bodem (3,0 M)	3,5	3,7	3,8	3,9	3,8

Foto



TWE-
20093.21
ZIKANAAL
LOCATIE 085
(OOSTZIJDE)

3.21 ZIKANAAL LOCATIE 085 (OOSTZIJDE)

Meet resultaten

Positie	Way point 085	
GPS Locatie	N: 52°16'513	E: 006°38'630
Aantal foto's	1	
Foto file nr	34	
Schade	N.v.t.	
Afmeting	N.v.t.	
Pitting mm	0.5 mm	
Bijzonderheden	Geen bijzonderheden	

Wand dikte gegevens

Meet locatie


Meet diepte (mm)	1	2	3	4	5
Water & windlijn	3,3	3,2	3,3	3,1	3,3
-0,5 M	3,4	3,1	3,3	3,1	3,4
-1,0 M	3,7	3,2	3,3	3,7	3,8
-1,5 M	3,6	3,5	3,5	3,6	3,7
-2,0 M	3,6	3,6	3,4	3,5	3,6
-2,5 M	3,6	3,6	3,5	3,7	3,6
Bodem (3,0 M)	3,8	3,1	3,6	3,7	3,8

Foto



TWE-
20093.22
ZIJKANAAL
LOCATIE 086
(OOSTZIJDE)

3.22 ZIJKANAAL LOCATIE 086 (OOSTZIJDE)

Meet resultaten																																																											
Positie	Way point 086																																																										
GPS Locatie	N: 52°16'903		E: 006°38'588																																																								
Aantal foto's	1																																																										
Foto file nr	35																																																										
Schade	N.v.t.																																																										
Afmeting	N.v.t.																																																										
Pitting mm	0.5 mm																																																										
Bijzonderheden	Geen bijzonderheden																																																										
Wand dikte gegevens	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="6">Meet locatie</th> </tr> <tr> <th>Meet diepte (mm)</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Water & windlijn</td> <td>3,4</td> <td>3,3</td> <td>3,4</td> <td>3,2</td> <td>3,4</td> </tr> <tr> <td>-0,5 M</td> <td>3,4</td> <td>3,3</td> <td>3,2</td> <td>3,1</td> <td>3,2</td> </tr> <tr> <td>-1.0 M</td> <td>3,5</td> <td>3,6</td> <td>3,5</td> <td>3,7</td> <td>3,3</td> </tr> <tr> <td>-1,5 M</td> <td>3,4</td> <td>3,5</td> <td>3,5</td> <td>3,6</td> <td>3,5</td> </tr> <tr> <td>-2.0 M</td> <td>3,6</td> <td>3,4</td> <td>3,4</td> <td>3,6</td> <td>3,5</td> </tr> <tr> <td>-2,5 M</td> <td>N.v.t.</td> <td>N.v.t.</td> <td>N.v.t.</td> <td>N.v.t.</td> <td>N.v.t.</td> </tr> <tr> <td>Bodem (2,5 M)</td> <td>3,7</td> <td>3,7</td> <td>3,8</td> <td>3,8</td> <td>3,8</td> </tr> </tbody> </table>					Meet locatie						Meet diepte (mm)	1	2	3	4	5	Water & windlijn	3,4	3,3	3,4	3,2	3,4	-0,5 M	3,4	3,3	3,2	3,1	3,2	-1.0 M	3,5	3,6	3,5	3,7	3,3	-1,5 M	3,4	3,5	3,5	3,6	3,5	-2.0 M	3,6	3,4	3,4	3,6	3,5	-2,5 M	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	Bodem (2,5 M)	3,7	3,7	3,8	3,8	3,8
Meet locatie																																																											
Meet diepte (mm)	1	2	3	4	5																																																						
Water & windlijn	3,4	3,3	3,4	3,2	3,4																																																						
-0,5 M	3,4	3,3	3,2	3,1	3,2																																																						
-1.0 M	3,5	3,6	3,5	3,7	3,3																																																						
-1,5 M	3,4	3,5	3,5	3,6	3,5																																																						
-2.0 M	3,6	3,4	3,4	3,6	3,5																																																						
-2,5 M	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.																																																						
Bodem (2,5 M)	3,7	3,7	3,8	3,8	3,8																																																						
Foto																																																											

TWE-
20093.23
ZIJKANAAL
LOCATIE 087
(OOSTZIJDE)

3.23 ZIJKANAAL LOCATIE 087 (OOSTZIJDE)

Meet resultaten

Positie		Way point 087
GPS Locatie	N: 52°17'337	E: 006°38'484
Aantal foto's	1	
Foto file nr	36	
Schade	N.v.t.	
Afmeting	N.v.t.	
Pitting mm	0.5 mm	
Bijzonderheden	Geen bijzonderheden	

Wand dikte gegevens

Meet locatie

Meet diepte (mm)	1	2	3	4	5
Water & windlijn	4,0	3,9	4,1	3,9	4,0
-0,5 M	4,0	3,9	4,0	3,9	4,0
-1,0 M	4,1	3,9	4,1	4,0	4,1
-1,5 M	4,0	3,8	3,8	3,9	4,0
-2,0 M	3,9	4,0	3,9	3,8	3,9
-2,5 M	4,0	4,0	3,9	3,8	4,0
Bodem (3,0 M)	4,1	4,0	4,0	4,0	4,1

Foto



TWE-
20093.24
ZJKANAAL
LOCATIE 088
(OOSTZIJDE)

3.24 ZJKANAAL LOCATIE 088 (OOSTZIJDE)

Meet resultaten

Positie		Way point 088
GPS Locatie	N: 52°17'780	E: 006°38'331
Aantal foto's	1	
Foto file nr	37	
Schade	N.v.t.	
Afmeting	N.v.t.	
Pitting mm	0.5 mm	
Bijzonderheden	Geen bijzonderheden	

Wand dikte gegevens

Meet locatie

Meet diepte (mm)	1	2	3	4	5
Water & windlijn	4,0	3,9	4,0	3,9	3,8
-0,5 M	4,0	3,9	3,9	3,9	3,9
-1,0 M	4,0	4,0	3,9	3,8	4,0
-1,5 M	3,9	4,0	4,0	3,9	3,9
-2,0 M	3,9	3,9	4,0	4,0	3,9
-2,5 M	4,0	3,9	3,9	3,9	3,9
Bodem (3,0 M)	4,0	4,0	3,9	4,0	3,9

Foto



TWE-
20093.25
ZIJKANAAL
LOCATIE 089
(OOSTZIJDE)

3.25 ZIJKANAAL LOCATIE 089 (OOSTZIJDE)

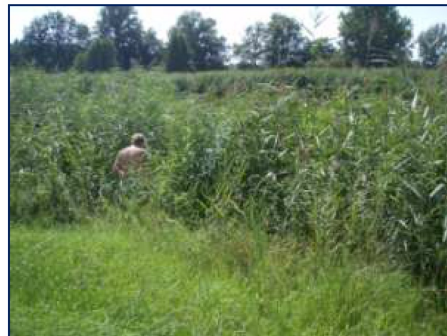
Meet resultaten

Positie	Way point 089	
GPS Locatie	N: 52°18'119	E: 006°38'226
Aantal foto's	1	
Foto file nr	38	
Schade	N.v.t.	
Afmeting	N.v.t.	
Pitting mm	0.5 mm	
Bijzonderheden	Geen bijzonderheden	

Wand dikte gegevens


Meet locatie					
Meet diepte (mm)	1	2	3	4	5
Water & windlijn	3,0	3,1	3,0	3,1	3,0
-0,5 M	3,1	3,0	3,1	3,0	3,1
-1,0 M	3,2	3,1	3,2	3,1	3,0
-1,5 M	3,1	3,1	3,0	3,2	3,1
-2,0 M	3,2	3,1	3,2	3,0	3,1
-2,5 M	3,2	3,0	3,1	3,1	3,2
Bodem (3,0 M)	3,1	3,1	3,0	3,0	3,2

Foto



TWE-
20093.26
ZIJKANAAL
LOCATIE 090
(OOSTZIJDE)

3.26 ZIJKANAAL LOCATIE 090 (OOSTZIJDE)

Meet resultaten																																																											
Positie			Way point 090																																																								
GPS Locatie	N: 52°18'531		E: 006°38'083																																																								
Aantal foto's	1																																																										
Foto file nr	39																																																										
Schade	N.v.t.																																																										
Afmeting	N.v.t.																																																										
Pitting mm	0.5 mm																																																										
Bijzonderheden	Geen bijzonderheden																																																										
Wand dikte gegevens	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="6">Meet locatie</th> </tr> <tr> <th>Meet diepte (mm)</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Water & windlijn</td> <td>3,4</td> <td>3,2</td> <td>3,4</td> <td>3,2</td> <td>3,4</td> </tr> <tr> <td>-0,5 M</td> <td>3,3</td> <td>3,3</td> <td>3,2</td> <td>3,3</td> <td>3,5</td> </tr> <tr> <td>-1,0 M</td> <td>N.v.t.</td> <td>N.v.t.</td> <td>N.v.t.</td> <td>N.v.t.</td> <td>N.v.t.</td> </tr> <tr> <td>-1,5 M</td> <td>N.v.t.</td> <td>N.v.t.</td> <td>N.v.t.</td> <td>N.v.t.</td> <td>N.v.t.</td> </tr> <tr> <td>-2,0 M</td> <td>N.v.t.</td> <td>N.v.t.</td> <td>N.v.t.</td> <td>N.v.t.</td> <td>N.v.t.</td> </tr> <tr> <td>-2,5 M</td> <td>N.v.t.</td> <td>N.v.t.</td> <td>N.v.t.</td> <td>N.v.t.</td> <td>N.v.t.</td> </tr> <tr> <td>Bodem (1,0 M)</td> <td>3,2</td> <td>3,4</td> <td>3,3</td> <td>3,4</td> <td>3,3</td> </tr> </tbody> </table>					Meet locatie						Meet diepte (mm)	1	2	3	4	5	Water & windlijn	3,4	3,2	3,4	3,2	3,4	-0,5 M	3,3	3,3	3,2	3,3	3,5	-1,0 M	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	-1,5 M	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	-2,0 M	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	-2,5 M	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	Bodem (1,0 M)	3,2	3,4	3,3	3,4	3,3
Meet locatie																																																											
Meet diepte (mm)	1	2	3	4	5																																																						
Water & windlijn	3,4	3,2	3,4	3,2	3,4																																																						
-0,5 M	3,3	3,3	3,2	3,3	3,5																																																						
-1,0 M	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.																																																						
-1,5 M	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.																																																						
-2,0 M	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.																																																						
-2,5 M	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.																																																						
Bodem (1,0 M)	3,2	3,4	3,3	3,4	3,3																																																						
Foto																																																											

TWE-
20093.29
ZIKANAAL
LOCATIE 093
(OOSTZIJDE)

3.29 ZIKANAAL LOCATIE 093 (OOSTZIJDE)

Meet resultaten

Positie		Way point 093
GPS Locatie	N: 52°19'618	E: 006°37'689
Aantal foto's	1	
Foto file nr	42	
Schade	N.v.t.	
Afmeting	N.v.t.	
Pitting mm	0.5 mm	
Bijzonderheden	Geen bijzonderheden	

Wand dikte gegevens

Meet locatie


Meet diepte (mm)	1	2	3	4	5
Water & windlijn	Damwand is zeer slecht, geen voldoende materiaal voor het verrichten van een goede wanddikte meting. Direct onder de waterlijn verkeert de damwand in goede staat.				
-0,5 M	3,7	3,6	3,7	3,6	3,7
-1.0 M	3,8	3,6	3,8	3,5	3,8
-1,5 M	3,7	3,8	3,6	3,6	3,8
-2.0 M	3,6	3,6	3,7	3,8	3,6
-2,5 M	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.
Bodem (2,5 M)	3,7	3,5	3,9	2,6	3,8

Foto




TWE-
20093.31
ZIJKANAAL
LOCATIE 095
(WEST ZIJDE)

3.31 ZIJKANAAL LOCATIE 095 (WEST ZIJDE)

Meet resultaten																																																											
Positie					Way point 095																																																						
GPS Locatie	N: 52°20'013				E: 006°37'440																																																						
Aantal foto's	1																																																										
Foto file nr	44																																																										
Schade	N.v.t.																																																										
Afmeting	N.v.t.																																																										
Pitting mm	0.5 mm																																																										
Bijzonderheden	Geen bijzonderheden																																																										
Wand dikte gegevens	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="6">Meet locatie</th> </tr> <tr> <th>Meet diepte (mm)</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Water & windlijn</td> <td>4,1</td> <td>4,0</td> <td>4,1</td> <td>4,0</td> <td>4,1</td> </tr> <tr> <td>-0,5 M</td> <td>3,9</td> <td>4,0</td> <td>4,0</td> <td>4,0</td> <td>4,1</td> </tr> <tr> <td>-1,0 M</td> <td>N.v.t.</td> <td>N.v.t.</td> <td>N.v.t.</td> <td>N.v.t.</td> <td>N.v.t.</td> </tr> <tr> <td>-1,5 M</td> <td>N.v.t.</td> <td>N.v.t.</td> <td>N.v.t.</td> <td>N.v.t.</td> <td>N.v.t.</td> </tr> <tr> <td>-2,0 M</td> <td>N.v.t.</td> <td>N.v.t.</td> <td>N.v.t.</td> <td>N.v.t.</td> <td>N.v.t.</td> </tr> <tr> <td>-2,5 M</td> <td>N.v.t.</td> <td>N.v.t.</td> <td>N.v.t.</td> <td>N.v.t.</td> <td>N.v.t.</td> </tr> <tr> <td>Bodem (1,0 M)</td> <td>4,1</td> <td>4,0</td> <td>4,0</td> <td>4,0</td> <td>4,0</td> </tr> </tbody> </table>					Meet locatie						Meet diepte (mm)	1	2	3	4	5	Water & windlijn	4,1	4,0	4,1	4,0	4,1	-0,5 M	3,9	4,0	4,0	4,0	4,1	-1,0 M	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	-1,5 M	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	-2,0 M	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	-2,5 M	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	Bodem (1,0 M)	4,1	4,0	4,0	4,0	4,0
Meet locatie																																																											
Meet diepte (mm)	1	2	3	4	5																																																						
Water & windlijn	4,1	4,0	4,1	4,0	4,1																																																						
-0,5 M	3,9	4,0	4,0	4,0	4,1																																																						
-1,0 M	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.																																																						
-1,5 M	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.																																																						
-2,0 M	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.																																																						
-2,5 M	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.																																																						
Bodem (1,0 M)	4,1	4,0	4,0	4,0	4,0																																																						
Foto																																																											

TWE-
20093.33
ZIJKANAAL
LOCATIE 097
(WESTZIJDE)

3.33 ZIJKANAAL LOCATIE 097 (WESTZIJDE)

Meet resultaten																																																											
Positie					Way point 097																																																						
GPS Locatie	N: 52°19'123				E: 006°37'823																																																						
Aantal foto's	1																																																										
Foto file nr	46																																																										
Schade	N.v.t.																																																										
Afmeting	N.v.t.																																																										
Pitting mm	0.5 mm																																																										
Bijzonderheden	Geen bijzonderheden																																																										
Wand dikte gegevens	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="6">Meet locatie</th> </tr> <tr> <th>Meet diepte (mm)</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Water & windlijn</td> <td>3,2</td> <td>3,1</td> <td>3,1</td> <td>3,8</td> <td>3,1</td> </tr> <tr> <td>-0,5 M</td> <td>3,0</td> <td>3,0</td> <td>3,0</td> <td>3,1</td> <td>3,3</td> </tr> <tr> <td>-1.0 M</td> <td>3,2</td> <td>3,2</td> <td>3,2</td> <td>3,2</td> <td>3,4</td> </tr> <tr> <td>-1,5 M</td> <td>N.v.t.</td> <td>N.v.t.</td> <td>N.v.t.</td> <td>N.v.t.</td> <td>N.v.t.</td> </tr> <tr> <td>-2.0 M</td> <td>N.v.t.</td> <td>N.v.t.</td> <td>N.v.t.</td> <td>N.v.t.</td> <td>N.v.t.</td> </tr> <tr> <td>-2,5 M</td> <td>N.v.t.</td> <td>N.v.t.</td> <td>N.v.t.</td> <td>N.v.t.</td> <td>N.v.t.</td> </tr> <tr> <td>Bodem (1,5 M)</td> <td>3,6</td> <td>3,5</td> <td>3,8</td> <td>3,6</td> <td>3,5</td> </tr> </tbody> </table>					Meet locatie						Meet diepte (mm)	1	2	3	4	5	Water & windlijn	3,2	3,1	3,1	3,8	3,1	-0,5 M	3,0	3,0	3,0	3,1	3,3	-1.0 M	3,2	3,2	3,2	3,2	3,4	-1,5 M	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	-2.0 M	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	-2,5 M	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	Bodem (1,5 M)	3,6	3,5	3,8	3,6	3,5
Meet locatie																																																											
Meet diepte (mm)	1	2	3	4	5																																																						
Water & windlijn	3,2	3,1	3,1	3,8	3,1																																																						
-0,5 M	3,0	3,0	3,0	3,1	3,3																																																						
-1.0 M	3,2	3,2	3,2	3,2	3,4																																																						
-1,5 M	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.																																																						
-2.0 M	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.																																																						
-2,5 M	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.																																																						
Bodem (1,5 M)	3,6	3,5	3,8	3,6	3,5																																																						
Foto																																																											

TWE-
20093.35
ZIJKANAAL
LOCATIE 099
(WESTZIJDE)

3.35 ZIJKANAAL LOCATIE 099 (WESTZIJDE)

Meet resultaten

Positie	Way point 099	
GPS Locatie	N: 52°18'521	E: 006°38'031
Aantal foto's	1	
Foto file nr	48	
Schade	N.v.t.	
Afmeting	N.v.t.	
Pitting mm	0.5 mm	
Bijzonderheden	Geen bijzonderheden	


Meet locatie					
Meet diepte (mm)	1	2	3	4	5
Water & windlijn	4,0	3,9	3,9	3,9	4,0
-0,5 M	3,9	3,6	3,7	3,6	3,9
-1,0 M	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.
-1,5 M	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.
-2,0 M	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.
-2,5 M	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.
Bodem (1,0 M)	4,0	3,9	3,8	3,2	3,6

Foto



TWE-
20093.36
ZIJKANAAL
LOCATIE 100
(WESTZIJDE)

3.36 ZIJKANAAL LOCATIE 100 (WESTZIJDE)

Meet resultaten																																																											
Positie					Way point 100																																																						
GPS Locatie	N: 52°18'174				E: 006°38'154																																																						
Aantal foto's	1																																																										
Foto file nr	49																																																										
Schade	N.v.t.																																																										
Afmeting	N.v.t.																																																										
Pitting mm	0.5 mm																																																										
Bijzonderheden	Geen bijzonderheden																																																										
Wand dikte gegevens	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="6">Meet locatie</th> </tr> <tr> <th>Meet diepte (mm)</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Water & windlijn</td> <td>3,9</td> <td>3,3</td> <td>3,5</td> <td>3,9</td> <td>3,8</td> </tr> <tr> <td>-0,5 M</td> <td>3,9</td> <td>3,2</td> <td>3,6</td> <td>3,1</td> <td>3,6</td> </tr> <tr> <td>-1,0 M</td> <td>N.v.t.</td> <td>N.v.t.</td> <td>N.v.t.</td> <td>N.v.t.</td> <td>N.v.t.</td> </tr> <tr> <td>-1,5 M</td> <td>N.v.t.</td> <td>N.v.t.</td> <td>N.v.t.</td> <td>N.v.t.</td> <td>N.v.t.</td> </tr> <tr> <td>-2,0 M</td> <td>N.v.t.</td> <td>N.v.t.</td> <td>N.v.t.</td> <td>N.v.t.</td> <td>N.v.t.</td> </tr> <tr> <td>-2,5 M</td> <td>N.v.t.</td> <td>N.v.t.</td> <td>N.v.t.</td> <td>N.v.t.</td> <td>N.v.t.</td> </tr> <tr> <td>Bodem (1,0 M)</td> <td>3,8</td> <td>3,9</td> <td>3,9</td> <td>3,9</td> <td>3,8</td> </tr> </tbody> </table>					Meet locatie						Meet diepte (mm)	1	2	3	4	5	Water & windlijn	3,9	3,3	3,5	3,9	3,8	-0,5 M	3,9	3,2	3,6	3,1	3,6	-1,0 M	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	-1,5 M	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	-2,0 M	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	-2,5 M	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	Bodem (1,0 M)	3,8	3,9	3,9	3,9	3,8
Meet locatie																																																											
Meet diepte (mm)	1	2	3	4	5																																																						
Water & windlijn	3,9	3,3	3,5	3,9	3,8																																																						
-0,5 M	3,9	3,2	3,6	3,1	3,6																																																						
-1,0 M	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.																																																						
-1,5 M	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.																																																						
-2,0 M	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.																																																						
-2,5 M	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.																																																						
Bodem (1,0 M)	3,8	3,9	3,9	3,9	3,8																																																						
Foto																																																											

TWE-
20093.37
ZIJKANAAL
LOCATIE 101
(WESTZIJDE)

3.37 ZIJKANAAL LOCATIE 101 (WESTZIJDE)

Meet resultaten

Positie	Way point 101	
GPS Locatie	N: 52°17'861	E: 006°38'253
Aantal foto's	1	
Foto file nr	51	
Schade	N.v.t.	
Afmeting	N.v.t.	
Pitting mm	0.5 mm	
Bijzonderheden	Geen bijzonderheden	


Meet locatie					
Meet diepte (mm)	1	2	3	4	5
Water & windlijn	3,7	3,6	3,9	3,0	3,8
-0,5 M	3,2	3,4	3,3	3,9	3,9
-1,0 M	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.
-1,5 M	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.
-2,0 M	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.
-2,5 M	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.
Bodem (1,0 M)	3,1	3,5	3,2	3,2	3,7

Foto




TWE-
20093.38
ZIKANAAL
LOCATIE 102
(WESTZIJDE)

3.38 ZIKANAAL LOCATIE 102 (WESTZIJDE)

Meet resultaten																																																											
Positie					Way point 102																																																						
GPS Locatie	N: 52°17'481				E: 006°38'385																																																						
Aantal foto's	1																																																										
Foto file nr	52																																																										
Schade	N.v.t.																																																										
Afmeting	N.v.t.																																																										
Pitting mm	0.5 mm																																																										
Bijzonderheden	Geen bijzonderheden																																																										
Wand dikte gegevens	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="6">Meet locatie</th> </tr> <tr> <th>Meet diepte (mm)</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Water & windlijn</td> <td>4,0</td> <td>3,8</td> <td>4,0</td> <td>3,9</td> <td>4,0</td> </tr> <tr> <td>-0,5 M</td> <td>4,0</td> <td>3,9</td> <td>3,9</td> <td>3,7</td> <td>4,0</td> </tr> <tr> <td>-1,0 M</td> <td>4,0</td> <td>4,0</td> <td>3,8</td> <td>3,9</td> <td>4,1</td> </tr> <tr> <td>-1,5 M</td> <td>3,9</td> <td>3,9</td> <td>4,0</td> <td>3,9</td> <td>3,8</td> </tr> <tr> <td>-2,0 M</td> <td>N.v.t.</td> <td>N.v.t.</td> <td>N.v.t.</td> <td>N.v.t.</td> <td>N.v.t.</td> </tr> <tr> <td>-2,5 M</td> <td>N.v.t.</td> <td>N.v.t.</td> <td>N.v.t.</td> <td>N.v.t.</td> <td>N.v.t.</td> </tr> <tr> <td>Bodem (2,0 M)</td> <td>4,1</td> <td>3,8</td> <td>4,0</td> <td>3,8</td> <td>3,9</td> </tr> </tbody> </table>					Meet locatie						Meet diepte (mm)	1	2	3	4	5	Water & windlijn	4,0	3,8	4,0	3,9	4,0	-0,5 M	4,0	3,9	3,9	3,7	4,0	-1,0 M	4,0	4,0	3,8	3,9	4,1	-1,5 M	3,9	3,9	4,0	3,9	3,8	-2,0 M	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	-2,5 M	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	Bodem (2,0 M)	4,1	3,8	4,0	3,8	3,9
Meet locatie																																																											
Meet diepte (mm)	1	2	3	4	5																																																						
Water & windlijn	4,0	3,8	4,0	3,9	4,0																																																						
-0,5 M	4,0	3,9	3,9	3,7	4,0																																																						
-1,0 M	4,0	4,0	3,8	3,9	4,1																																																						
-1,5 M	3,9	3,9	4,0	3,9	3,8																																																						
-2,0 M	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.																																																						
-2,5 M	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.																																																						
Bodem (2,0 M)	4,1	3,8	4,0	3,8	3,9																																																						
Foto																																																											

TWE-
20093.39
ZIJKANAAL
LOCATIE 103
(WESTZIJDE)

3.39 ZIJKANAAL LOCATIE 103 (WESTZIJDE)

Meet resultaten																																																											
Positie					Way point 103																																																						
GPS Locatie	N: 52°17'091				E: 006°38'495																																																						
Aantal foto's	1																																																										
Foto file nr	53																																																										
Schade	N.v.t.																																																										
Afmeting	N.v.t.																																																										
Pitting mm	0.5 mm																																																										
Bijzonderheden	Geen bijzonderheden																																																										
Wand dikte gegevens	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="6">Meet locatie</th> </tr> <tr> <th>Meet diepte (mm)</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Water & windlijn</td> <td>4,0</td> <td>3,8</td> <td>4,0</td> <td>3,7</td> <td>4,0</td> </tr> <tr> <td>-0,5 M</td> <td>4,0</td> <td>3,8</td> <td>3,9</td> <td>3,8</td> <td>3,8</td> </tr> <tr> <td>-1,0 M</td> <td>3,9</td> <td>4,0</td> <td>3,7</td> <td>3,9</td> <td>3,9</td> </tr> <tr> <td>-1,5 M</td> <td>3,8</td> <td>3,9</td> <td>3,9</td> <td>3,7</td> <td>3,8</td> </tr> <tr> <td>-2,0 M</td> <td>3,8</td> <td>3,8</td> <td>3,8</td> <td>3,8</td> <td>3,9</td> </tr> <tr> <td>-2,5 M</td> <td>N.v.t.</td> <td>N.v.t.</td> <td>N.v.t.</td> <td>N.v.t.</td> <td>N.v.t.</td> </tr> <tr> <td>Bodem (2,5 M)</td> <td>3,9</td> <td>4,0</td> <td>4,0</td> <td>4,0</td> <td>3,7</td> </tr> </tbody> </table>					Meet locatie						Meet diepte (mm)	1	2	3	4	5	Water & windlijn	4,0	3,8	4,0	3,7	4,0	-0,5 M	4,0	3,8	3,9	3,8	3,8	-1,0 M	3,9	4,0	3,7	3,9	3,9	-1,5 M	3,8	3,9	3,9	3,7	3,8	-2,0 M	3,8	3,8	3,8	3,8	3,9	-2,5 M	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	Bodem (2,5 M)	3,9	4,0	4,0	4,0	3,7
Meet locatie																																																											
Meet diepte (mm)	1	2	3	4	5																																																						
Water & windlijn	4,0	3,8	4,0	3,7	4,0																																																						
-0,5 M	4,0	3,8	3,9	3,8	3,8																																																						
-1,0 M	3,9	4,0	3,7	3,9	3,9																																																						
-1,5 M	3,8	3,9	3,9	3,7	3,8																																																						
-2,0 M	3,8	3,8	3,8	3,8	3,9																																																						
-2,5 M	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.																																																						
Bodem (2,5 M)	3,9	4,0	4,0	4,0	3,7																																																						
Foto																																																											

TWE-
20093.40
ZIJKANAAL
LOCATIE 104
(WESTZIJDE)

3.40 ZIJKANAAL LOCATIE 104 (WESTZIJDE)

Meet resultaten

Positie		Way point 104
GPS Locatie	N: 52°16'666	E: 006°38'563
Aantal foto's	1	
Foto file nr	54	
Schade	N.v.t.	
Afmeting	N.v.t.	
Pitting mm	0.5 mm	
Bijzonderheden	Geen bijzonderheden	

Meet locatie					
Meet diepte (mm)	1	2	3	4	5
Water & windlijn	3,8	3,7	3,8	3,7	3,8
-0,5 M	3,6	3,4	3,5	3,7	3,7
-1,0 M	3,8	3,7	3,6	3,8	3,9
-1,5 M	3,9	3,7	3,7	3,8	3,8
-2,0 M	3,8	3,7	3,8	3,8	3,7
-2,5 M	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.
Bodem (2,5 M)	3,9	4,0	4,0	3,8	3,9

Foto



TWE-
20093.41
ZJKANAAL
LOCATIE 105
(WESTZIJDE)

3.41 ZJKANAAL LOCATIE 105 (WESTZIJDE)

Meet resultaten

Positie	Way point 105	
GPS Locatie	N: 52°16'295	E: 006°38'607
Aantal foto's	1	
Foto file nr	55	
Schade	N.v.t.	
Afmeting	N.v.t.	
Pitting mm	0.5 mm	
Bijzonderheden	Geen bijzonderheden	

Wand dikte gegevens

Meet locatie

Meet diepte (mm)	1	2	3	4	5
Water & windlijn	3,9	3,7	3,6	3,8	3,6
-0,5 M	3,8	3,4	3,8	3,7	3,8
-1.0 M	3,3	3,7	3,9	3,9	3,3
-1,5 M	3,5	3,6	3,6	3,7	3,6
-2.0 M	3,6	3,7	3,6	3,6	3,8
-2,5 M	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.
Bodem (2,5 M)	4,0	4,0	4,0	4,0	3,9

Foto



TWE-
20093.43
ZIJKANAAL
LOCATIE 107
(WESTZIJDE)

3.43 ZIJKANAAL LOCATIE 107 (WESTZIJDE)

Meet resultaten

Positie		Way point 107
GPS Locatie	N: 52°15'370	E: 006°38'836
Aantal foto's	1	
Foto file nr	57	
Schade	N.v.t.	
Afmeting	N.v.t.	
Pitting mm	0.5 mm	
Bijzonderheden	Geen bijzonderheden	

Wand dikte gegevens

Meet locatie

Meet diepte (mm)	1	2	3	4	5
Water & windlijn	3,4	3,1	3,4	3,2	3,1
-0,5 M	3,5	3,6	3,2	3,1	3,2
-1.0 M	3,2	3,8	3,6	3,8	3,4
-1,5 M	3,3	3,5	3,5	3,2	3,3
-2.0 M	3,6	3,4	3,4	3,4	3,3
-2,5 M	3,7	3,6	3,7	3,5	3,5
Bodem (3,0 M)	3,6	3,8	3,8	3,4	3,4

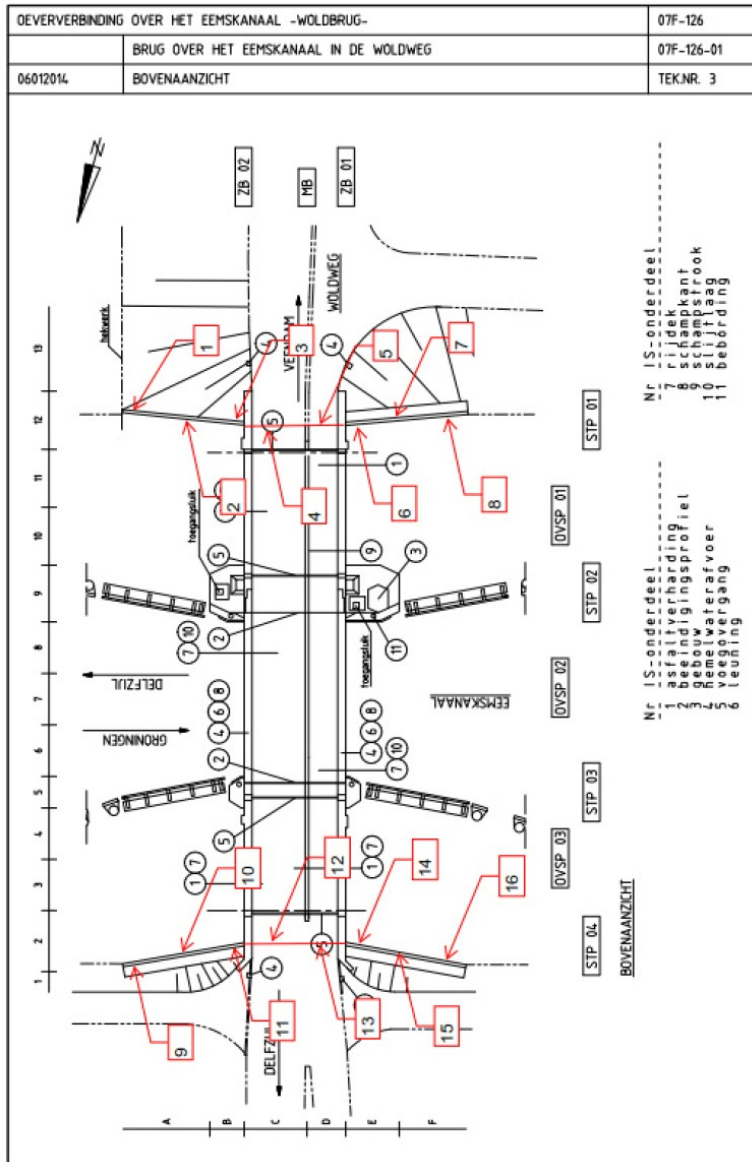
Foto



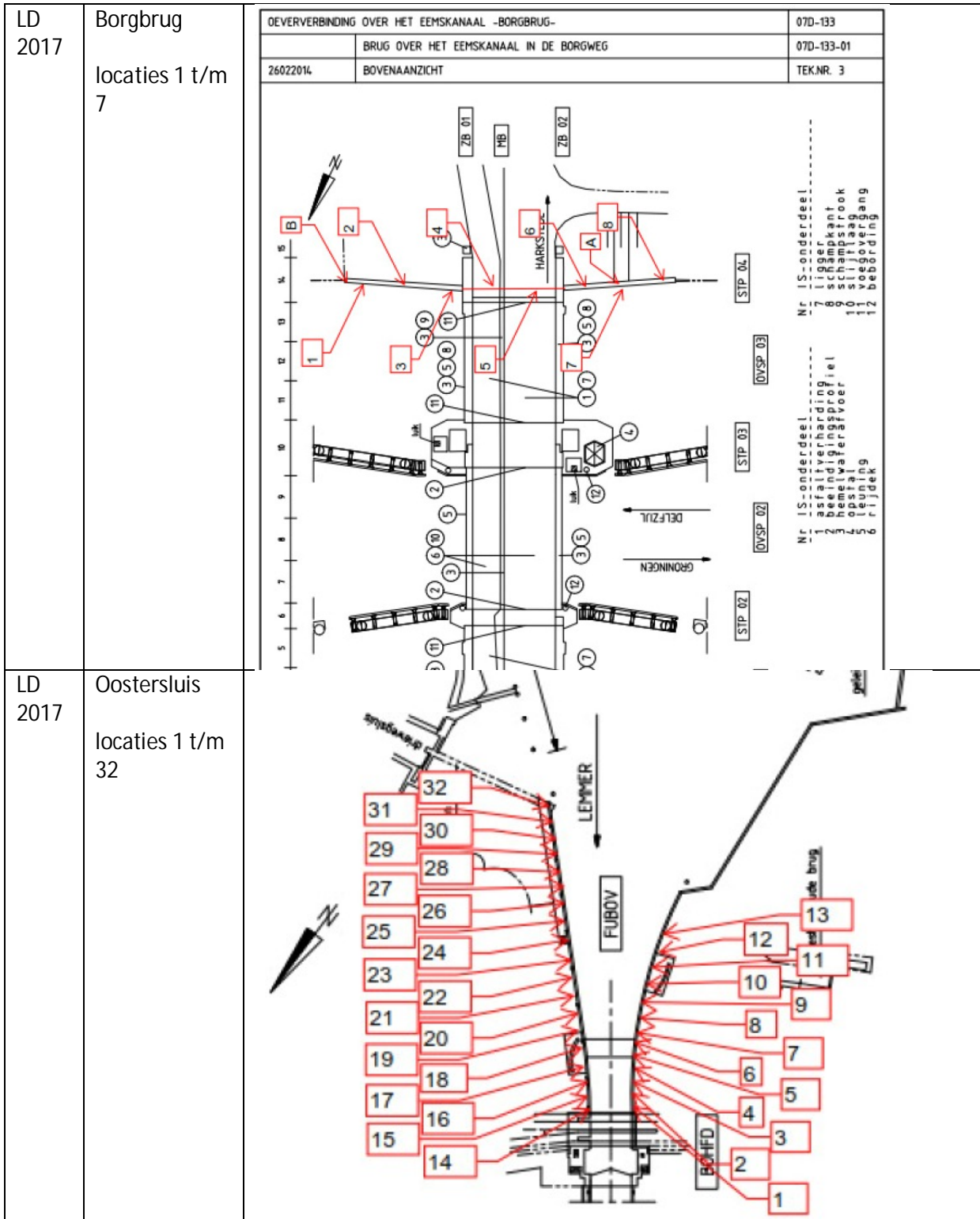
LD
2017

Woldbrug

locaties 1 t/m
8

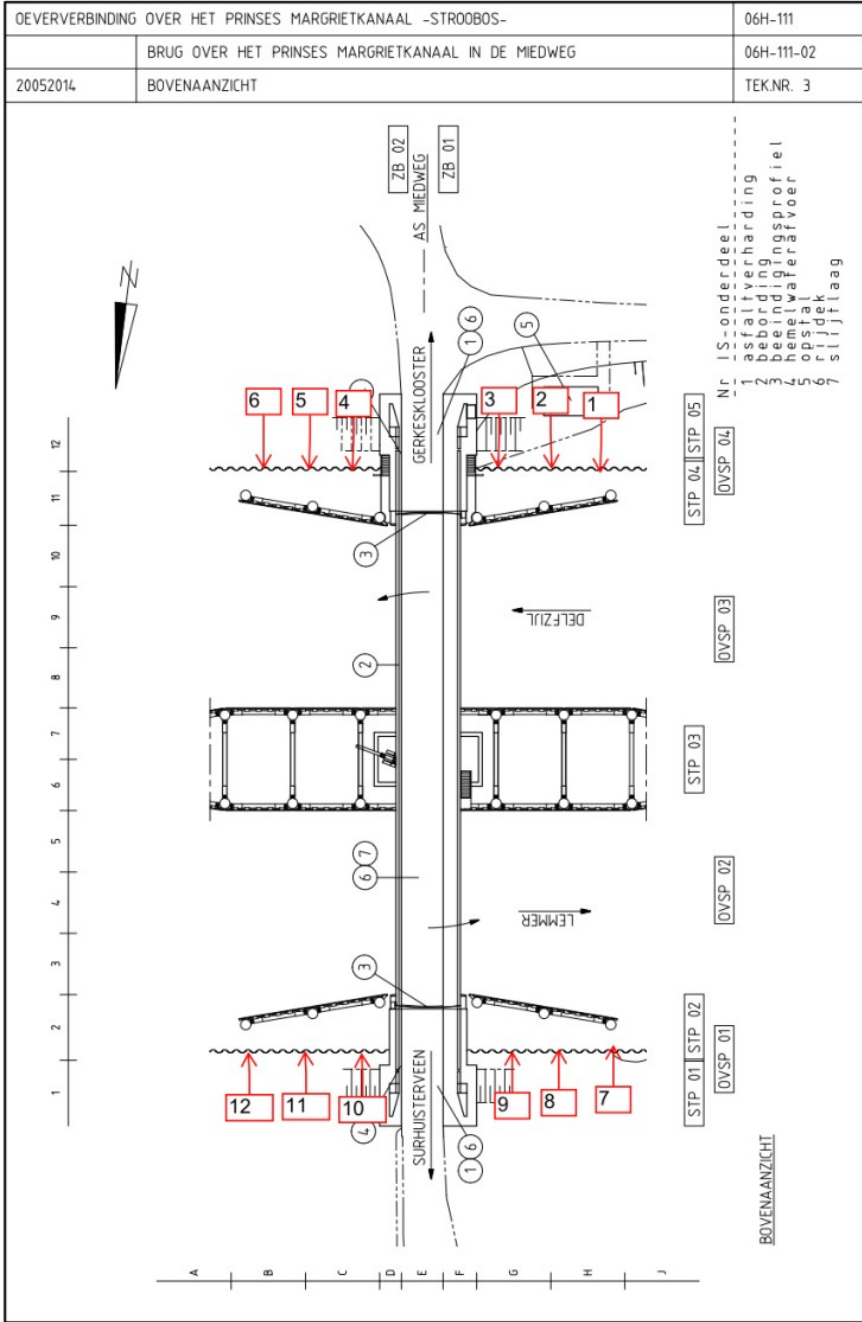


<p>LD-2018</p>	<p>Damwand Eemskanaal nabij Appingedam</p> <p>locaties D1 t/m D10</p>										
<p>LD-2017</p>	<p>Bloemhofbrug locaties 1 t/m 8</p>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">OEVERVERBINDING OVER HET EEMSKANAAL -BLOEMHOFBRUG-</td> <td style="text-align: right;">07E-105</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">BRUG OVER HET EEMSKANAAL IN DE MEENTEWEG</td> <td style="text-align: right;">07E-105-01</td> </tr> <tr> <td style="text-align: left;">04.032014</td> <td style="text-align: left;">BOVENAANZICHT</td> <td style="text-align: right;">TEK.NR. 3</td> </tr> </table> <div style="margin-top: 10px;"> <p>Nr. IS-onderdeel</p> <ul style="list-style-type: none"> 1. Isalverbinding 2. Heelwaterbuis 3. Opstal 5. Leuning <p>Nr. IS-onderdeel</p> <ul style="list-style-type: none"> 7. Crankant 8. Stijlpaal 9. Beëindiging 10. Voegovergang </div>	OEVERVERBINDING OVER HET EEMSKANAAL -BLOEMHOFBRUG-		07E-105	BRUG OVER HET EEMSKANAAL IN DE MEENTEWEG		07E-105-01	04.032014	BOVENAANZICHT	TEK.NR. 3
OEVERVERBINDING OVER HET EEMSKANAAL -BLOEMHOFBRUG-		07E-105									
BRUG OVER HET EEMSKANAAL IN DE MEENTEWEG		07E-105-01									
04.032014	BOVENAANZICHT	TEK.NR. 3									



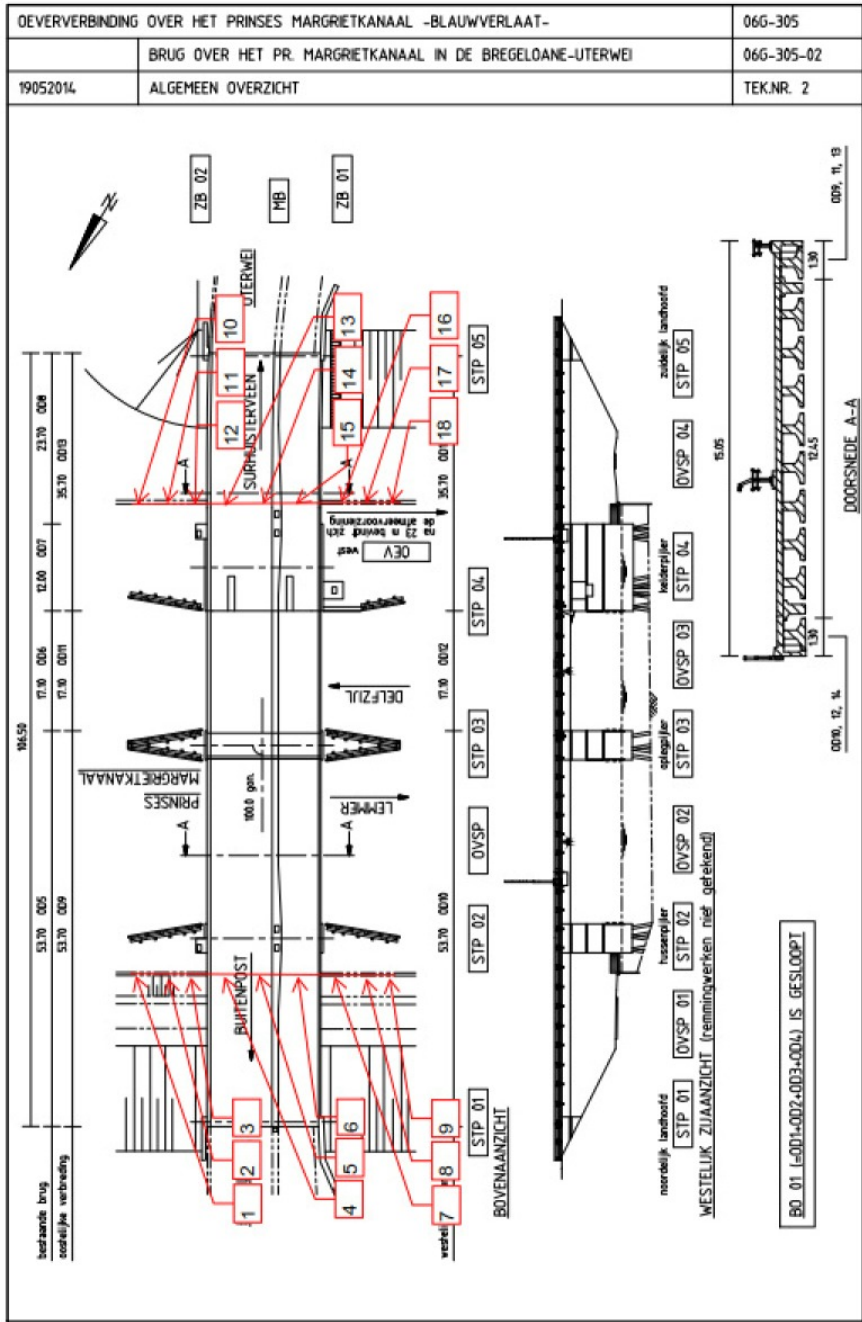
LD
2017

Brug Stroobos
locaties 1 t/m
12

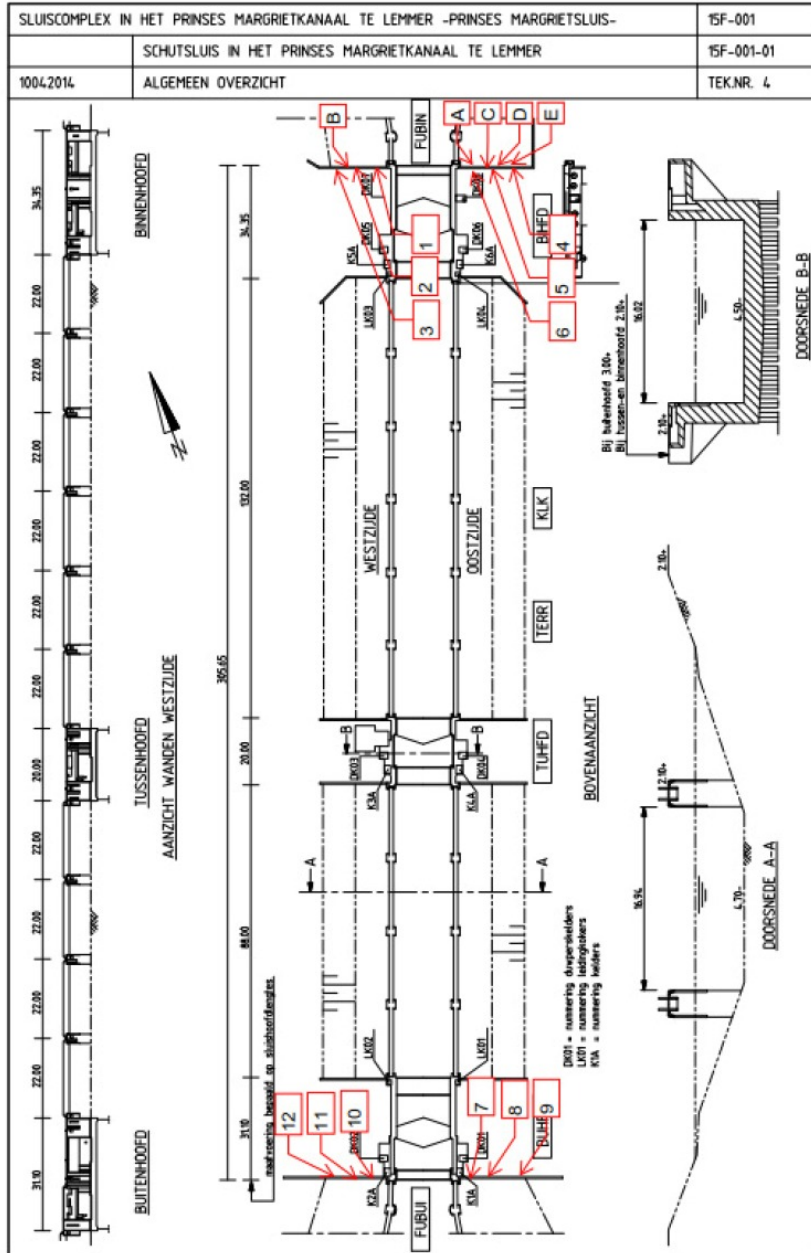


LD
2017
Brug
Blauwverlaat

locaties 1 t/m
18



LD
201
7
Prinses
Margrietsl
uis
locaties 1
t/m 12

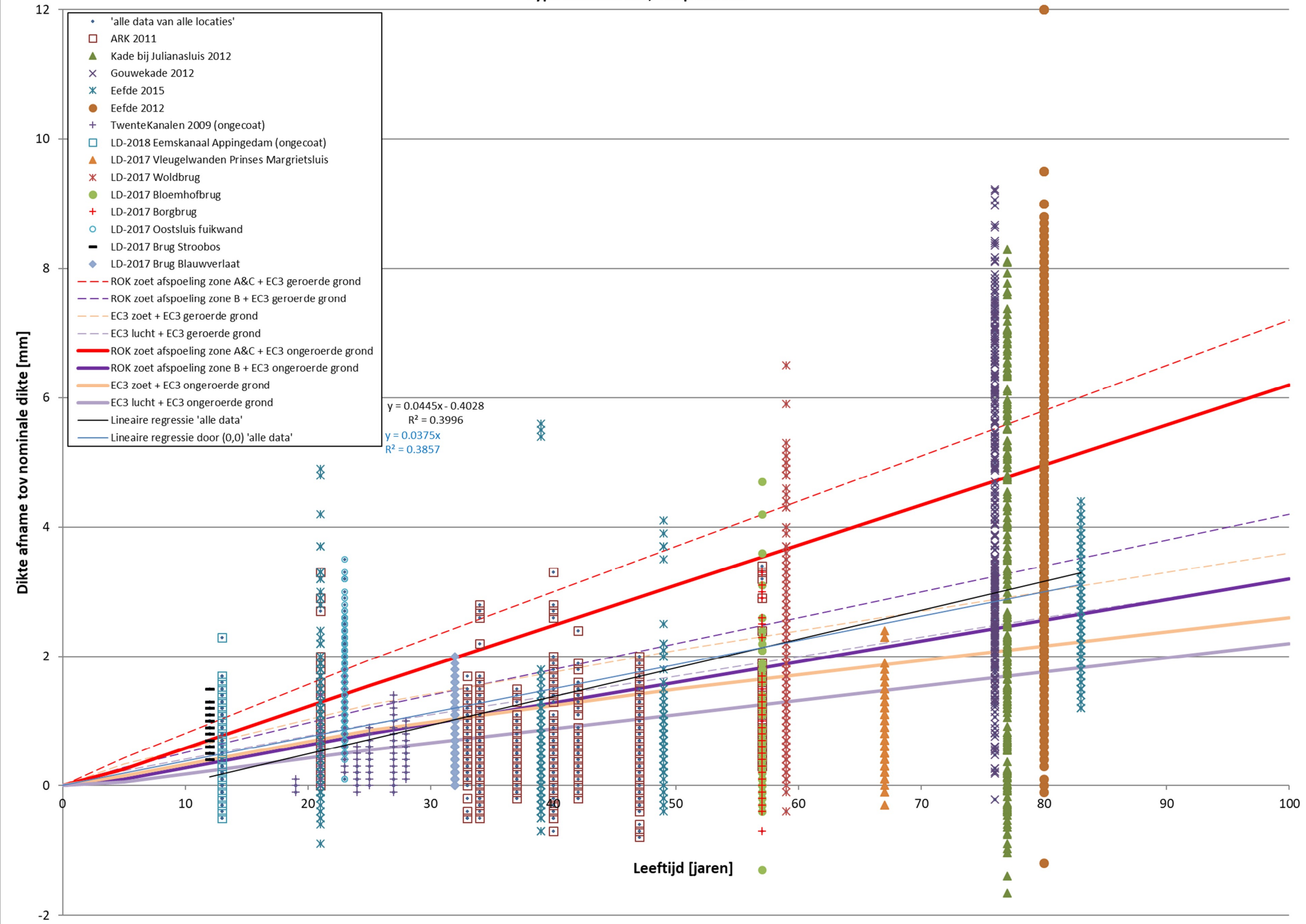


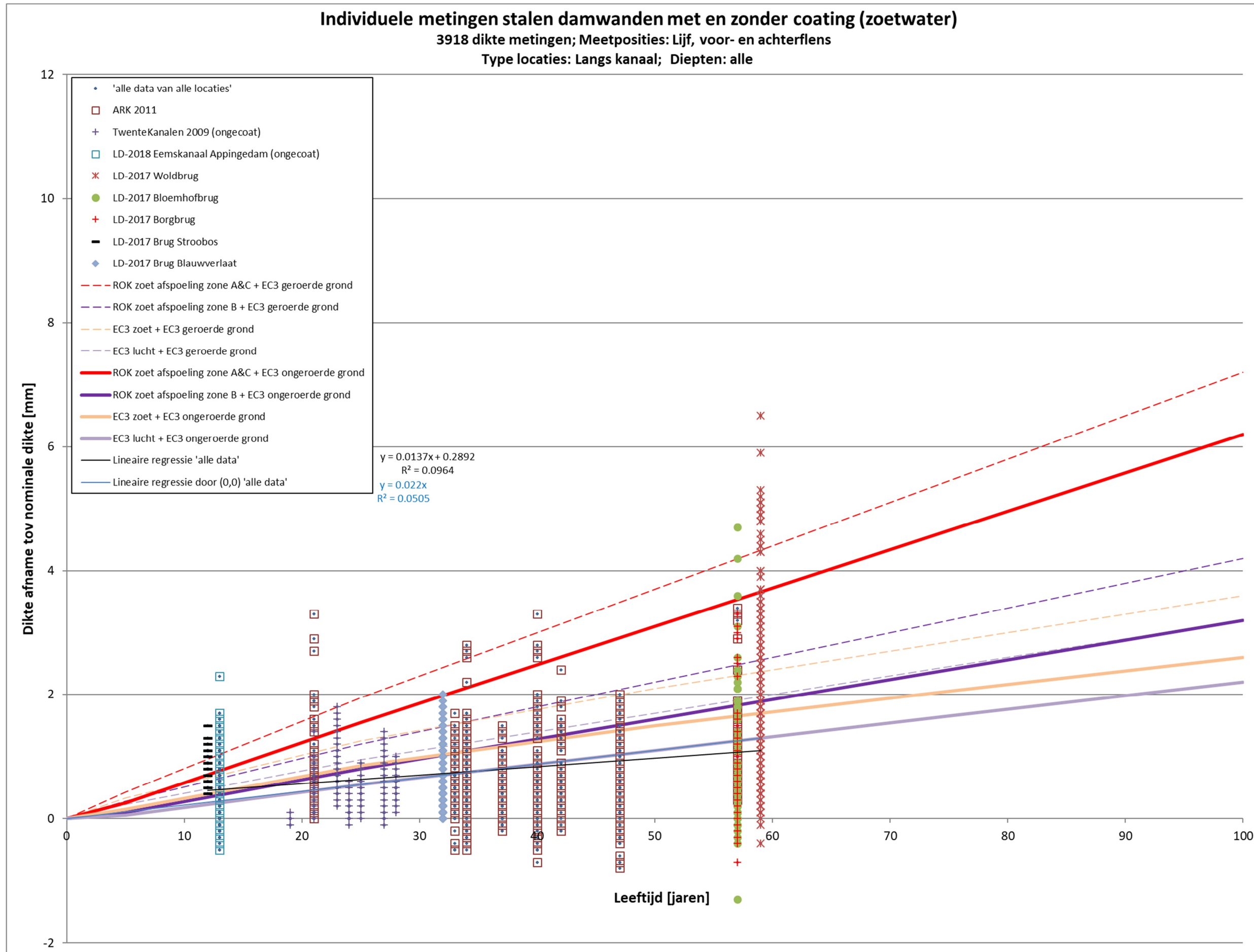
B Dikteafname

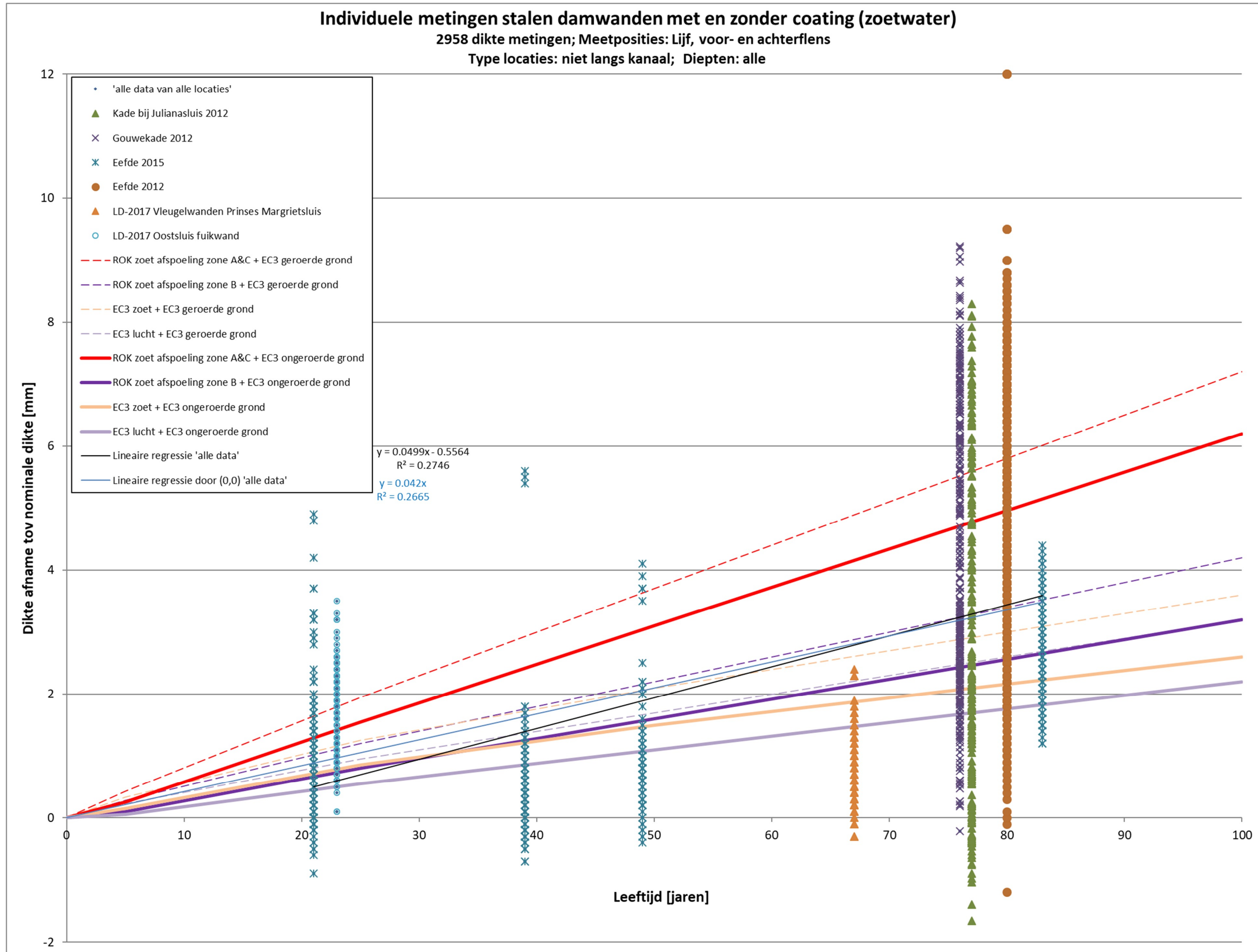
Individuele metingen stalen damwanden met en zonder coating (zoetwater)

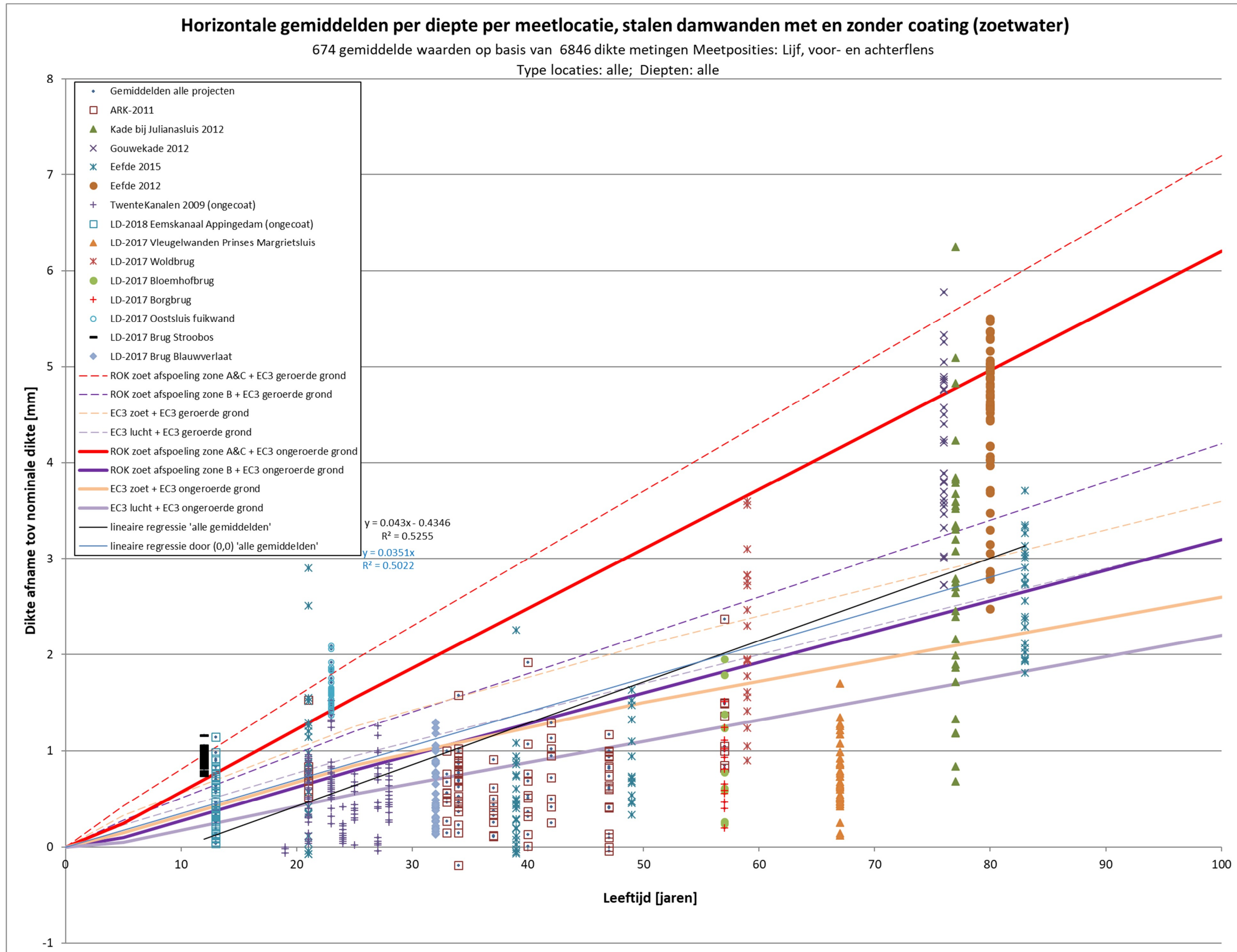
6876 dikte metingen; Meetposities: Lijf, voor- en achterflens

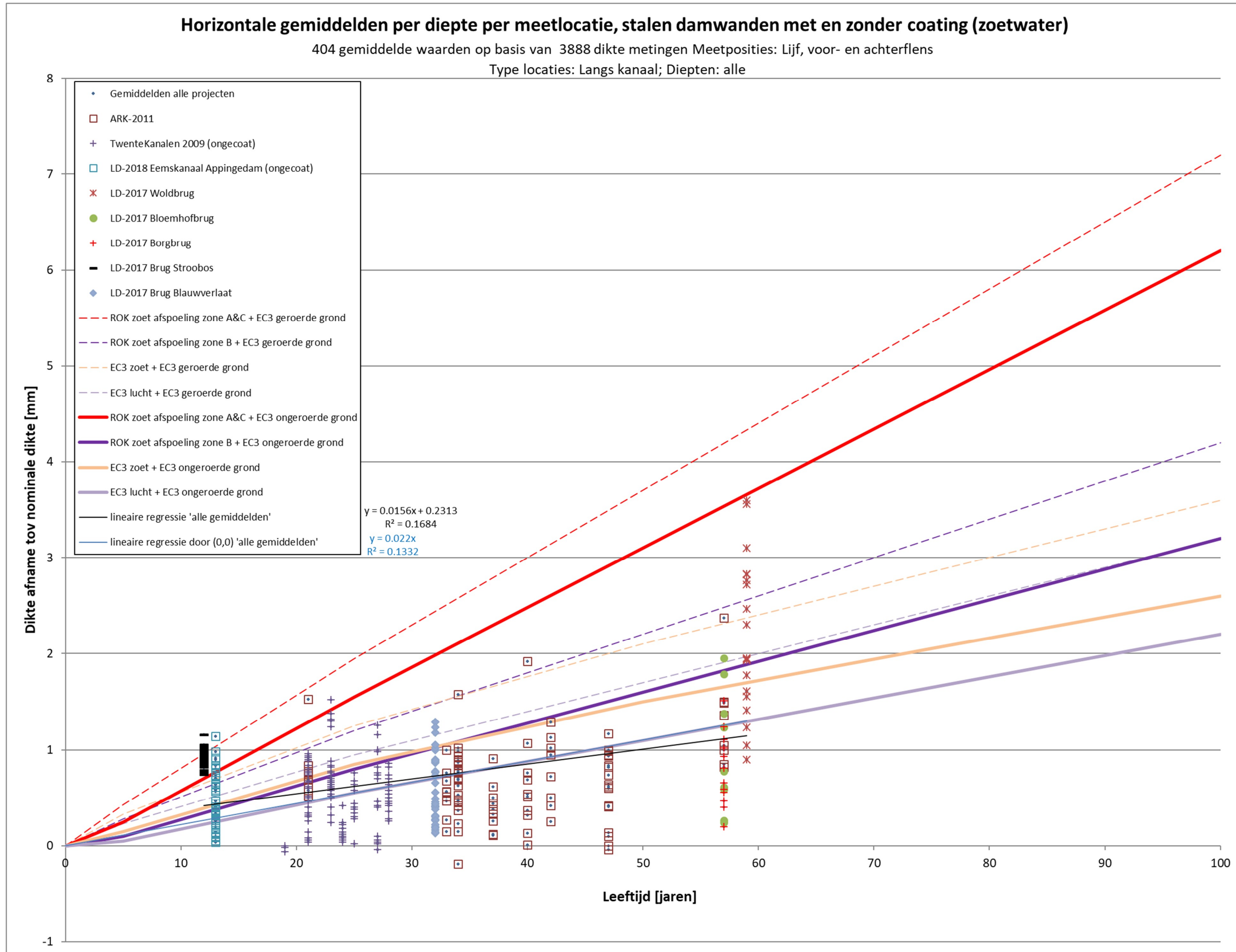
Type locaties: alle; Diepten: alle

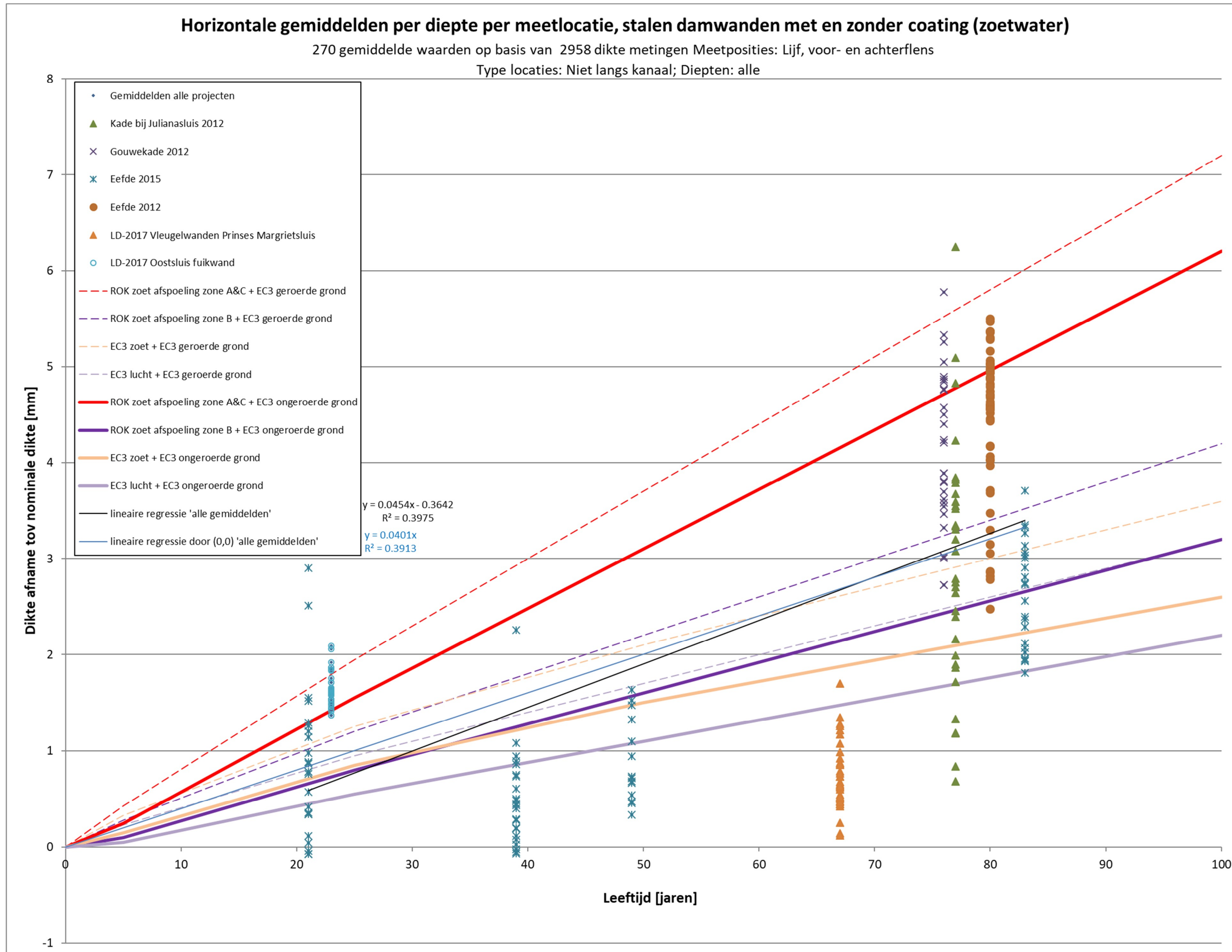


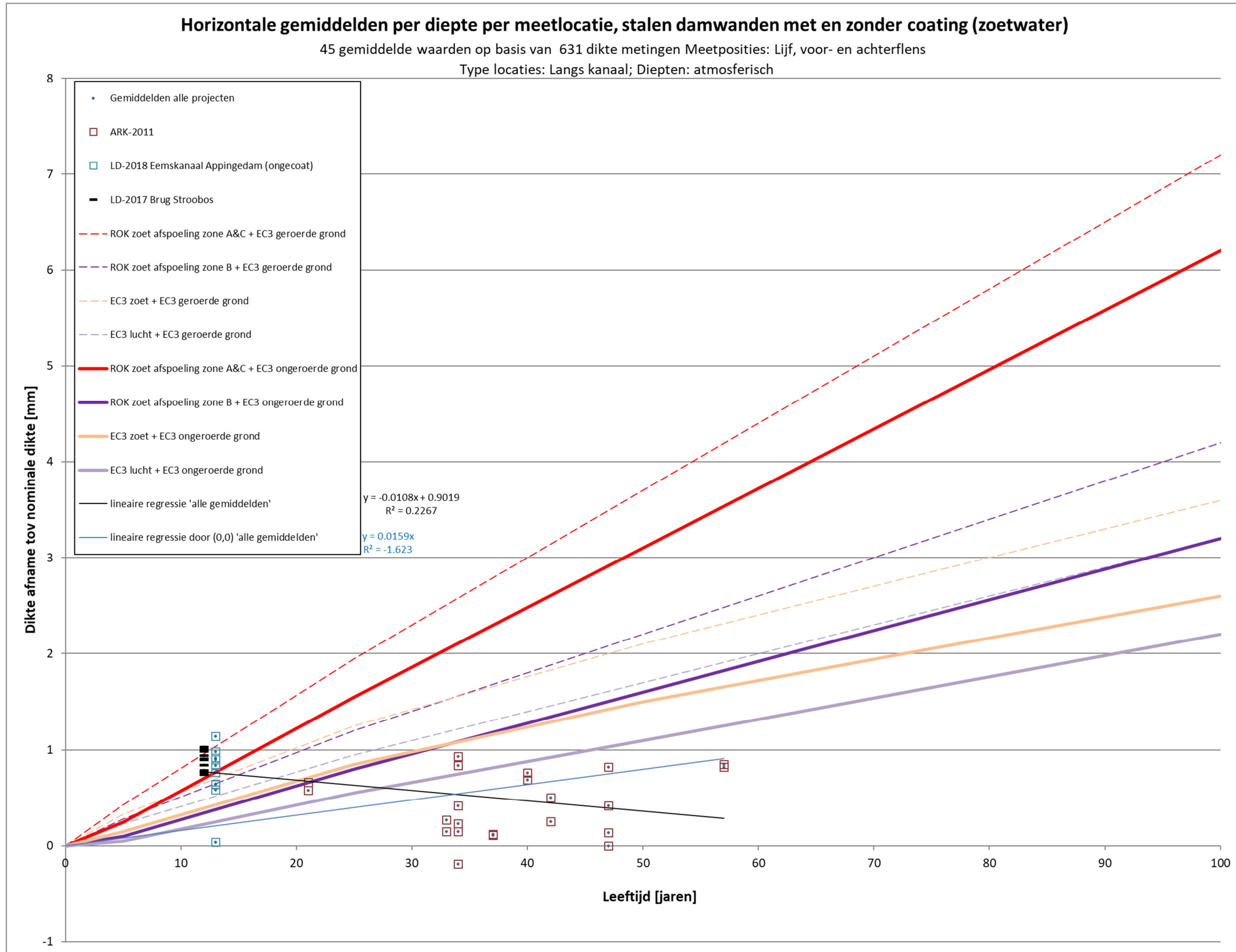


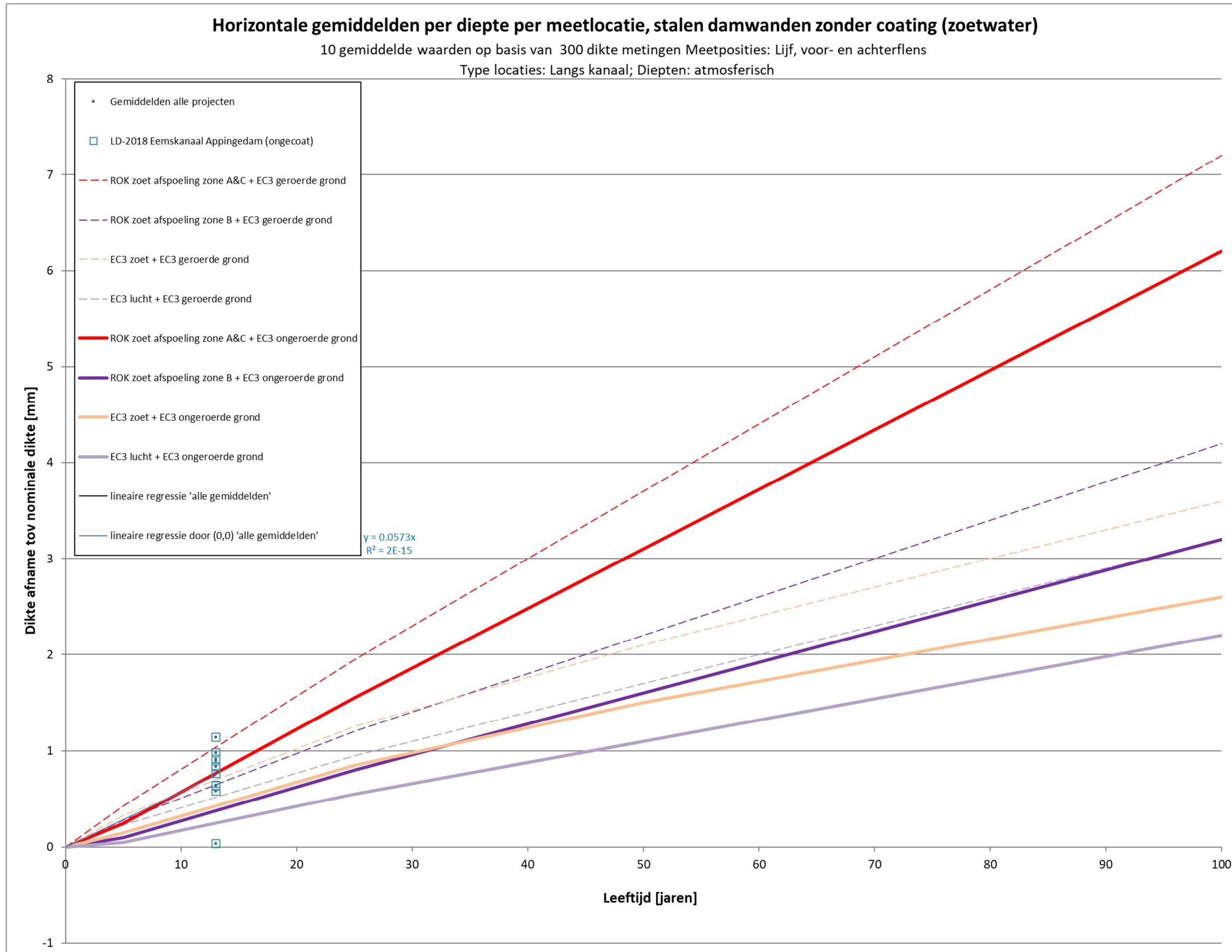








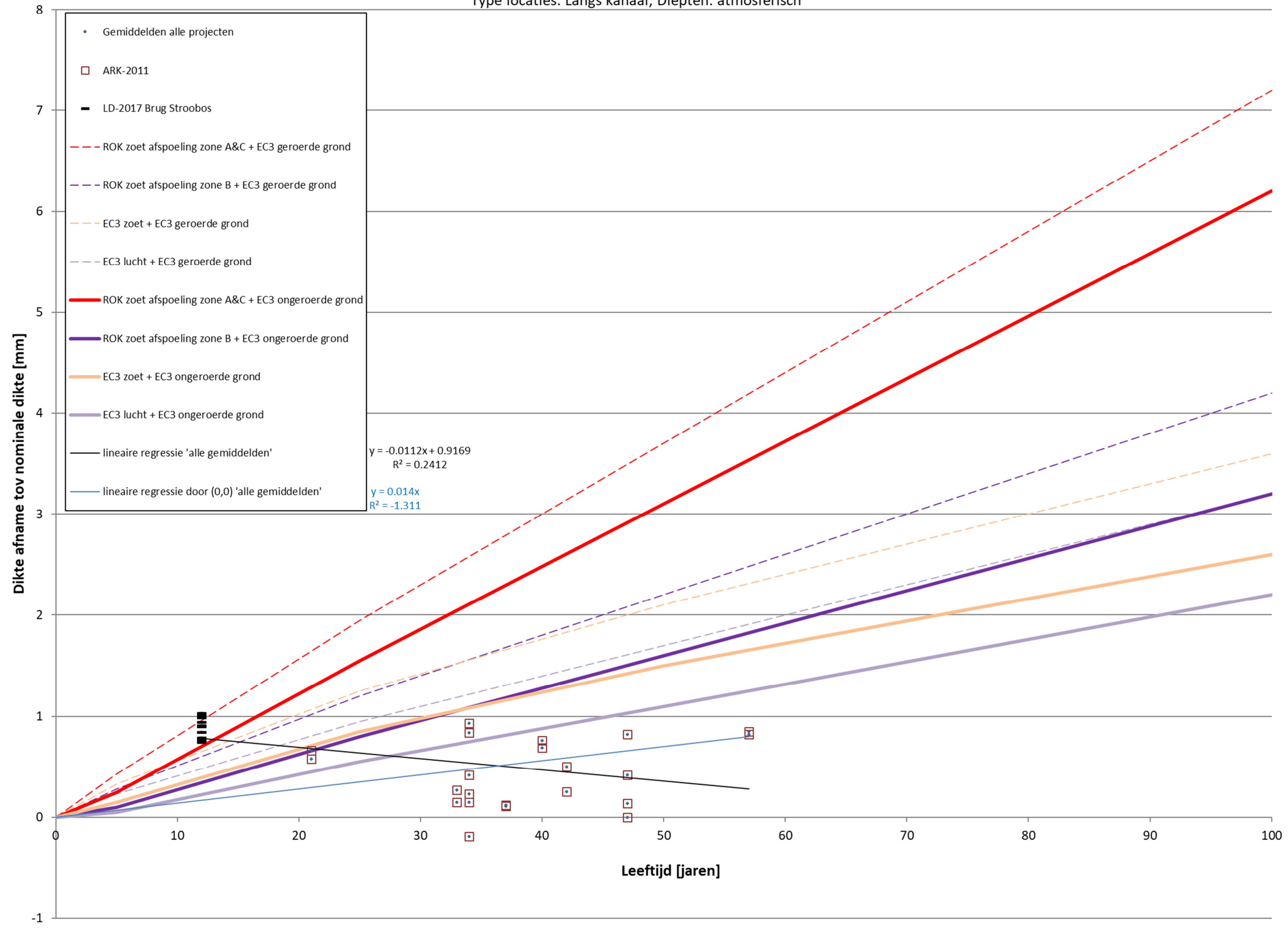


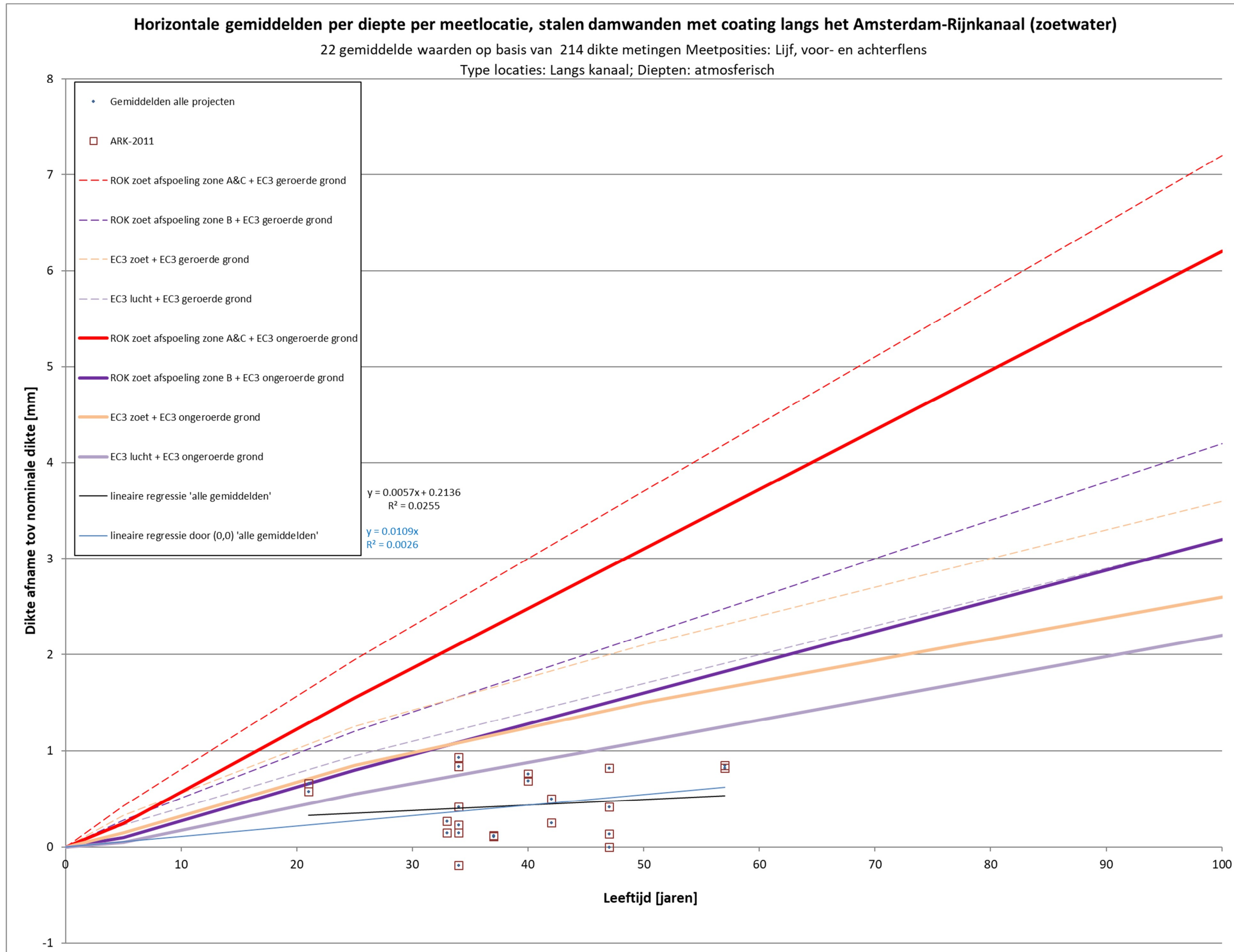


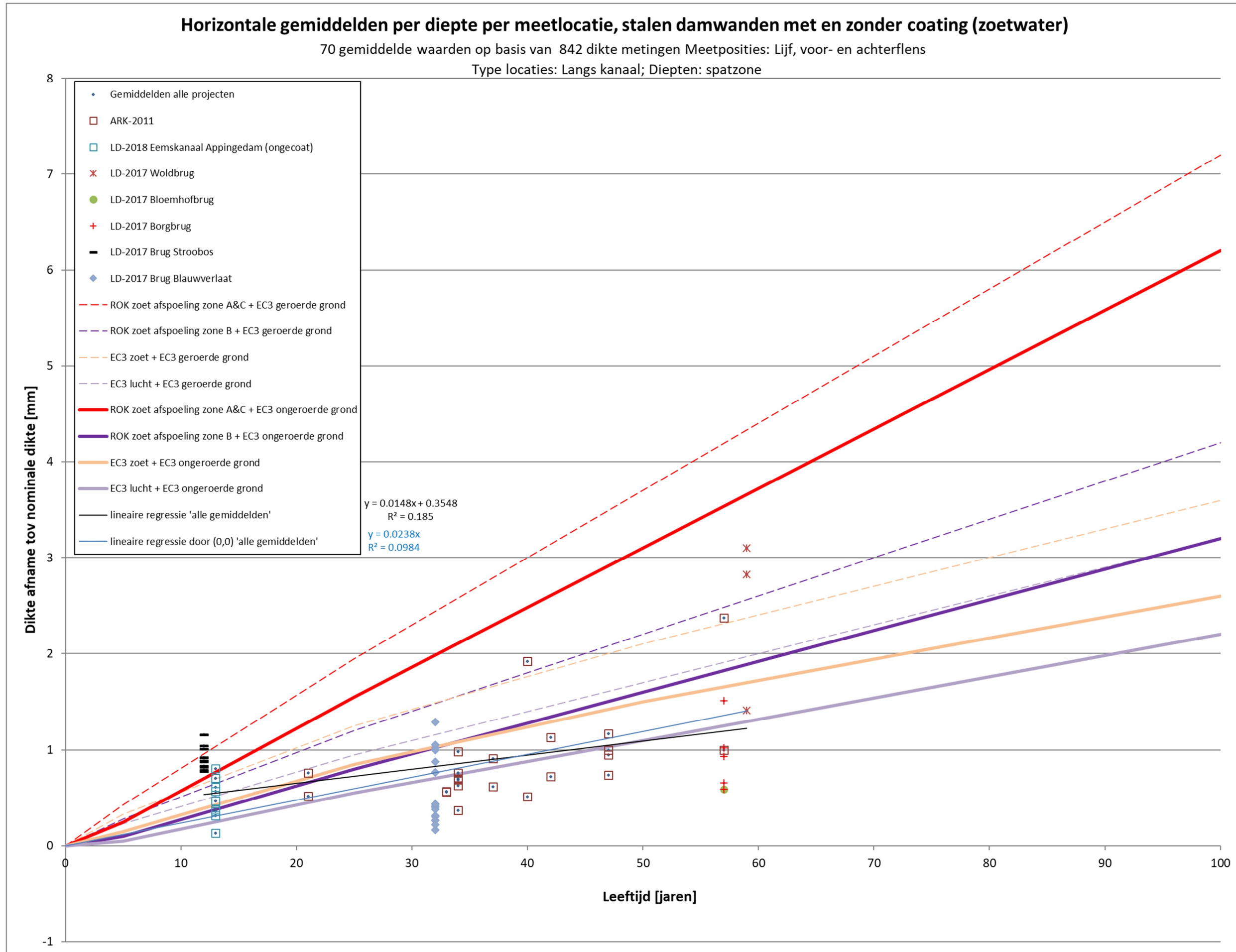
Horizontale gemiddelden per diepte per meetlocatie, stalen damwanden met coating (zoetwater)

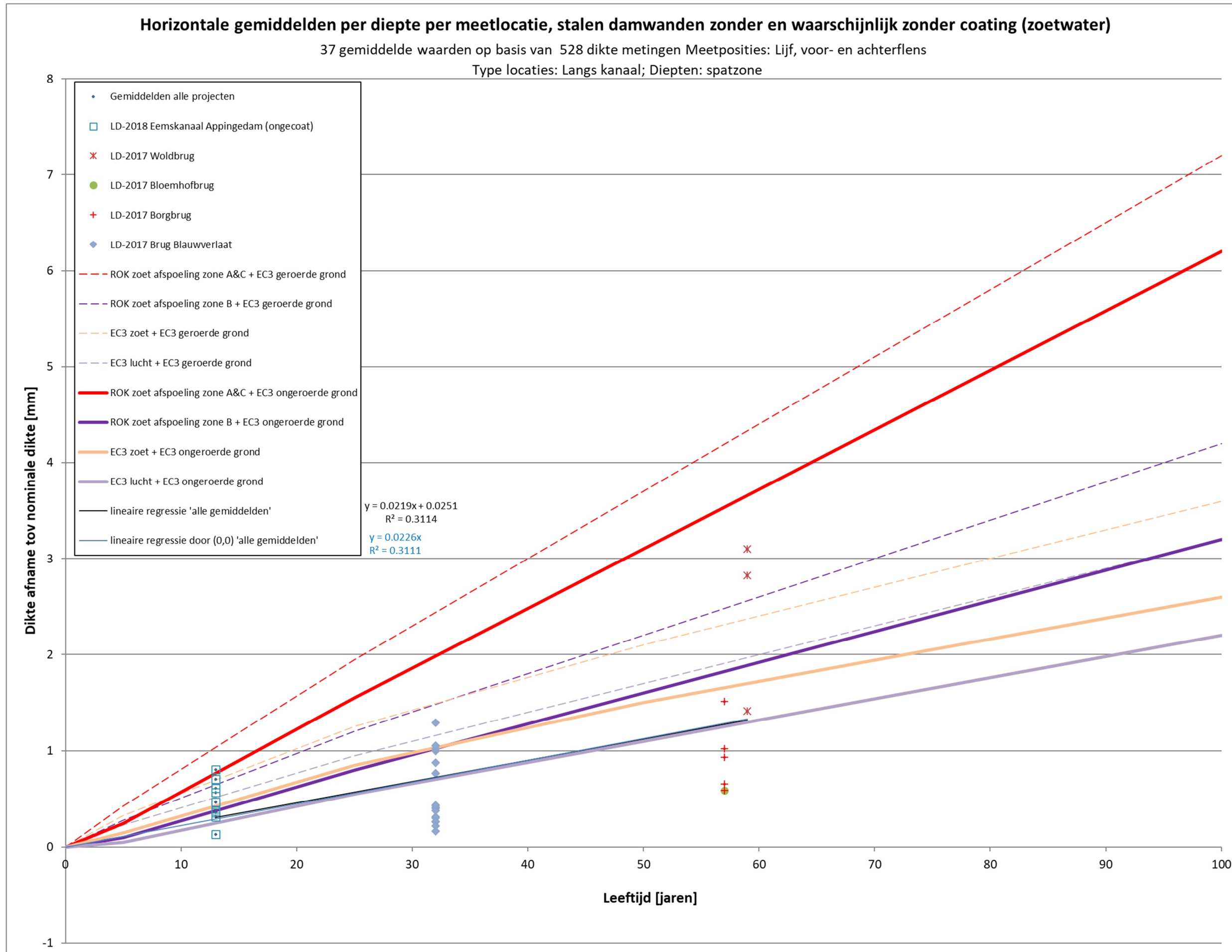
35 gemiddelde waarden op basis van 331 dikte metingen Meetposities: Lijf, voor- en achterflens

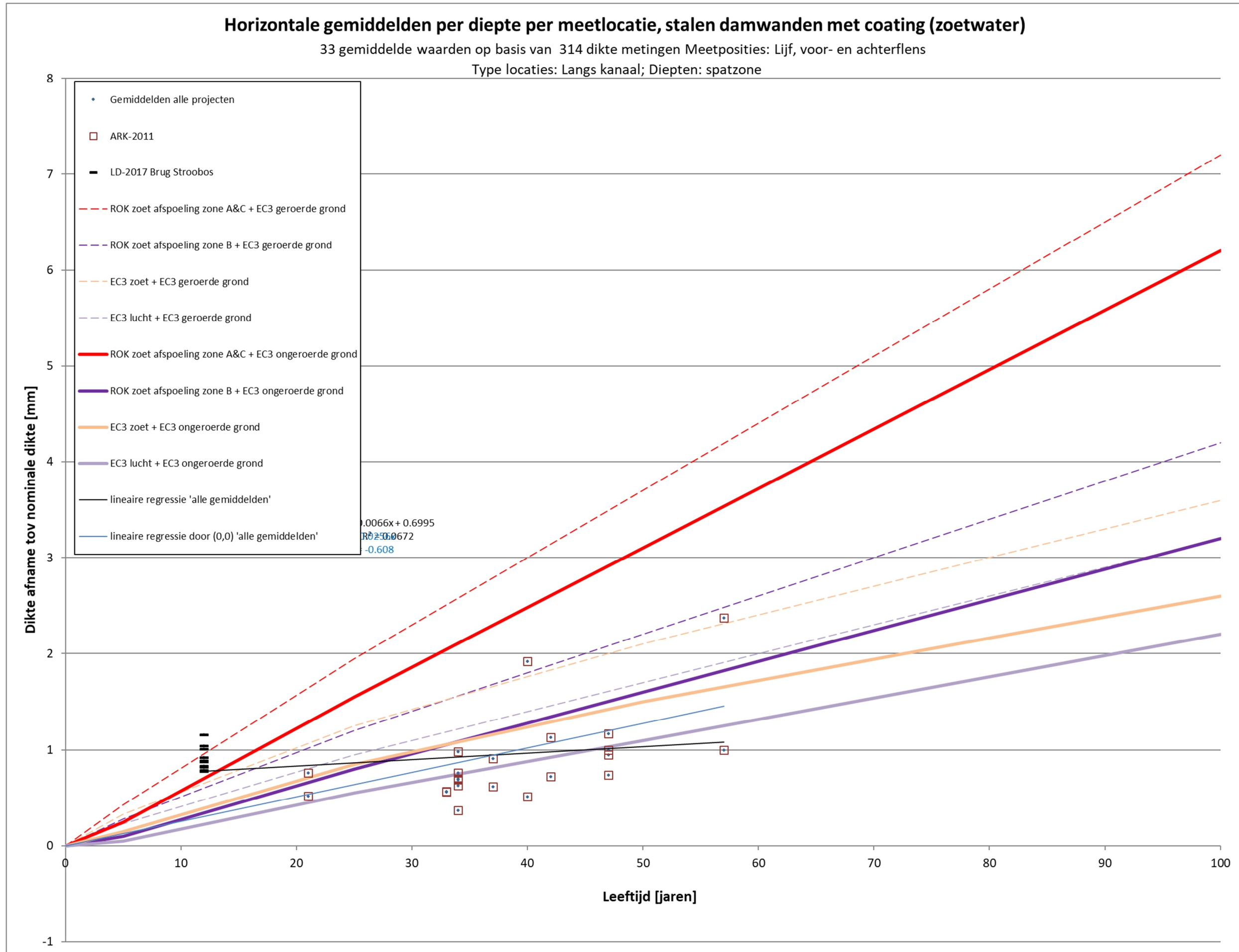
Type locaties: Langs kanaal; Diepten: atmosferisch

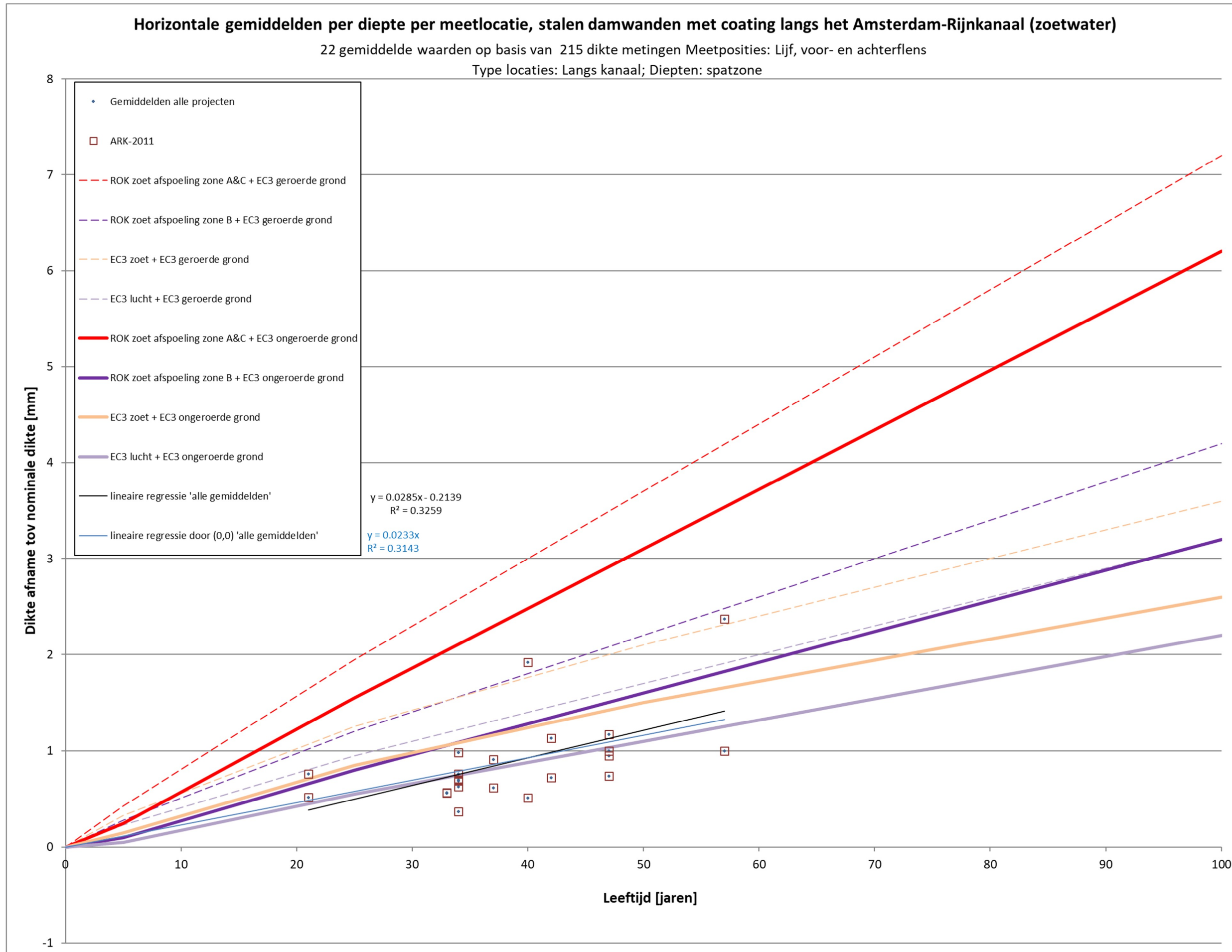


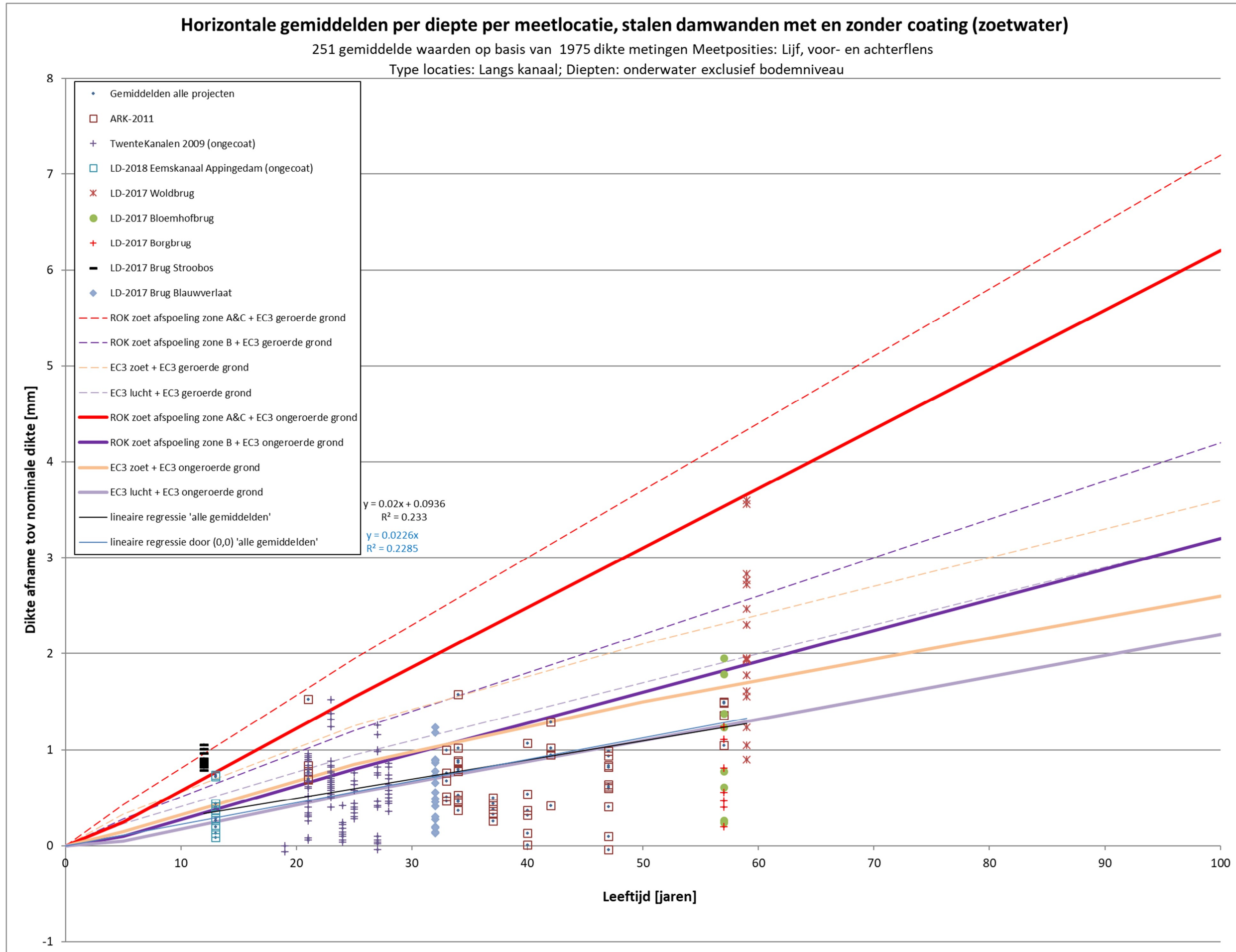


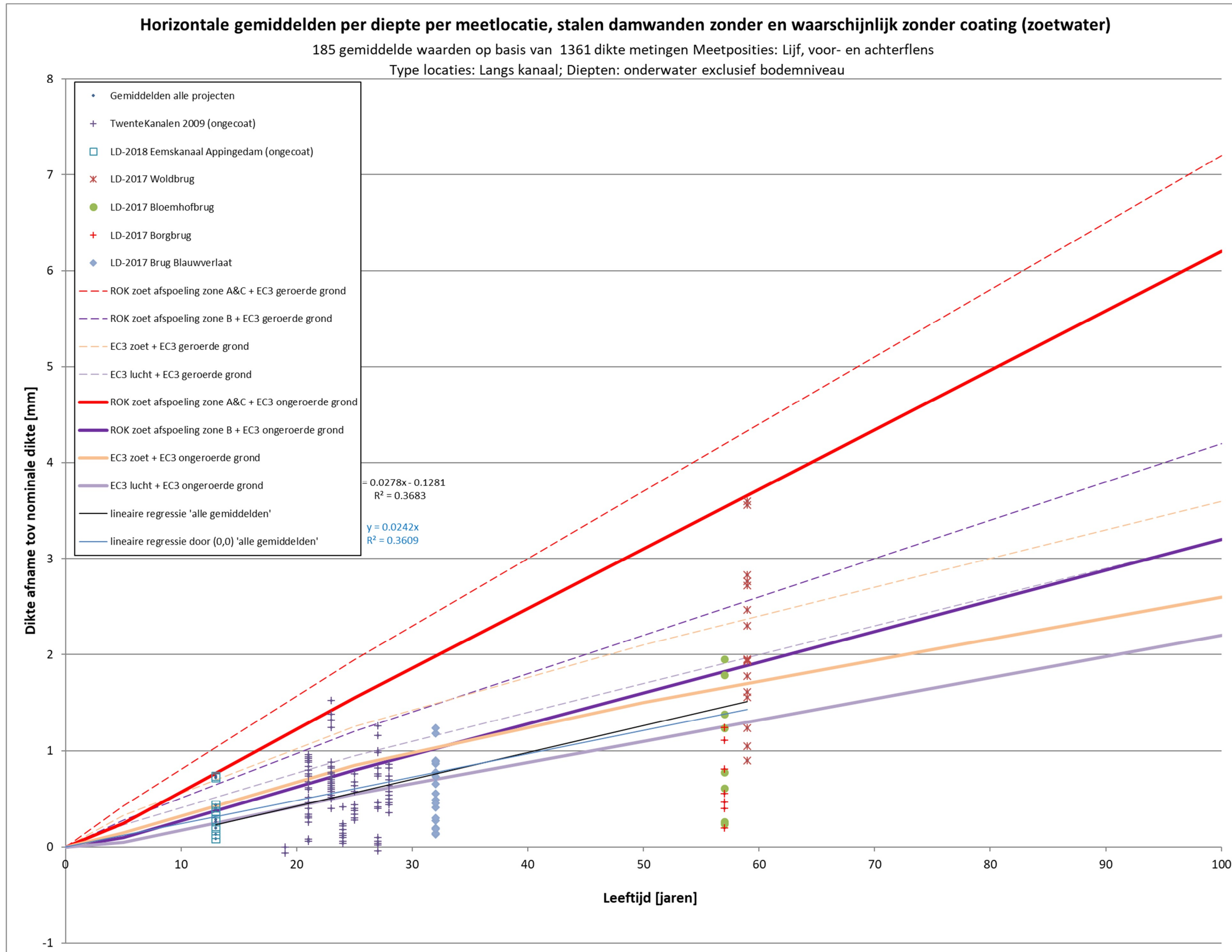








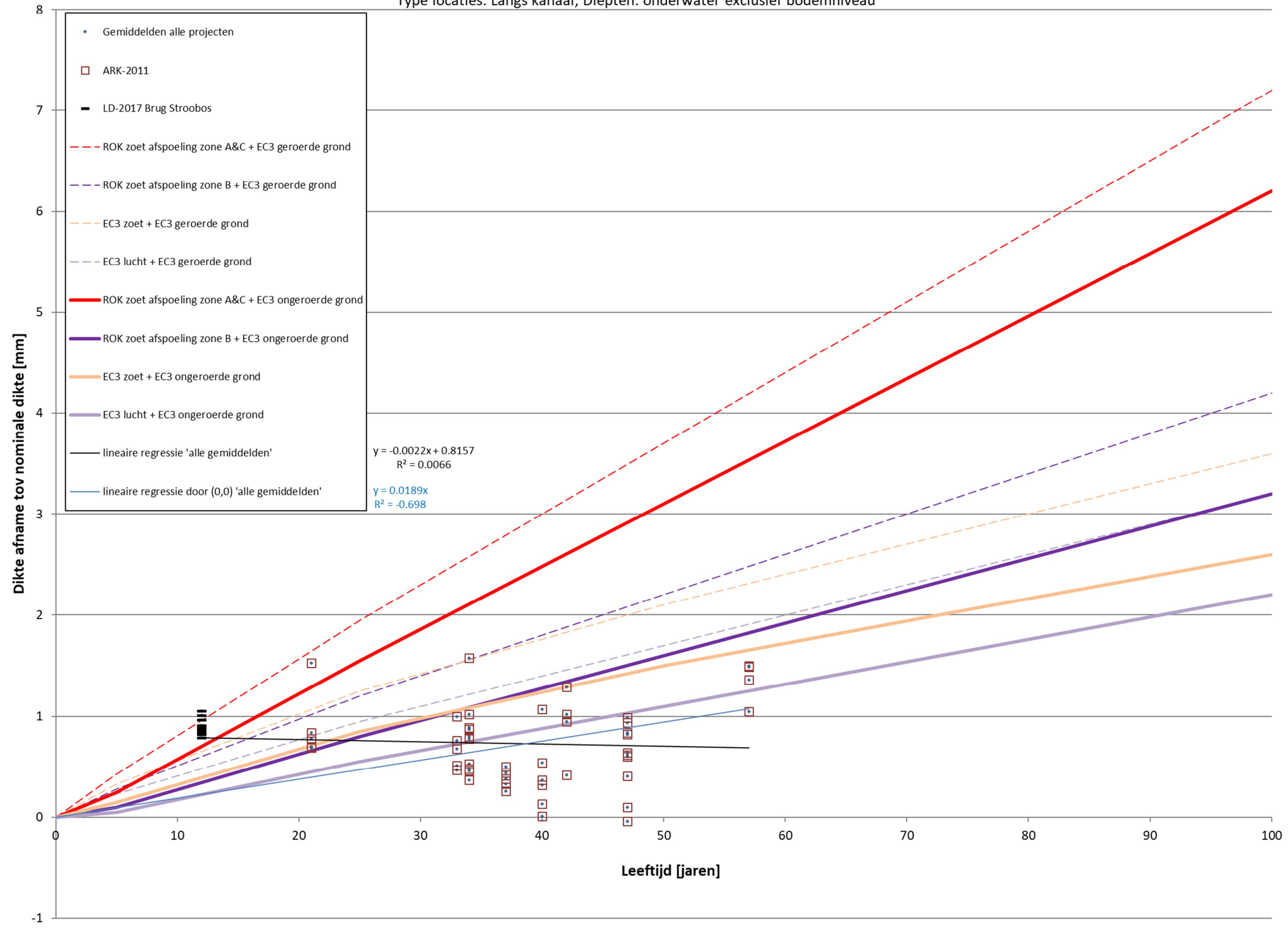


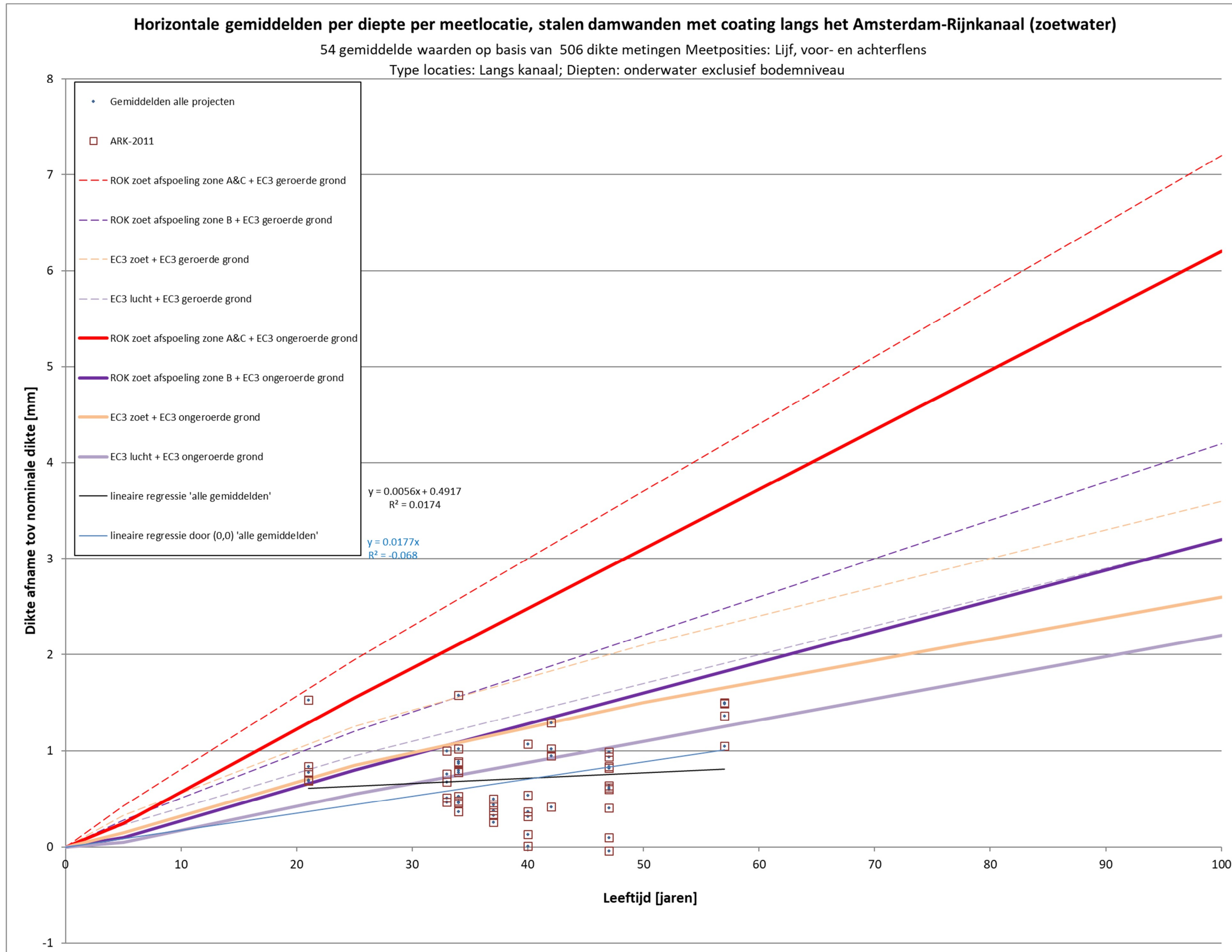


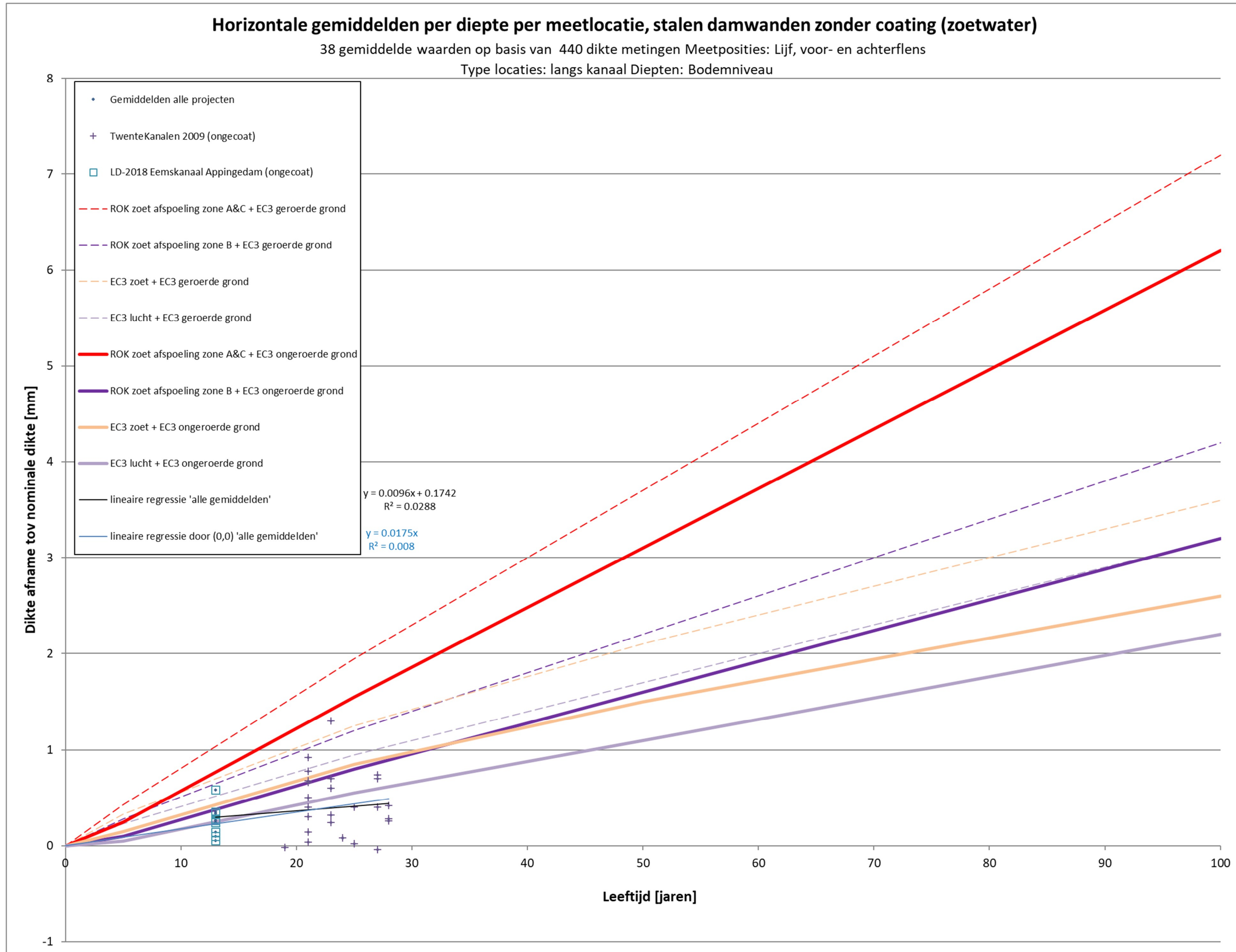
Horizontale gemiddelden per diepte per meetlocatie, stalen damwanden met coating (zoetwater)

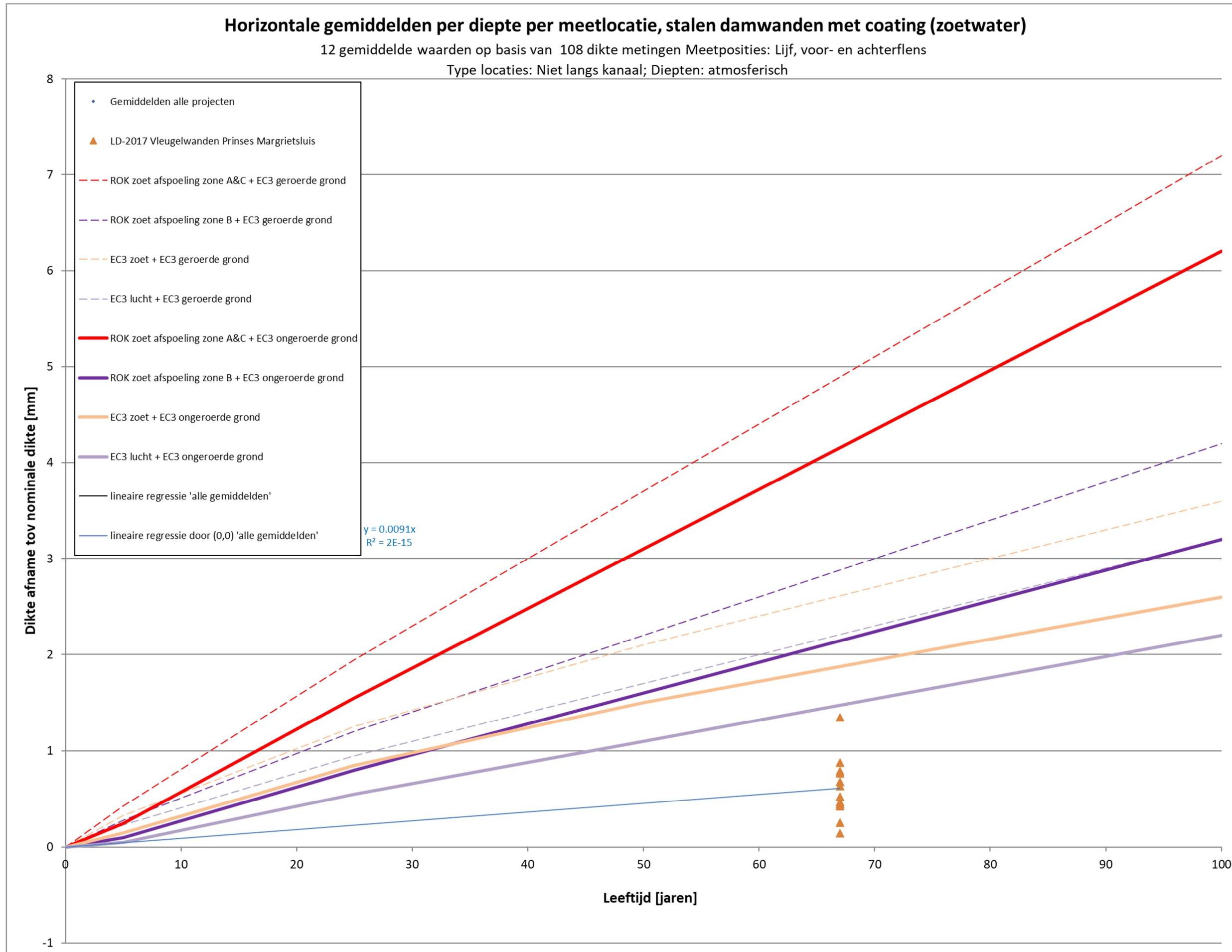
66 gemiddelde waarden op basis van 614 dikte metingen Meetposities: Lijf, voor- en achterflens

Type locaties: Langs kanaal; Diepten: onderwater exclusief bodemniveau









Horizontale gemiddelden per diepte per meetlocatie, stalen damwanden met coating (zoetwater)

16 gemiddelde waarden op basis van 136 dikte metingen Meetposities: Lijf, voor- en achterflens
 Type locaties: Niet langs kanaal; Diepten: spatzone en/of minder dan de helft v/d tijd onderwater

