



Monitoringsrapportage 2021

Watergraafsmeer - JLD-Dijkstabilisator

projectnummer 0413509.101
definitief revisie 2
19 mei 2022

Inhoudsopgave

Blz.

1	Inleiding	3
1.1	Achtergrond jaarrapportage	3
1.2	Doel jaarrapportage	4
1.3	JLD-Dijkstabilisator en de invloed op de omgeving	5
1.4	Locaties monitoring	5
1.5	Leeswijzer	6
2	Proces	7
2.1	Werkwijze	7
2.2	Voortgang	8
3	Onderzoeksvragen	9
4	Monitoringsdata en analyse Watergraafsmeer	10
4.1	Veldinspectie	10
4.2	Deformatie JLD-Dijkstabilisator SAAF	11
4.2.1	Meetlocaties	11
4.2.2	Meetperiode	12
4.2.3	Apparatuur	12
4.2.4	Bijzonderheden	12
4.2.5	Data	13
4.3	Deformatie kruin	13
4.3.1	Meetlocaties	13
4.3.2	Meetperiode	13
4.3.3	Apparatuur	14
4.3.4	Bijzonderheden	14
4.3.5	Data	14
4.4	Deformatie kopplaten	15
4.4.1	Meetlocaties	15
4.4.2	Meetperiode	16
4.4.3	Apparatuur	16
4.4.4	Bijzonderheden	16
4.4.5	Data	17
4.5	Beplanting	17
4.6	Piping en kwel	18
4.6.1	Meetlocaties	18
4.6.2	Meetperiode	20
4.6.3	Apparatuur	20
4.6.4	Bijzonderheden	20
4.6.5	Analyse data	22

4.7	Voorspanning	29
4.7.1	Meetlocaties	31
4.7.2	Meetperiode	31
4.7.3	Apparatuur	31
4.7.4	Bijzonderheden	31
4.7.5	Analyse data	32
4.7.6	Inspectiewerkzaamheden offline nodes (2021)	40
4.8	Neerslag	41
4.8.1	Meetlocatie	41
4.8.2	Meetperiode	42
4.8.3	Apparatuur	42
4.8.4	Bijzonderheden	42
4.8.5	Data	42
4.8.6	Overzicht jaar 2021	44
5	Analyse	46
5.1	Koppeling tussen monitoringsdata en onderzoeksvragen	46
5.2	Onderzoeksvraag 7 (Kwel)	46
5.2.1	Voorlopige conclusie	46
5.3	Onderzoeksvraag 8 (Invloed vervormingen)	46
5.4	Onderzoeksvraag 9 (Beplanting)	47
5.5	Onderzoeksvraag 11 (Piping)	47
5.5.1	Voorlopige conclusie	47
5.6	Onderzoeksvraag 13 (Verloop voorspanning)	47
5.6.1	Voorspanning versus neerslag	47
5.6.2	Voorspanning versus temperatuur	50
5.6.3	Voorlopige bevindingen	51
6	Financiële verantwoording	52
7	Advies en werkstappen 2022	53
7.1	Werkplan 2022	53
7.2	Algemeen advies aanvulling te ondernemen werkstappen	53
7.3	Nastel en herstel werkzaamheden	54
7.3.1	Online brengen van de nodes	54
7.3.2	Naspannen	55
7.3.3	Meekoppelkansen	56
7.4	Postdictie	58
7.4.1	Voorspelling krachtverloop	58
7.4.2	Benodigde data postdictie	59
7.4.3	Werkstappen postdictie	60
7.5	Update onderzoeksrapportages	61
7.6	Eindrapportage	63
8	Bibliografie	64

1 Inleiding

1.1 Achtergrond jaarrapportage

De JLD-Dijkstabilisator is een innovatieve dijkversterkingsmethode. Voor de ontwerpbaarheid en bewijsbaarheid van deze methode is een pilotproject met praktijkproeven opgezet. De resultaten hiervan hebben als doel (door)ontwikkeling van deze innovatie en het leveren van afdoende onderbouwing voor een Expertise Netwerk Waterveiligheid (ENW)-acceptatie.

In een voorgaande fase zijn reeds diverse proeven en onderzoeken uitgevoerd om de JLD-Dijkstabilisator en de bijbehorende ontwerpmethodologie en veiligheidsbenadering gereed te maken voor toepassing in een project. Ook resteerden er enkele kennisleemtes. In samenwerking met Waterschap Amstel, Gooi en Vecht en het HWBP is besloten een pilotproject uit te voeren. Als pilotproject is gekozen de versterking van de Ringdijk te Watergraafsmeer in Amsterdam. Daarbij is een team van JLD, Antea Group en Deltares betrokken. De realisatie is in 2019 voltooid. Van 2019 tot 2024 vindt monitoring plaats om de kennis omtrent het beheer & onderhoud en het lange termijn gedrag van de techniek te vergroten. Daarnaast zijn er op locatie in Purmerend en Broek in Waterland diverse proeven uitgevoerd op de grond-constructie interactie.

Mede op basis van de ontwerp en realisatiefase in de Watergraafsmeer is de JLD-Dijkstabilisator inmiddels door het ENW [1] beoordeeld als een techniek die gereed is voor toepassing. Het werkplan is een middel om in de nastel en monitoringfase op een gestructureerde manier de informatie te verzamelen om te komen tot een bewezen techniek.

Parallel aan het pilotproject in Watergraafsmeer zijn door Expertise Netwerk Waterveiligheid (ENW) voor de doorontwikkeling van de JLD-Dijkstabilisator negentien onderzoeksvragen opgesteld. Om een goed antwoord te kunnen geven op al deze onderzoeksvragen dienen tijdens zowel de uitvoering als de nastelfase een aantal parameters gemonitord te worden.

Er is reeds een monitoringsplan opgesteld. Dit beschrijft de te monitoren parameters voor de beheerperiode van vijf jaar van het pilotproject Ringdijk voor de locaties Watergraafsmeer en de proeflocatie in Purmerend. [2] De monitoring van de dijkversterking richt zich op:

- JLD-Dijkstabilisator en de invloed op de omgeving;
- verzamelen parameters voor de onderzoeksvragen.

Gedurende de nastelperiode van vijf jaar wordt elk jaar een werkplan opgesteld met daarin de uit te voeren monitoring van de kade met de JLD-Dijkstabilisator. In het werkplan is beschreven wat voor een type monitoring wordt uitgevoerd en waarvoor de monitoring benodigd is.

Voor de monitorings- en nastelperiode is door het Hoogwaterbeschermingsprogramma (HWBP) een beschikking afgegeven. Op basis van het werkplan wordt elk jaar een voorschot op de beschikking aangevraagd. Het eerste werkplan van de periode medio 2019 – eind 2020 is inmiddels uitgevoerd alsmede het tweede werkplan van de periode begin 2021 – eind 2021, het werkplan voor 2022 is in uitvoering [3].

De voorliggende jaarrapportage gaat in op de monitoring en analyse van de verkregen data uit 2021. De basis hiervan ligt in de diverse 3-maandelijkse feitenrapportages [4] [5] [6], opgesteld vanaf het 1^e kwartaal in 2021.

JLD Dijkstabilisator



De JLD-Dijkstabilisator bestaat uit een LDE (vinelement), klapanker, trekstang, kopplaatbout en kopplaat. Het klapanker kan tot in een diepe zandlaag geplaatst worden, waardoor de JLD-Dijkstabilisator kracht ontleent aan verschillende grondlagen. Door het aanbrengen van de voorspanning op de kopplaat wordt het maaiveld onder spanning gezet, terwijl de JLD-Dijkstabilisator via de trekstang en het klapanker kracht ontleent aan de diepe ondergrond. De kopplaat speelt een essentiële rol in de overbrenging van de krachten naar de ondergrond. Het voordeel van de JLD-Dijkstabilisator is dat dit een actief systeem betreft dat geen vervorming van de dijk nodig heeft voordat het in werking treedt.

1.2 Doel jaarrapportage

Het doel van de jaarlijkse rapportage is het inwinnen van verdiepende kennis over de JLD-Dijkstabilisator in relatie tot een aantal van de door het ENW opgestelde onderzoeksvragen. Daarnaast heeft de jaarrapportage als doel om inzichtelijk te maken hoe de werkstappen zijn doorlopen in relatie tot het vooraf opgestelde werkplan [7].

De jaarrapportages dienen aan het eind van de monitoringsperiode te borgen dat de juiste gegevens verzameld zijn voor het uitvoeren van een postdictie van het verloop van de voorspanning en het vervormingsgedrag van de waterkering met JLD-Dijkstabilisator. Aan de hand van de monitoring en de postdictie worden de laatste onderzoeksvragen definitief beantwoord.

1.3 JLD-Dijkstabilisator en de invloed op de omgeving

De monitoring dient te bevestigen dat de JLD-Dijkstabilisator werkt zoals ontworpen is en de dijk aan de veiligheidsnormen voldoet. De monitoring richt zich op:

- deformaties van de JLD-Dijkstabilisator (LDE element);
- deformaties van de kruin (maaiveld);
- deformaties van de kopplaat;
- piping;
- voorspanning JLD-Dijkstabilisator;
- materiaaldegradatie;
- waterspanningen;
- neerslag;
- beplanting.

1.4 Locaties monitoring

Ringdijk Amsterdam

De Ringdijk ligt binnen het beheergebied van Waterschap Amstel, Gooi en Vecht. De Ringdijk is onderdeel van de regionale boezemwaterkering (A117_001) langs de Ringvaart van de Watergraafsmeer in Amsterdam. Het projectgebied ligt tussen de Wibautstraat tot de Middenweg en heeft een lengte van circa 600 meter, zie Figuur 1-1.

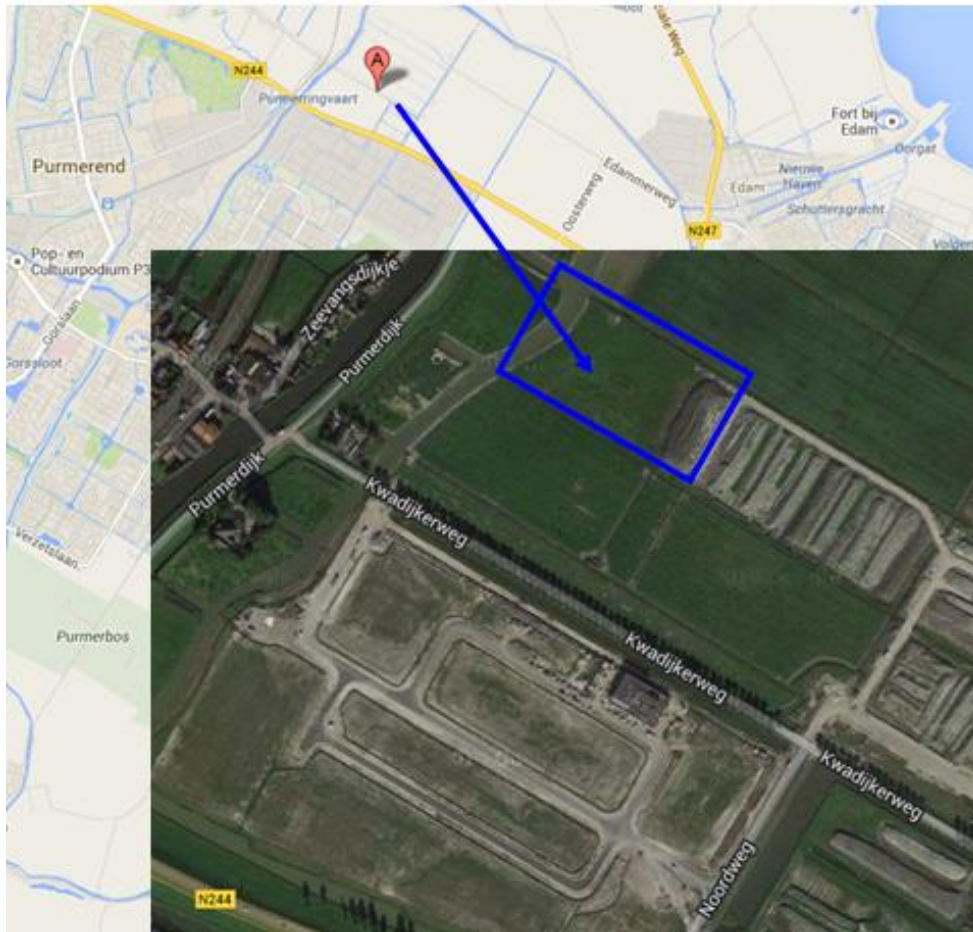


Figuur 1-1: Overzichtssituatie projectlocatie

Proeflocatie Purmerend

Figuur 1-2 geeft de locatie weer van de locatie in Purmerend waar de proeven uitgevoerd zijn. De locatie bevindt zich op bouwland in de gemeente Purmerend. Er is gekozen voor het bouwland in Purmerend als testlocatie voor de voorspanproeven en de monitoring tijdens de monitoringsfase van twee jaar.

De proef in Purmerend is in Q1 van 2020 afgerond. Daarom wordt er geen nieuwe monitoringsdata meer verkregen uit het proefveld van Purmerend. Er is een rapportage over opgesteld met de opbrengsten van de proef [8]. Tevens zijn de resultaten hiervan in de jaarrapportage verwerkt van 2020 [9].



Figuur 1-2: Impressie locatie proeven Purmerend

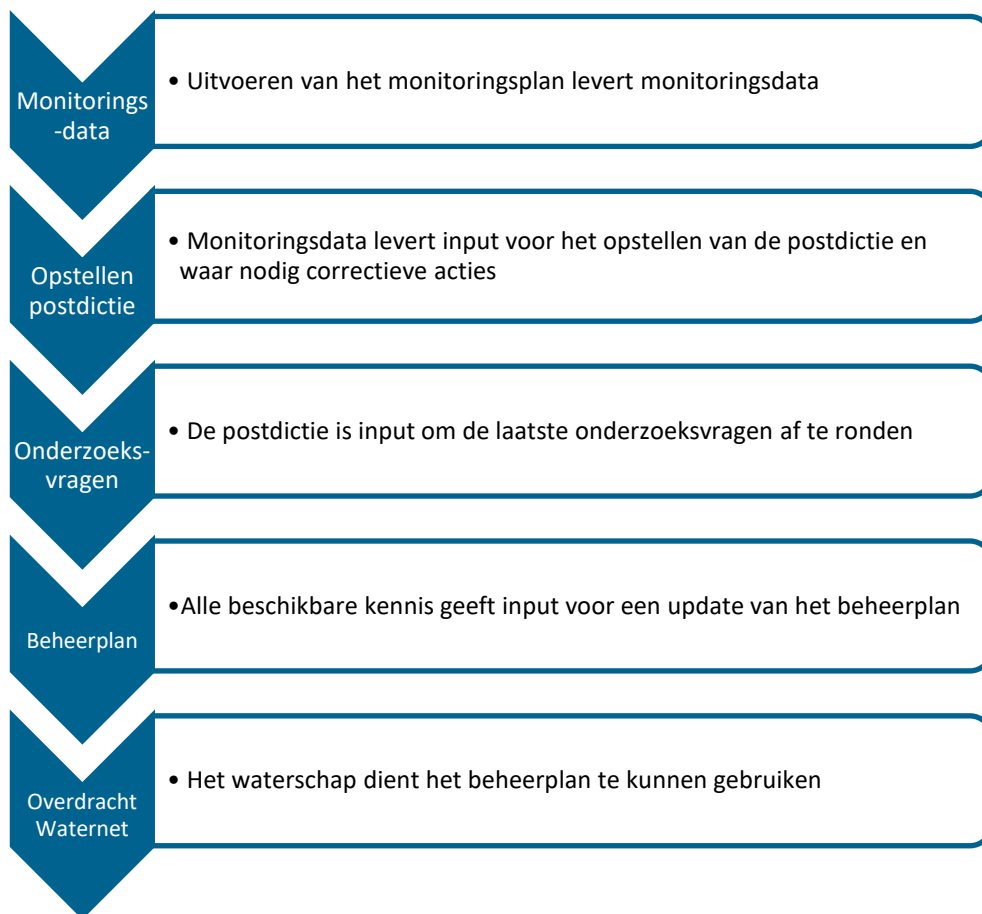
1.5 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 is het proces beschreven met betrekking tot de werkwijze en de doorlopen monitoringsstappen. Hoofdstuk 3 beschrijft de onderzoeksvragen en de koppeling met de monitoringsparameters. Hoofdstuk 4 betreft de beschrijving van de monitoringsdata en een beknopte analyse per parameter voor de locatie Watergraafsmeer te Amsterdam. Hoofdstuk 5 beschrijft ten slotte de analyse van de onderzoeksvragen en mogelijke verbanden tussen verschillende parameters. Hierin is een voorlopig antwoord gegeven van de onderzoeksvragen op basis van de beschikbare data. In hoofdstuk 6 is toelichting op de financiële verantwoording opgenomen. Tot slot is in hoofdstuk 7 het advies voor de komende periode opgenomen.

2 Proces

2.1 Werkwijze

Om de monitoring gestructureerd te laten verlopen is er een werkplan opgesteld. Het doel van de monitoring is tweeledig, namelijk enerzijds om de benodigde gegevens te verzamelen die nodig zijn om aan het eind van de monitoringsperiode een postdictie uit te kunnen voeren en de onderzoeksvragen aan te vullen. Daarnaast is monitoring van de voorspanning van belang om de veiligheid van de dijk inzichtelijk te houden en eventueel in te kunnen grijpen. Met de, in de postdictie en onderzoeksvragen, opgedane kennis kan aansluitend het beheerplan worden aangescherpt en is een overdracht van het beheerplan naar het waterschap mogelijk. Het werkplan beschrijft per jaar de benodigde werkzaamheden om aan het eind van de monitoringsperiode de juiste gegevens verzameld te hebben voor de postdictie en het beantwoorden/aanvullen van de onderzoeksvragen. In Figuur 2-1 is dit proces schematisch weergegeven.



Figuur 2-1 Koppeling tussen doelen werkplan

2.2 Voortgang

De voorliggende jaarrapportage is de derde rapportage in de nazorgperiode van 5 jaar. De voorliggende rapportage vormt de basis voor de toekomstige dataverzameling en analyses. In dit hoofdstuk is de voortgang bijgehouden ten opzichte van het vooraf opgestelde werkplan. Een beschrijving van de werkzaamheden welke in 2021 waren voorzien en uitgevoerd zijn opgenomen in Tabel 2-1.

Tabel 2-1 Overzicht monitoring 2021

Omschrijving	Aantal voorzien 2021	Uitgevoerd			
		Q1	Q2	Q3	Q4
Veldinspectie	2	0	1	1	0
Trekkraft / Voorspanning	4 maal per dag	4pd	4pd	4pd	4pd
Piping	Onvoorzien, rekening houdend met 1 keer. Op basis van overschrijding marge een inspectie uitvoeren	0	0	0	0
Meting verplaatsing kopplaat / deformaties kopplaat	1	1	0	0	0
Meting verplaatsing omliggende grond (horizontaal en verticaal) / deformatie dijk (maaiveld)	1	1	0	0	0
Meting deformatie JLD Dijkstabilisator - SAAF LDE-los	1	0	1	0	0
Meting deformatie JLD Dijkstabilisator - Referentiepunt SAAF	1	0	1	0	0
Grondwaterstand / waterspanning meten	4 Doorlopend, dagelijkse meting, 3-maandelijkse rapportage	1	1	1	1
Neerslag meten	4 Doorlopend, dagelijkse meting, 3-maandelijkse rapportage	1	1	1	1
VTA meting beplanting	0	0	0	0	0
Opstellen werkplan 2022	1	0	0	1	0
Wrap-up proeflocatie Purmerend	0	0	0	0	0
Beslisnotitie inspectie nodes	0	0	0	0	0
Werkplan inspectie nodes	0	0	0	0	0
Inspectie nodes	0	0	0	0	0

3 Onderzoeksvragen

Ten behoeve van de kennisontwikkeling van de JLD-Dijkstabilisator zijn op basis van eerder onderzoek en de uitvoering reeds meerdere onderzoeksvragen beantwoord. De monitoring levert nieuwe informatie op die leidt tot verdieping op de al beschikbare kennis. 15 van de 20 onderzoeksvragen zijn reeds beantwoord. Conform het werkplan zijn de volgende 5 onderzoeksvragen beschouwd in relatie tot de gemonitorde data:

- **Nr. 7** Is er een risico op kwel, en daarmee op piping of heave langs het anker door het inbrengen van het anker met de voorloper/drijfstang en hoe groot is dit risico?
- **Nr.8** Wat zijn de effecten van vervormingen door kruip en zettingen, veroorzaakt door kruinophogingen gedurende de levensduur, op de werking van de JLD-Dijkstabilisator?
- **Nr.9a** Bij de toepassing van een JLD-Dijkstabilisator binnen een wortelkruit van bestaande beplanting, kan een grote druk op het wortelstelsel komen, waardoor de beplanting ernstig wordt beschadigd of afsterft. Op welke wijze is dit te voorkomen?
- **Nr.9b** De mogelijkheid bestaat dat op langere termijn er wortels onder de kopplaat gaan groeien, waardoor de werking van de JLD-Dijkstabilisatoren afneemt. Wat is de te verwachten invloed van beplanting op de werking van de JLD-Dijkstabilisator?
- **Nr.11** Kan de waterspanning in de zandlaag van de ringdijk Watergraafsmeer leiden tot kwel en daarmee piping of heave en kan dit een probleem opleveren voor de uitvoerbaarheid?
- **Nr.13** Hoe verloopt de voorspanning van de JLD-Dijkstabilisatoren in de tijd bij een samendrukbare dijk en of samendrukbare ondergrond?

De vragen 8 t/m 9, 11 t/m 13 hebben betrekking op de effectiviteit van de JLD-Dijkstabilisator als dijkversterkingsmethode.

De onderwerpen/ te monitoren parameters komen in de onderzoeksvragen duidelijk naar voren, De koppeling tussen de onderzoeksvragen en de parameters is ter verduidelijking beschreven in hoofdstuk 4 en genoemd in Tabel 3-1.

Naast de onderzoeksvragen is de monitoring van belang voor de postdictie waarin de ontwerpmethodologie aangescherpt kan worden. Tevens geeft het ook aanvullende kennis om het beheerplan waar nodig bij te stellen/aan te passen.

Tabel 3-1: Overzicht monitoring

Parameter	Onderzoeksvragen				
	Vraag 7 (Kwel)	Vraag 8 (invloed vervorming)	Vraag 9 (Beplanting)	Vraag 11 (Piping)	Vraag 13 (Verloop voorspanning)
Veldinspecties	X	X	X	X	X
Deformatie JLD-Dijkstabilisator.		X			
Deformatie kruin (maaiveld)		X			
Deformatie kopplaat		X			
Inspectie beplanting			X		
Piping	X			X	
Voorspanning					X
Neerslag	X	X		X	X
Materiaal degradatie		X			X
Waterspanningen	X	X	X	X	X

4 Monitoringsdata en analyse Watergraafsmeer

In onderstaand hoofdstuk zijn de monitoringsparameters beschreven van Watergraafsmeer. Tevens is een beknopte analyse toegevoegd van de monitoringsdata indien dit van toepassing is. Deze analyse gaat in op het vergelijken van de data en of het gedrag afwijkt van de verwachtingen.

4.1 Veldinspectie

Inspectie maart 2021:

In maart 2021 is tegelijkertijd met de deformatiemeting opnieuw een inspectie uitgevoerd op de Ringdijk. Net als in november van 2020 ligt de waterkering er in goede staat bij. Daarnaast is bij deze inspectie dezelfde schadebeelden gevonden die eerder opgemerkt waren bij de inspectie in juni en november 2020. Langs de kruin staan meerdere grote bomen. Deze bomen hebben in de zomer een grote vraag naar water. Dit resulteert in een zonk rondom de grote bomen (ook al aanwezig voor de dijkversterking, maar een belangrijke constatering i.r.t. de kruinhoogte en het verloop van de dwarsprofielen ter plaatse).



Ook door de beheerorganisatie van Waternet is een inspectie uitgevoerd. Uit deze inspectie komen drie resultaten naar voor (waarvan 2 op de onversterkte dijk). Dit resultaat ligt in lijn met de verwachting.

191594; Spoorvorming door belopen talud
191219; kering niet gemaaid
191589; Betonnen object met lichte zetting schade aan weerszijde



Figuur 4-1 Overzicht locatie waarnemingen

4.2 Deformatie JLD-Dijkstabilisator SAAF

Het doel van het meten van de deformatie van de JLD-Dijkstabilisator (LDE element), door middel van SAAFmetingen, is informatie verkrijgen en verifiëren dat de JLD-Dijkstabilisator op lange termijn, vervormt zoals verwacht wordt. De 1^e meting (0-meting) is uitgevoerd in kwartaal 1 van 2020 (maart). De tweede meting is uitgevoerd in het eerste kwartaal van 2021 (maart 2021).

4.2.1 Meetlocaties

Het betreft punten 2 t/m 6 welke zijn gepresenteerd in Figuur 4-2.



Figuur 4-2: Overzichtssituatie meetlocaties.

4.2.2 Meetperiode

In maart 2021 zijn er 5 SAAFmetingen uitgevoerd in 5 raaien in het versterkte dijktraject. Dit betreft raai 2 tot en met 6 in Figuur 4-2.

4.2.3 Apparatuur

De vervorming is gemeten met een inclinometer.

4.2.4 Bijzonderheden

Tijdens de meting zijn er geen bijzonderheden waargenomen.

4.2.5 Data

Hieronder is de conclusie van de data beknopt weergegeven. In de feitenrapportage van kwartaal 2 uit 2021 is dit uitgebreider beschreven [5]. Tevens is het deformatierapport toegevoegd in bijlage 5. De meting in 2020 betreft de nulmeting en de meting in 2021 is de eerste herhalingsmeting.

Er kan de conclusie getrokken worden dat de LDE's nog steeds vervormen. Het vervormingsgedrag uit 2020 heeft zich grotendeels voortgezet. En is lokaal iets toegenomen.

Vervolg

Het advies is om de metingen periodiek door te zetten, waarbij voor deformatie op hoofdlijnen één maal per jaar voldoende is. Het advies is om dit in hetzelfde seizoen uit te voeren, bij voorkeur met een gelijke hoeveelheid neerslag.

4.3 Deformatie kruin

In deze paragraaf zijn de metingen van de dwarsprofielen en het langspandiel beschreven. In de bijlage 1 is het deformatierapport toegevoegd met betrekking tot de metingen op het maaiveld en de kopplaten, hierin zijn de profielen op volledige grootte weergegeven.

4.3.1 Meetlocaties

Het betreft twee dwarsprofielen op de onversterkte dijk zonder JLD-Dijkstabilisator (één aan weerszijde van het projectgebied) en vijf dwarsprofielen ster plaatse van de versterkte dijk. Daarnaast is een langspandiel ingemeten over de gehele versterkte dijk. In Tabel 4-1 zijn de dwarsprofiel nummers weergegeven. De locatie van de dwarsprofielen is weergegeven in Figuur 4-2.

Tabel 4-1: Overzicht ingemeten dwarsprofielen, herhalingsmeting

Raai Nr.	Versterkte / onversterkte dijk
1	Onversterkt
2	Versterkt
3	Versterkt
4	Versterkt
5	Versterkt
6	Versterkt
7	Onversterkt

4.3.2 Meetperiode

De meting is uitgevoerd op 22, 23 en 24 maart 2021.

4.3.3 Apparatuur

Meetinstrumentarium, meetnauwkeurigheid en meetmethodiek

Voor de inmeting van de dwarsprofielen is gebruik gemaakt van GPS. De meetnauwkeurigheid van de apparatuur is 0,02 m.

Meetnauwkeurigheid Lengteprofiel

Voor de inmeting van het lengteprofiel is gebruik gemaakt van GPS. De meetnauwkeurigheid van de apparatuur is 0,02 m.

4.3.4 Bijzonderheden

Tijdens de meting zijn er geen bijzonderheden waargenomen.

4.3.5 Data

In onderstaande tabel is de vergelijking tussen de verschillende metingen opgenomen.

Tabel 4-2: Analyse tussen de metingen

Nr.	DP nr.	Versterkte / onversterkte dijk	Vergelijking 0 meting (2018) en 1 ^e herhalingsmeting (2019)	Vergelijking tussen 1 ^e herhalingsmeting (2019) en 2 ^e herhalingsmeting (2020)	Vergelijking tussen 2 ^e herhalingsmeting (2020) en 3 ^e herhalingsmeting (2021)
1	DP 1-2	Onversterkt	Geen bijzonderheden, kruin is ca. 1 tot 2 cm lager	Geen bijzonderheden, kruin is circa 1 a 2 cm hoger	Geen, bijzonderheden. Stijging kruin zet door, dit jaar is deze 0,05 meter hoger.
2	DP 3-4	Versterkt	Meetfout: Het profiel is 33 cm lager na de eerste 4 inmetingen in het dwarsprofiel, dus de keermuur ligt op dezelfde hoogte, maar het binnentalud en de kruin zijn 33 cm lager.*	Tussen 2019 en 2020 zijn de verschillen minimaal. De kruin is even hoog, het talud is in 2020 lokaal enkele centimeters hoger.	Hoogste punt neemt iets toe met 0,02 meter, de overige punten stijgen licht.
3	DP 31-32	Versterkt	Geen vergelijking	Geen bijzonderheden, kruin is circa 2 a 3 cm hoger	De stijging van de kruin zet door en is 0,02 m gestegen. Overige punten binnen meettolerantie.
4	DP 13-14	Versterkt	Stijging op de kruin van ca. 2 cm en op het binnentalud ca. 4 tot 10 cm	Het talud is iets hol komen te liggen. Het verschil met 2019 is enkele centimeters. Het talud is daarmee weer overeenkomstig met 2018.	De meetpunten stijgen allen enkele centimeters. Hiermee zitten de waarden weer rond resultaten van 2019.
5	DP 15-16	Versterkt	Geen vergelijking	Het hoogste punt is iets verplaatst in de richting van de binnenkruinlijn, en is enkele centimeters lager dan het jaar ervoor. Het talud is lokaal enkele centimeters gezakt.	Geen bijzonderheden.
6	DP 19-20	Versterkt	Stijging op de kruin van ca. 2 cm en op het beneden binnentalud ca. 7 cm. Op het boven binnentalud is een daling waarneembaar van ca 5 cm	Het gehele profiel is uniform circa 2 cm gezakt	Stabilisator B043 zakt 0,08 meter. De hoogste profiel laat een stijging zien, waarbij het hoogste punt 0,05 m stijgt.
7	DP 21-22	Onversterkt	Stijging van ca. 3 tot 6 cm over het gehele profiel	Het gehele profiel is uniform circa 2 cm gezakt	Het gehele profiel is licht gestegen, gemiddeld 0,03 m.

Nr.	DP nr.	Versterkte / onversterkte dijk	Vergelijking 0 meting (2018) en 1 ^e herhalingsmeting (2019)	Vergelijking tussen 1 ^e herhalingsmeting (2019) en 2 ^e herhalingsmeting (2020)	Vergelijking tussen 2 ^e herhalingsmeting (2020) en 3 ^e herhalingsmeting (2021)
8	Langs-profiel	n.v.t.	Er is nog geen 1 op 1 vergelijking mogelijk. Een periodieke kademeting is uitgevoerd als 0-meting, echter in de revisie is een DTM meting uitgevoerd.	Het dwarsprofiel is gemeten langs dezelfde lijn als in 2017. De hoogte langs de gemeten lijn varieert tussen circa NAP -0,15 m en circa NAP +0,35 m. In de gemeten dwarsprofielen is te zien dat het hoogste punt van het dijkprofiel varieert tussen NAP +0,10 m en NAP +0,30 m.	De hoogte van de dijk is nagenoeg gelijk. In de gemeten dwarsprofielen is te zien dat het hoogste punt van het dijkprofiel varieert tussen NAP +0,13 m en NAP +0,31 m.

* De in 2018 gemeten kruin en taludhoogte komen niet overeen met het AHN en de aangrenzende dwarsprofielen. De profielen gemeten in 2019 en 2020 komen wel overeen met de verwachting op basis van het AHN3 en de naastliggende dwarsprofielen.

Het verschil tussen de 0-meting en de herhalingsmeting in 2019 toonde op bepaalde locaties een stijging van het maaiveld. De hypothese was dat dit mogelijk door een herprofilering van de waterkering is veroorzaakt. De herhalingsmeting in 2020 lijkt dit te bevestigen, omdat alle profielen gezakt zijn. Nagenoeg alle profielen stijgen licht, dit betreft een stijging in de orde grootte van 0,05 cm. Daarmee is dit nagenoeg gelijk aan de meting van 2020.

Op één locatie (DP 3-4) is een daling van ca. 33 cm over de kruin en het binnentalud te zien in de meetresultaten tussen de 0-meting en de herhalingsmeting in 2019. Het betreft het eerste profiel van de versterkte kant ter hoogte van de appartementsgebouwen. De oorzaak is naar verwachting een meetfout in het dwarsprofiel. De meting in 2020 toont namelijk nauwelijks verschillen met de meting in 2019. In 2021 is een lichte stijging waargenomen zoals eerder beschreven. Daarmee lijkt het bevestigd te worden dat de meting in 2019 een meetfout bevat. De dwarsprofielen zijn in bijlage 1 weergegeven.

Wat opvalt in de resultaten van 2021 is dat alle profielen gemiddeld een stijging van het niveau laten zien. Waar in 2020 deze profielen een daling lieten zien, daar lieten ze nu een stijging zien. Alle profielen laten een stijging zien van het hoogste punt en de waterkant, van 0,01 m tot 0,05 m (let op, de meetnauwkeurigheid is 0,02 m, de stijging valt soms dus binnen de meetnauwkeurigheid). Het talud en de weg blijven op nagenoeg dezelfde hoogte of stijgen licht in de profielen 1 t/m 3 en 5. Het talud en de weg stijgen in de profielen 4, 6 en 7 met een gemiddelde stijging van 0,03 m. Een verklaring voor de stijging is uit de data niet direct af te leiden, maar wel is duidelijk dat de daling van 2020 niet is doorgezet en juist weer een stijging is te zien.

4.4 Deformatie kopplaten

De kopplaten zijn op vijf locaties ingemeten op 22, 23 en 24 maart 2021. Op dezelfde locaties als de dwarsprofielmetingen en de SAAF metingen, zie Figuur 4-2. Het betreft hier raai 2 tot en met 5 welke zijn ingemeten. De meting in 2020 is de 0-meting. Het jaar 2021 betreft de eerste herhalingsmeting. In bijlage 1 is het deformatierapport toegevoegd met betrekking tot de metingen op het maaiveld en de kopplaten.

4.4.1 Meetlocaties

De kopplaten zijn ingemeten door middel van een meetpunt op de bovenkant van de bus. Het betreft de locaties waar ook de dwarsprofielen worden ingemeten. Zie Figuur 4-2 voor de locaties.

4.4.2 Meetperiode

De meting is uitgevoerd op 22, 23 en 24 maart 2021.

4.4.3 Apparatuur

Om de verplaatsing van de kopplaat te monitoren is de bovenkant van de mantelbuis (de pot) ingemeten. Het meetpunt is het midden van de rand van de pot.



Figuur 4-3 Foto's meetopstelling (links) en de locatie van het meetpunt, zichtbaar door de rode licht van de laser (rechts)

Voor de **XYZ-meting** is gebruik gemaakt van een tachymeter van het merk Leica, type TCRP1201+:

- | | |
|--|------------------|
| - standaardafwijking (vast) horizontale rand | : 0.0003 gon |
| - standaardafwijking (vast) verticale rand | : 0.0003 gon |
| - standaardafwijking (var.) horizontale rand | : 0.00003 gon*km |
| - standaardafwijking (var.) verticale rand | : 0.00003 gon*km |
| - standaardafwijking afstandmeting | : 1 mm + 1,5 ppm |

4.4.4 Bijzonderheden

Tijdens de meting zijn er geen bijzonderheden waargenomen.

4.4.5 Data

In onderstaande tabel is het overzicht opgenomen van de gemeten kopplaten.

Tabel 4-3 Locatiegegevens midden wanddikte pot (hoogste punt)

Raai	Stabilisator	X-coördinaat	y-coördinaat	Z [m t.o.v. NAP] 2020	Z [m t.o.v. NAP] 2021
2	A483	123157.253	484919.487	-1,941	-1,941
3	A317	123341.277	485052.076	-2,433	-2,430
4	B133	123419.971	485110.994	-2,081	-2,082
5	B101	123459.696	485139.732	-2,124	-2,139
5	A184	123460.495	485138.527	-2.632	-2,638
6	B043	123538.746	485197.334	-2,043	-2,127
6	A094	123539.595	485196.246	-2,575	-2,581

De kopplaten zijn in deze meting voor de 2e maal gemeten. Het grootste gedeelte van de kopplaten is niet te tot nauwelijks verplaatst, de verplaatsing is op deze locaties minder dan 0,01 m. De enige afwijkingen zijn de kopplaten B101 in raai 5 met een daling van 0,015 m en B043 in raai 6 met een daling van 0,084 m. Deze laatste verplaatsing is significant hoger dan de overige kopplaten. De komende jaren dient te worden gemonitord of deze verplaatsing doorzet.

Het advies is om de metingen periodiek door te zetten, waarbij voor de vervorming van het maaiveld op hoofdlijnen één maal per jaar voldoende is. Het advies is om dit in hetzelfde seizoen (lente) uit te voeren, bij voorkeur met een gelijke hoeveelheid neerslag

4.5 Beplanting

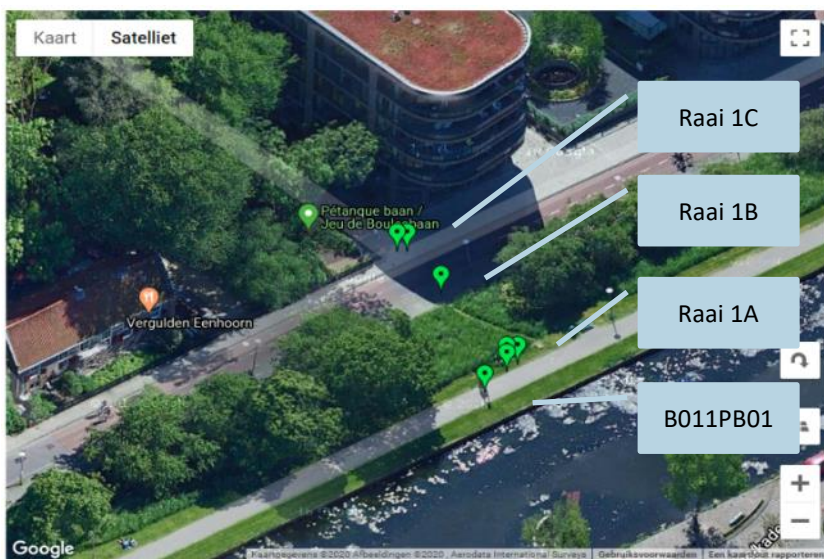
De inspectie naar bomen is afgerond in 2020 waarvoor opnieuw een Visual Tree Assessment (VTA) uitgevoerd is. Dit is beschreven in de jaarrapportage van 2020 [9].

4.6 Piping en kwel

Onderstaande paragraaf beschrijft het onderzoek naar piping en kwel door middel van een peilbuis analyse.

4.6.1 Meetlocaties

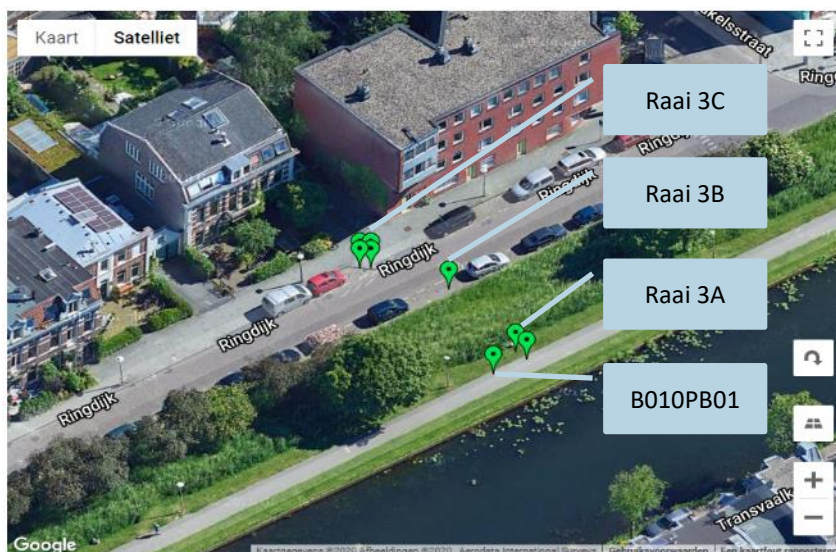
De locaties van de waterspanningsmeters en peilbuizen zijn opgenomen in Figuur 4-5 tot en met Figuur 4-6. Tevens is een overzicht van de peilbuizen en waterspanningsmeters weergegeven in Tabel 4-4.



Figuur 4-5 Overzicht locatie peilbuizen en waterspanningsmeters raai 1



Figuur 4-4 Overzicht locatie peilbuizen en waterspanningsmeters raai 2



Figuur 4-6: Overzicht locatie peilbuizen en waterspanningsmeters raai 3

In Tabel 4-4 is een overzicht opgenomen van de verschillende waterspanningsmeters met de bijbehorende diepteligging en X,Y coördinaten.

Tabel 4-4: overzicht bestaande peilbuizen, dikgedrukt de peilbuizen die uitgevallen zijn tussen maart 2020 en januari 2021

Raai	Locatie	X' [m]	Y' [m]	MV-hoogte [m NAP]	Diepte WSM [m NAP]	Grondsoort	WSM	Status (jan '21)	Status (jan '22)
1	A-1	123156	484929	0,24	-2,36	Veen	WSM001	Uitgevallen	
1	A-2	123156	484929	0,21	-5,39	Veen	WSM002	Uitgevallen	
1	A-3	123157	484930	0,21	-7,89	Wadzand	WSM003		
1	A-4	123157	484929	0,19	-9,91	Wadzand	WSM004	Uitgevallen	
1	B-1	123163	484919	-2,61	-8,01	Wadzand	WSM005		
1	C-1	123166	484913	-2,82	-5,32	Veen	WSM006	Uitgevallen	
1	C-2	123167	484913	-2,82	-7,82	Veen	WSM007		
1	C-3	123167	484913	-2,81	-9,81	Wadzand	WSM008	Uitgevallen	
1	C-4	123167	484913	-2,81	-12,55	Pleistocene zand	WSM009		
2	A-1	123371	485085	0,28	-2,54	Veen	WSM010	Uitgevallen	
2	A-2	123371	485085	0,30	-5,52	Veen	WSM011	Uitgevallen	
2	A-3	123371	485085	0,28	-8,04	Wadzand	WSM012		
2	A-4	123371	485085	0,31	-9,97	Wadzand	WSM013		
2	B-1	123377	485077	-2,42	-7,44	Wadzand	WSM014		
2	C-1	123380	485072	-3,22	-5,50	Veen	WSM015	Uitgevallen	
2	C-2	123380	485072	-3,22	-8,00	Wadzand	WSM016		
2	C-3	123380	485071	-3,22	-10,00	Wadzand	WSM017	Uitgevallen	
2	C-4	123381	485072	-3,22	-12,56	Pleistocene zand	WSM018		
3	A-1	123569	485228	0,31	-2,50	Veen	WSM019	Uitgevallen	
3	A-2	123569	485229	0,31	-5,50	Veen	WSM020		In Q1 '22 controleren of monotone stijging in brondata hersteld is
3	A-3	123568	485229	0,32	-8,00	Wadzand	WSM021	Uitgevallen	
3	A-4	123568	485228	0,33	-10,00	Wadzand	WSM022	Uitgevallen	
3	A-5	123569	123568	0,31	-13,00	Pleistocene zand	WSM023		
3	B-1	123575	485219	-2,80	-8,00	Wadzand	WSM024		

Raai	Locatie	X' [m]	Y' [m]	MV- hoogte [m NAP]	Diepte WSM [m NAP]	Grondsoort	WSM	Status (jan '21)	Status (jan '22)
3	C-1	123583	485215	-3,15	-5,50	Veen	WSM025		In Q1 '22 controleren of monotone stijging in brondata hersteld is
3	C-2	123582	485216	-3,16	-8,00	Wadzand	WSM026		
3	C-3	123582	485215	-3,15	-10,00	Wadzand	WSM027	Uitgevallen	
3	C-4	123583	485216	-3,17	-13,00	Pleistocene zand	WSM028		In Q1 '22 controleren of monotone stijging in brondata hersteld is

4.6.2 Meetperiode

De meetgegevens omvatten de periode 01-01-2021 tot 01-01-2022.

4.6.3 Apparatuur

Analoge waterspanningsmeters type 21Y met een meetbereik van 200 kPa van Geopoint systems BV. De data wordt met een vaste kabel van de waterspanningsmeter naar de sensor op een loggerkast verstuurd. (type: één-kanaalslogger van Geopoint). Vanuit de loggerkast worden de gegevens dagelijks naar een online server verstuurd.

4.6.4 Bijzonderheden

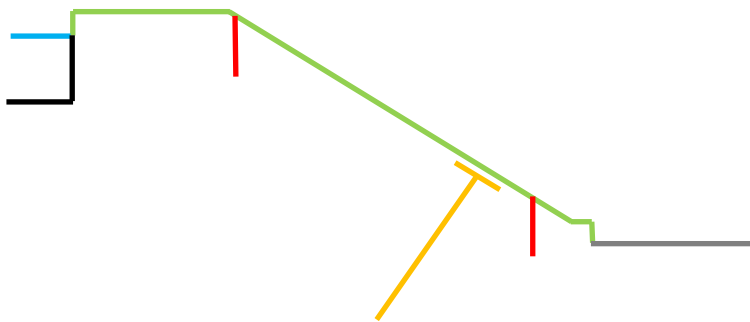
In september 2018, maart 2020, januari 2021 en januari 2022 is de status van de peilbuizen gecontroleerd, de status is tevens in Tabel 4-4 opgenomen. Een aantal waterspanningsmeters zijn niet meer betrouwbaar en uitgesloten van het onderzoek. Drie waterspanningsmeters dienen in Q1 van 2022 gecontroleerd te worden of deze nog functioneren, dit betreft 3-A2 (eind december monotone stijging), 3-C1 (halverwege 2021 plotselinge stijging en monotone metingen) en 3-C4 (halverwege 2021 plotselinge stijging). Er zijn eind 2020 nieuwe peilbuizen geplaatst. In Figuur 4-7 is een illustratie opgenomen van de locatie van de nieuwe peilbuisraaien.



Figuur 4-7 Illustratie locatie nieuwe peilbuisraaien

De peilbuizen staan in de binnenteen (beneden de kopplaat) en één peilbuis ter hoogte van de buitenkruinlijn. De peilbuizen zijn geplaatst op een diepte van circa MV -1,5 m, hierdoor wordt de freatische lijn inzichtelijk van de dijk. De drie raaien zijn verspreid over het projectgebied uitgezet, nabij de huidige raaien. In Tabel 4-5 is een overzicht gegeven van de nieuwe peilbuizen.

Het betreft doorgaande metingen die dagelijks uitgevoerd worden over een periode van vijf jaar.



Figuur 4-8: Schets dwarsprofiel van de locatie peilbuizen (rood), JLD-dijkstabilisator (oranje)

Tabel 4-5: Nieuwe peilbuizen/waterspanningsmeters

Nabij raai	Locatie	X' [m]*	Y' [m]*	Diepte WSM [m MV]	WSM**	Status
1	Binnenteen	n.t.b.	n.t.b.	-1,5	n.t.b.	Geplaatst, nog inmeten
1	Buitenkruinlijn	n.t.b.	n.t.b.	-1,5	n.t.b.	Geplaatst, nog inmeten
2	Binnenteen	n.t.b.	n.t.b.	-1,5	n.t.b.	Geplaatst, nog inmeten
2	Buitenkruinlijn	n.t.b.	n.t.b.	-1,5	n.t.b.	Geplaatst, nog inmeten

3	Binnenteen	n.t.b.	n.t.b.	-1,5	n.t.b.	Geplaatst, nog inmeten
3	Buitenkruinlijn	n.t.b.	n.t.b.	-1,5	n.t.b.	Geplaatst

*De X en Y coördinaten dienen nog vastgesteld te worden. In de situatietekening is de locatie van de nieuw te plaatsen peilbuizen indicatief opgenomen.

** De nummering van de waterspanningsmeters dient opgenomen te worden wanneer de waterspanningsmeters geactiveerd zijn.

4.6.5 Analyse data

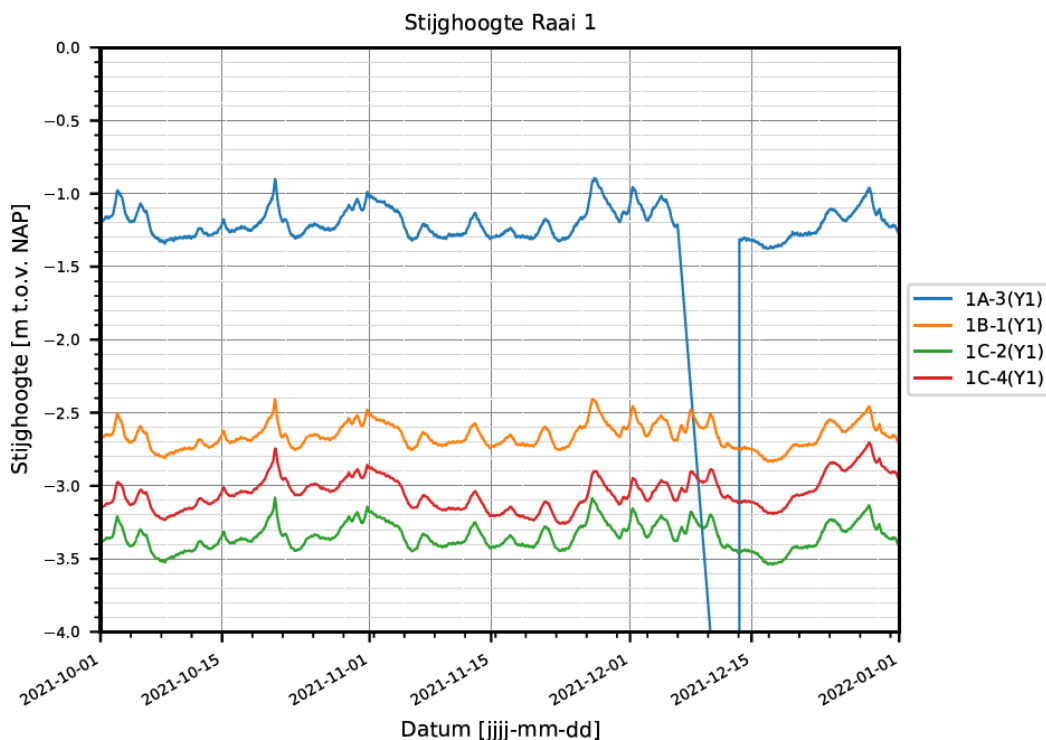
Uit de onderzoeksrapportage is gebleken dat piping langs het LDE in de Ringdijk niet kan optreden. Kwelwater door het LDE is in theorie mogelijk bij een stijghoogte in de zandlaag hoger dan het niveau van de kopplaat (circa NAP -2,5 m). De peilbuizen tonen een waarde van gemiddeld NAP -2,5 m eind 2021 en de waterspanningsmeters variëren van NAP -4 m tot NAP -0,5 m.

In de monitoring na de realisatie is geen melding van kwelwater gedaan door de beheerders of burgers. Wel is waarneembaar dat er voldoende stijghoogteverschil is om kwel te laten ontstaan. Het monitoren van kwel is vanaf 2020 tijdens de veldinspecties meegenomen. Er is geen kwelwater waargenomen. Het advies is om in 2022 bij de naspan/herstelwerkzaamheden te controleren of er water uit het LDE stroomt.

4.6.5.1 Grondwater en stijghoogte per raai

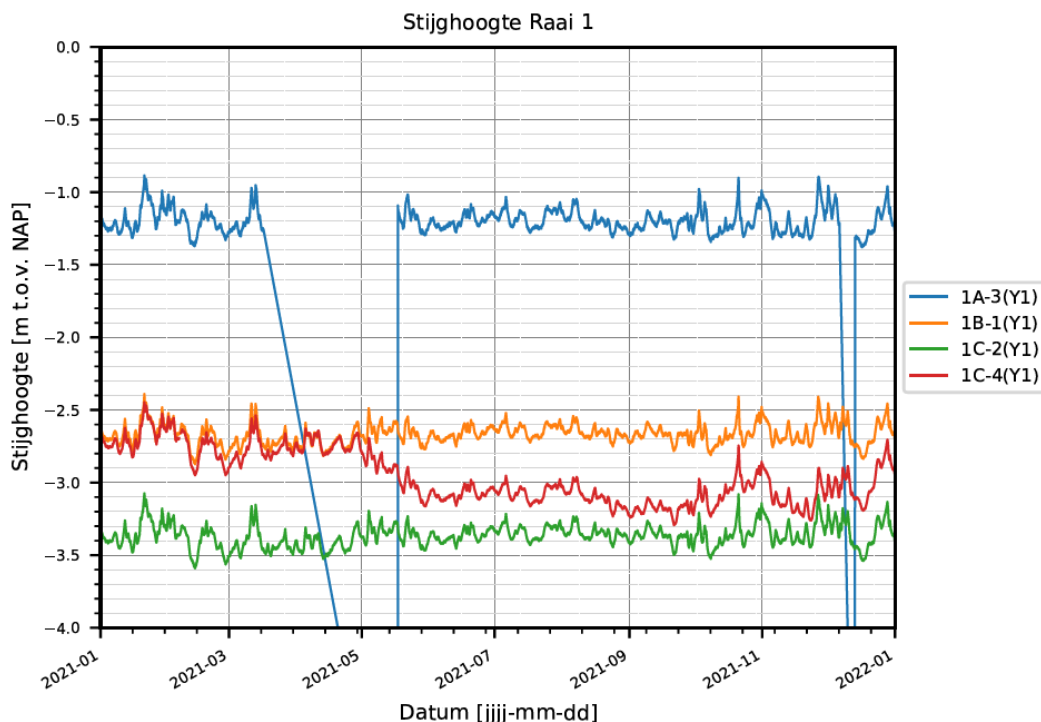
In Figuur 4-9 tot en met Figuur 4-14 zijn de waarnemingen per raai uitgezet tegen de datum. Dit betreffen grafieken die de analyse van Q4 tonen en de grafieken van de waterspanningen over het gehele jaar 2021. Daarnaast is Tabel 4-6 in tot en met Tabel 4-8 de stijging of daling per maand weergegeven, met als referentiepunt de start van elke maand. Hierin is ook het verschil tussen eind 2020 en eind 2021 weergegeven.

Raai 1:



Figuur 4-9: Stijghoogte uitgezet tegen de datum, 01-10-2021 tot 01-01-2022, van raai 1

Er zijn geen bijzonderheden waargenomen in de metingen van raai 1, met als uitzondering dat waterspanningsmeter 1A-3 tijdelijk geen metingen heeft geregistreerd medio december. Daarna zijn de metingen weer doorgezet.

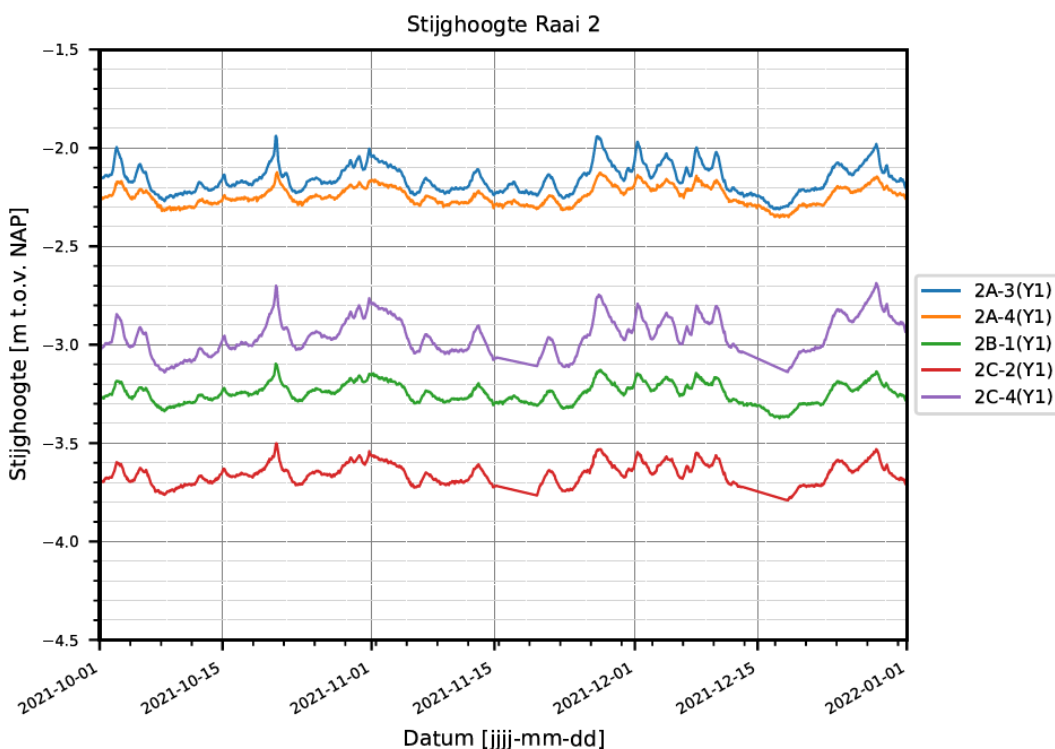


Figuur 4-10: Stijghoogte uitgezet tegen de datum, 01-01-2021 tot 01-01-2022, van raai 1

Tabel 4-6: Stijging en daling weergegeven per maand per waterspanningsmeter, raai 1

Raai 1							
Wsm		1A-1	1A-2	1A-3	1B-1	1C-2	1C-4
Grondsoort		Veen	Veen	wadzand	wadzand	Veen	pleistoceen
Diepte WSM	[m t.o.v. NAP]	-2,36	-5,39	-7,89	-8,01	-7,82	-12,55
MV-hoogte	[m t.o.v. NAP]	+0,24	+0,21	+0,21	-2,61	-2,82	-2,81
Januari	[m]	-0,10	uitgevallen	+0,10	+0,10	+0,10	+0,10
Februari	[m]	-0,25	uitgevallen	-0,23	-0,24	-0,28	-0,35
Maart	[m]	NB	uitgevallen	NB	+0,05	+0,05	+0,12
April	[m]	NB	uitgevallen	NB	-0,01	+0,02	-0,07
Mei	[m]	NB	uitgevallen	NB	0,00	-0,00	-0,30
Juni	[m]	+0,07	uitgevallen	+0,07	+0,06	+0,06	+0,06
Juli	[m]	+0,10	uitgevallen	+0,03	+0,01	+0,02	+0,02
Augustus	[m]	+0,11	uitgevallen	-0,16	-0,10	-0,10	-0,20
september	[m]	+0,28	uitgevallen	+0,08	+0,07	+0,05	+0,11
Okt.	[m]	uitgevallen	uitgevallen	+0,20	+0,15	+0,20	+0,27
Nov.	[m]	uitgevallen	uitgevallen	-0,05	-0,05	-0,05	-0,17
Dec.	[m]	uitgevallen	uitgevallen	-0,20	-0,15	-0,15	+0,10
Vershil 01-2021 en 01-2022	[m]	uitgevallen	uitgevallen	-0,05	+0,00	+0,00	-0,20

Raai 2:



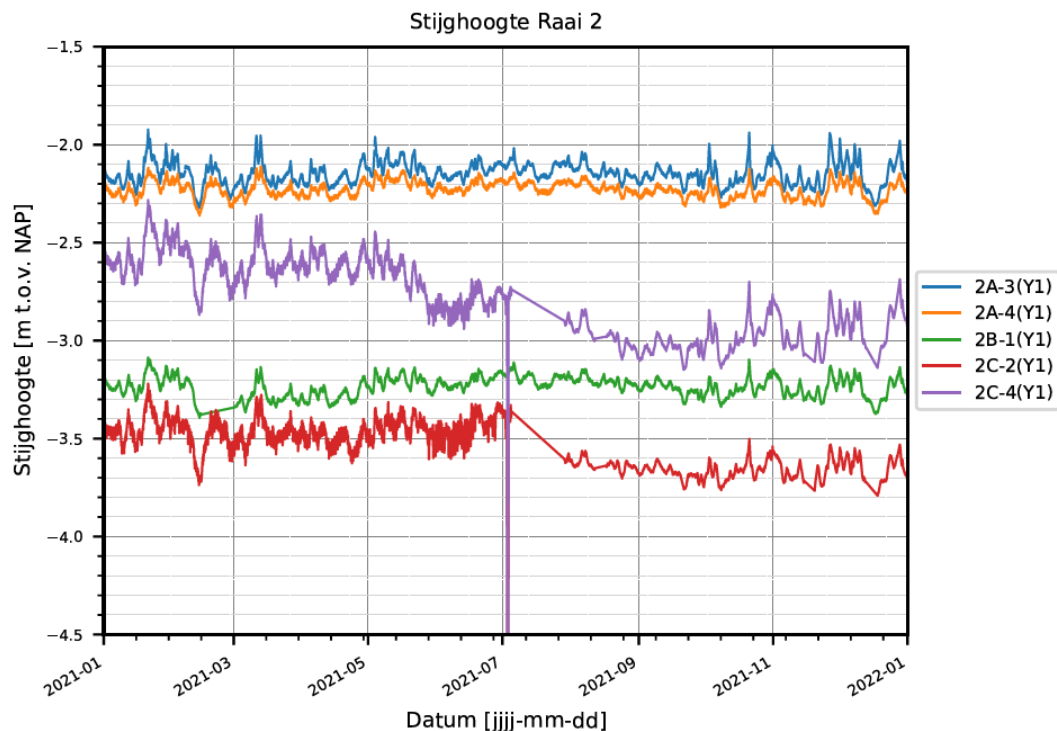
Figuur 4-11: Stijghoogte uitgezet tegen de datum, 01-10-2021 tot 01-01-2022, van raai 2

De data vertoont nog steeds een grillig verloop voor de peilbuizen die in het achterland staan, dit betreft de peilbuizen 2C-1, 2C-2 en 2C-4. Inmiddels is 2C-1 uitgevallen en niet meer opgenomen in de grafiek (status jan '21). Er is in Q4 van 2021 een afname te zien in de grilligheid. Dit is ook te zien vanaf de maand juli in de grafiek waarin het gehele jaar 2021 is gepresenteerd. Het grillige verloop is in minimale mate terug te zien in de kruin, dit betreft de peilbuizen 2A-3 en 2A-4. De fluctuatie is niet te zien in de teen van de dijk, peilbuis 2B-1. Wel wordt opgemerkt dat de fluctuaties van ca. 6 cm het sterkst terug komen in de wadzandlaag, (peilbuis 2C-2). De fluctuatie heeft een terugkeertijd van ca. 24 uur. Er is geen doorslaggevende verklaring voor dit grillige verloop, onderstaan zijn de parameters welke onderzocht zijn opgenomen:

- Er is geen verband te vinden tussen de bodemopbouw en deze fluctuaties.
- Een mogelijke oorzaak is de temperatuur. Hier is echter geen directe correlatie tussen gevonden.
- Daarnaast kan gedacht worden aan een lokale grondwateronttrekking, omdat het grootste effect zichtbaar is bij de peilbuizen in het achterland (C-peilbuizen). Ook hier is geen bewijs voor gevonden.
- Er lijkt geen verband te zijn tussen neerslag/droogte en het grillige verloop.
- Het kan zijn dat de waterspanningsmeters onbetrouwbaar zijn geworden.
- Het is mogelijk dat het globale verloop (behoudens de grilligheid) wel representatief is.

Het wordt geadviseerd om dit te blijven monitoren. Tevens wordt geadviseerd om een nieuwe waterspanningsmeter te plaatsen om te verifiëren of de grilligheid nog steeds aanwezig is.

Daarnaast mist er data van 2B-1 eind februari, medio maart is dit hersteld. Peilbuis 2C-2 en 2C-4 vertoont geen data begin juli tot augustus. Daarna herstellen de metingen zich weer na een lichte daling en een minder grillig verloop.



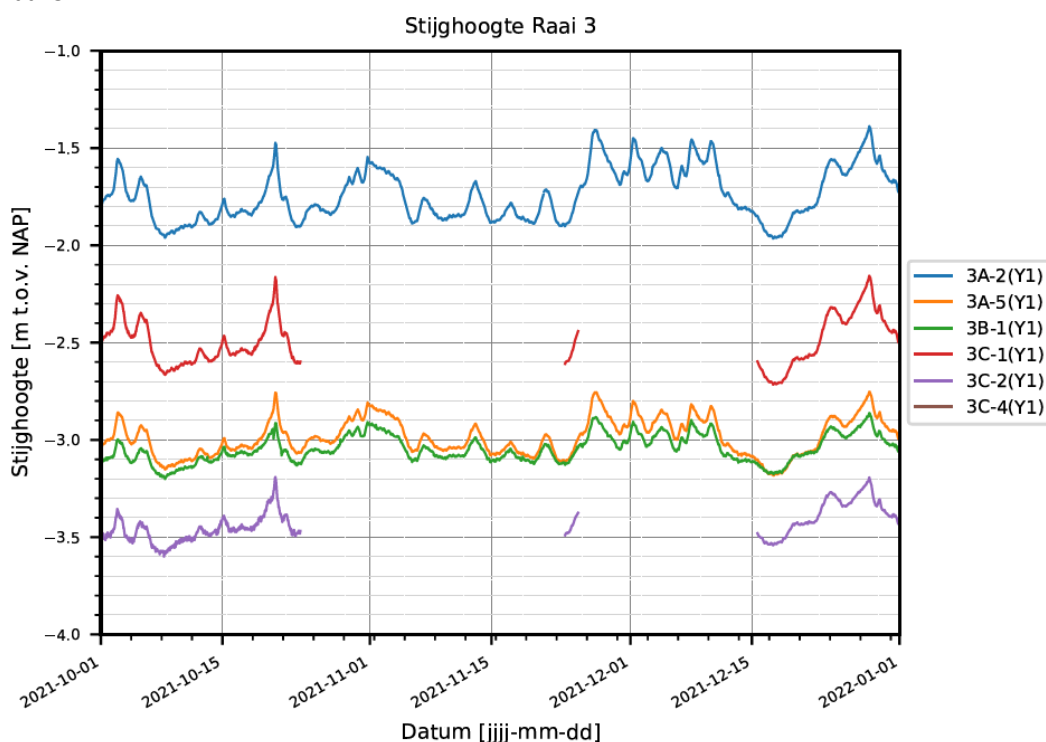
Figuur 4-12: Stijghoogte uitgezet tegen de datum, 01-01-2021 tot 01-01-2022, van raai 2

Tabel 4-7: Stijging en daling weergegeven per maand per waterspanningsmeter, raai 2

Raai 2							
Wsm		2A-3	2A-4	2B-1	2C-1	2C-2	2C-4
Grondsoort		wadzand	wadzand	wadzand	Veen	wadzand	pleistoceen
Diepte WSM	[m t.o.v. NAP]	-8,03	-9,97	-7,44	-5,50	-8,00	-12,56
MV-hoogte	[m t.o.v. NAP]	+0,28	+0,31	-2,42	-3,22	-3,22	-3,22
Januari	[m]	+0,10	+0,05	NB	+0,03	+0,05	+0,10
Februari	[m]	-0,20	-0,14	NB	-0,13	-0,10	-0,27
Maart	[m]	+0,04	+0,01	NB	+0,00	+0,05	+0,10
April	[m]	+0,03	+0,03	NB	0,00	-0,03	-0,02
Mei	[m]	-0,02	-0,02	NB	-0,10	0,00	-0,22
Juni	[m]	+0,04	+0,04	+0,06	+0,38	+0,14	+0,05
Juli	[m]	+0,00	-0,01	-0,02	+0,01	-0,26	-0,15
Augustus	[m]	-0,10	-0,07	-0,06	-0,22	-0,06	-0,18
september	[m]	+0,03	+0,00	-0,03	+0,02	-0,03	+0,05
Oktober	[m]	+0,10	+0,10	+0,13	uitgevallen	+0,15	+0,22
November	[m]	+0,00	+0,00	-0,03	uitgevallen	-0,05	-0,10

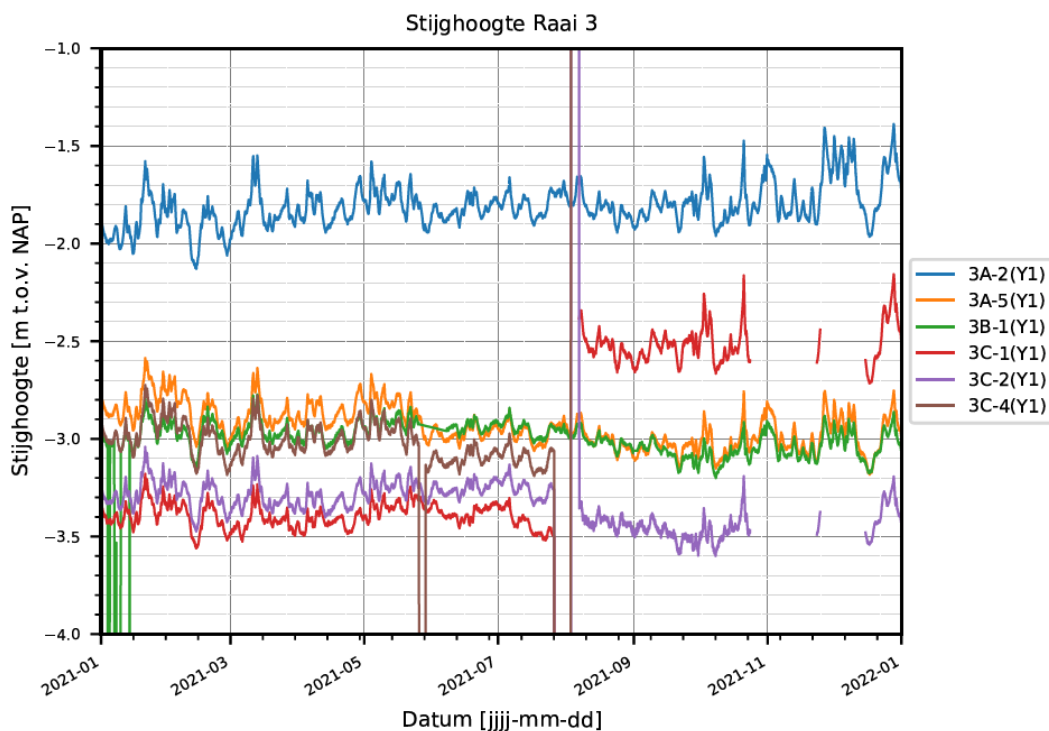
Raai 2							
Wsm		2A-3	2A-4	2B-1	2C-1	2C-2	2C-4
Grondsoort		wadzand	wadzand	wadzand	Veen	wadzand	pleistoceen
Diepte WSM	[m t.o.v. NAP]	-8,03	-9,97	-7,44	-5,50	-8,00	-12,56
MV-hoogte	[m t.o.v. NAP]	+0,28	+0,31	-2,42	-3,22	-3,22	-3,22
December	[m]	-0,15	-0,10	-0,10	uitgevallen	-0,10	-0,05
Vershil 01-2021 en 01-2022	[m]	-0,05	-0,05	-0,06	uitgevallen	-0,25	-0,35

Raai 3:



Figuur 4-13: Stijghoogte uitgezet tegen de datum, 01-10-2021 tot 01-01-2022, van raai 3

Opgemerkt wordt dat in Q3 een plotselinge stijging van de waterspanning aanwezig is voor waterspanningsmeter 3C-1 en 3C-4. Waterspanningsmeter 3C-4 vertoont een dusdanige stijging, dat geconcludeerd kan worden dat deze uitgevallen is voor de komende monitoringsperiode. In Q1 van 2022 dient de status van waterspanningsmeter 3C-1 opnieuw gecontroleerd te worden, vermoedelijk is deze ook niet meer betrouwbaar, net als 3C-4. Dit geldt ook voor waterspanningsmeter 3A-2, deze vertoont in Q4 in november en december een monotone stijging in de brondata, dit betreft de ongecorrigeerde data, dus zonder verwerking van de atmosferische druk. Dit is licht terug te zien in de grafiek, omdat de trend van de meetwaarden van 3A-2 stijgt in december. Daarnaast mist er data in Q4 van waterspanningsmeter 3C-1 en 3C-2. Tegen het einde van Q4 is er weer data geregistreerd.



Figuur 4-14: Stijghoogte uitgezet tegen de datum, 01-01-2021 tot 01-01-2022, van raai 3

Tabel 4-8: Stijging en daling weergegeven per maand per waterspanningsmeter, raai 3

Raai 2							
Wsm		3A-2	3A-5	3B-1	3C-1	3C-2	3C-4
Grondsoort		Veen	pleistoceen	wadzand	Veen	wadzand	pleistoceen
Diepte WSM	[m t.o.v. NAP]	-5,50	-13,00	-8,00	-5,50	-8,00	-13,00
MV-hoogte	[m t.o.v. NAP]	+0,31	+0,31	-2,80	-3,15	-3,16	-3,17
Januari	[m]	+0,15	+0,10	+0,08	+0,05	+0,08	+0,10
Februari	[m]	-0,23	-0,30	-0,12	-0,18	-0,20	-0,31
Maart	[m]	+0,11	+0,08	+0,02	+0,02	+0,04	+0,09
April	[m]	+0,02	+0,04	+0,02	+0,02	+0,02	+0,05
Mei	[m]	-0,06	-0,15	0,00	+0,08	+0,03	-0,15
Juni	[m]	+0,05	+0,03	+0,04	0,00	+0,04	+0,03
Juli	[m]	+0,05	+0,01	-0,04	-0,15	+0,05	+0,05
Augustus	[m]	-0,17	-0,16	-0,10	+0,85	-0,30	NB
september	[m]	+0,12	+0,05	-0,06	+0,12	-0,06	NB
Oktober	[m]	+0,20	+0,20	+0,19	NB	NB	NB
November	[m]	-0,07	-0,05	-0,05	NB	NB	NB
December	[m]	-0,17	-0,13	-0,10	NB	NB	NB
Vershil 01-2021 en 01-2022	[m]	+0,22	-0,15	-0,03	+0,90*	-0,13*	+21,0*

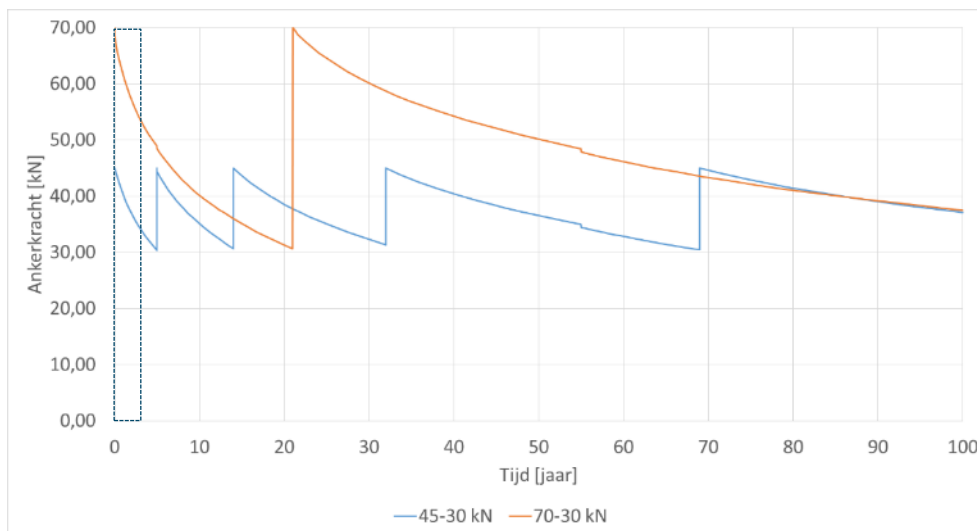
*: de laats gemeten waarde in 2020 is een onrealistische waarde, de laatst betrouwbare meting is gebruikt om het verschil tussen 2020 en 2021 te bepalen.

4.7 Voorspanning

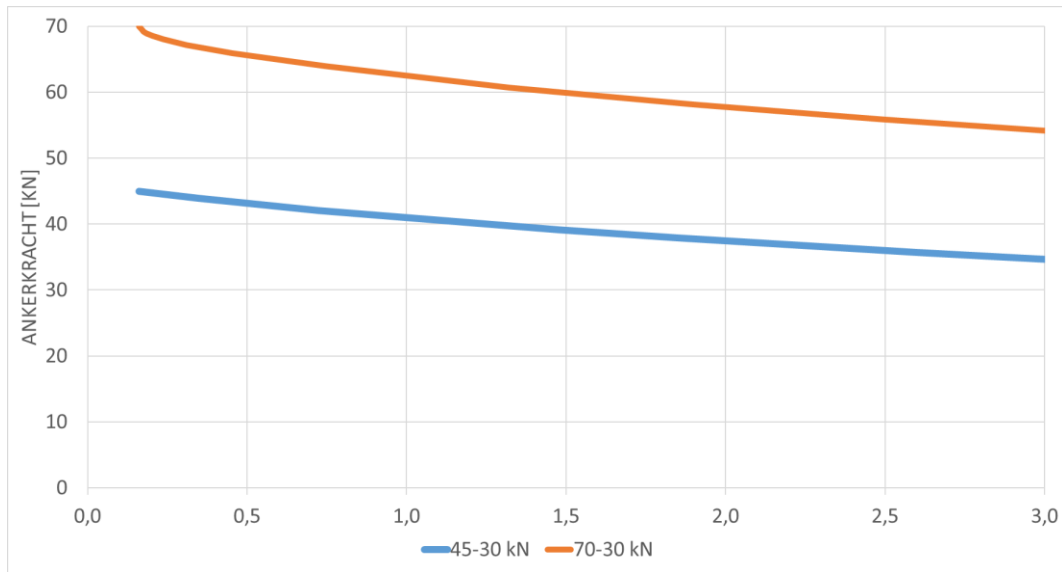
In het ontwerp van de dijkversterking van de Ringdijk is een predictie opgesteld van het verloop van de voorspanning. Deze predictie is opgenomen in Figuur 4-15 en Figuur 4-16. In het revisieontwerp is onderscheid gemaakt tussen stabilisatoren die op circa 70 kN zijn voorgespannen en stabilisatoren die op circa 45 kN zijn voorgespannen.

Tabel 4-9 Voorspelde gemiddelde afname voorspanning op basis van de predicties

Initiële voorspanning [kN]	Voor-spanning na x jaar [kN]			Afname t.o.v. initiële voorspanning [%]			Afname t.o.v. voorgaand jaar [%]		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
45	41	37	35	9	17	23	9	9	7
70	62	56	54	11	18	23	11	8	6



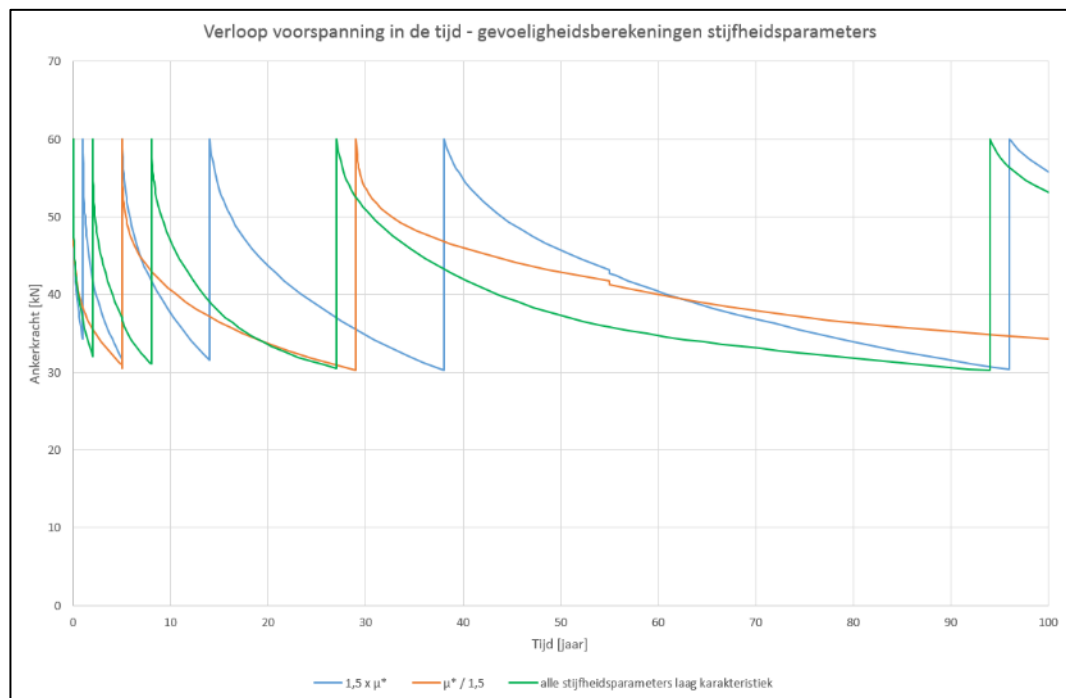
Figuur 4-15 Predictie verloop gemiddelde voorspanning planperiode



Figuur 4-16 Predictie verloop voorspanning jaar 1t/m 3 (uitsnede uit bovenstaande grafiek).

Naast de gemiddelde afname is in 2019 ook een gevoeligheidsberekening uitgevoerd van de kruipparameter op het verloop van de voorspanning.

Hieruit is geconcludeerd dat het waarschijnlijk is dat de ondergrens van 30 kN voor het eerst wordt bereikt na 1 tot 5 jaar.



Figuur 4-17 Verloop van de voorspanning in de tijd voor de gevoeligheidsberekeningen op de kruipparameter in SSC op basis van de DO berekeningen.

4.7.1 Meetlocaties

Elke JLD-Dijkstabilisator is voorzien van een druksensor om de voorspanning te meten. Er zijn in totaal 647 stabilisatoren waarvan 618 met voorspanning en 29 zonder voorspanning (defect gegaan tijdens plaatsen in 2019). Zoals in paragraaf 4.7.4.1 is beschreven zijn er meerdere stabilisatoren die op dit moment geen data doorzenden. Van de 618 zijn er 209 online en 409 offline. Ten behoeve van de volledige analyse is enkel het spanningsverloop van de 282 op dit moment zendende stabilisatoren beschouwd.

Ten behoeve van de analyse van de voorspanning is een selectie gemaakt van karakteristieke configuraties, deze zijn weergegeven in de volgende tabel. Hierin zijn dezelfde stabilisatoren beschouwd die ook in de jaarrapportage van 2019 en 2020 zijn opgenomen. In bijlage 2 is het overzicht opgenomen van de geanalyseerde stabilisatoren. Tevens is in bijlage 3 het spanningsverloop opgenomen van alle stabilisatoren.

Tabel 4-10 Overzicht geanalyseerde stabilisatoren

Nummer	Beschrijving	Stabilisatoren	Opmerking
1	Algemeen beeld	Alle zendende stabilisatoren (gemiddelde toe en afnames)	
2	Overgangszone	A002, A005, A007, A486, A487, A488, A489, A492, A494	
3	Geul in de ondergrond (2 rijen)	A082, A085, A086, A088, A090, A092, A093, A094, B031, B032, B033, B034, B036, B037, B039, B042, B043	
4	Rondom bomen	A103, A118, A125, B050, B059, B060, B064, B066, B076, B077, B080	
5	1 rij oostelijk van Nobelweg	A291, A292, A293, A294, A295, A298, A300, A301, A302	
6	1 rij westelijk van Nobelweg	A440, A442.1, A443, A444, A445, A447, A448, A449	
7	LDE dieper	A418, A419, A420, A421, A422	Geen recente meetwaarden

4.7.2 Meetperiode

De meetgegevens omvatten de periode vanaf realisatie tot en met 04-01-2021.

4.7.3 Apparatuur

De spanning is gemeten met de ingebouwde drukcel.

4.7.4 Bijzonderheden

4.7.4.1 Data verzending

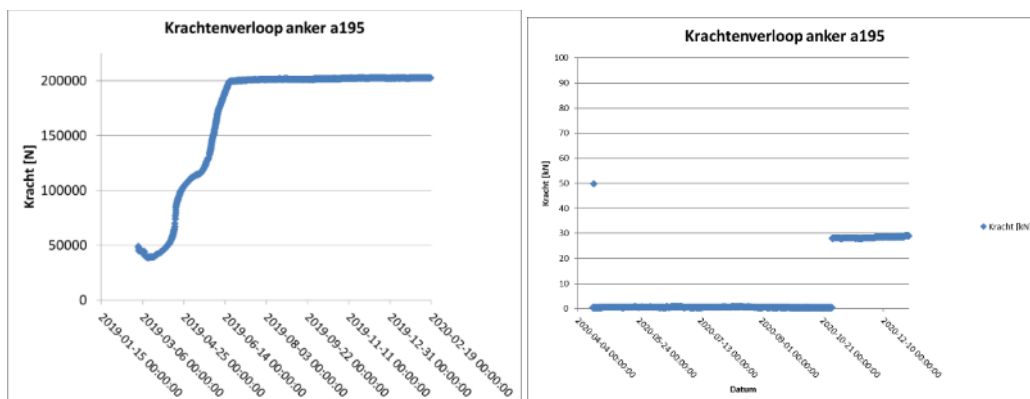
Alle dijkstabilisatoren zijn voorzien van een sensor die de voorspanning op het systeem meet. Circa 66% van deze sensoren verzendt vanaf medio 2019 tot op heden geen (of slechts sporadisch) data. Het betreft steeds dezelfde 66%. Doordat de voorspanning in sommige sensoren niet waargenomen kan worden, kan de monitoring van de JLD-Dijkstabilisator nog niet

in zijn volledigheid uitgevoerd worden zoals voorgeschreven in het monitoringsplan. Er is met succes een onderzoek uitgevoerd om te achterhalen wat de oorzaak is van het niet verzenden van data. Dit is nader beschreven in paragraaf 4.7.6.

Er zenden voldoende stabilisatoren (en deze zijn ook voldoende verspreid over de dijk) om een representatief beeld te hebben van het verloop van de voorspanning over de gehele dijk. De drukcellen die wel data verzenden, geven voor het grootste deel ook betrouwbare resultaten. Er zijn er een paar die onrealistische waarden geven. Het onderzoek hiernaar is gecombineerd met het onderzoek naar de problemen met het niet zenden, zie paragraaf 4.7.6.

4.7.4.2 Meetbereik

In de maandelijkse analyse van de voorspanning is te zien dat er ankers zijn met een extreem hoge voorspanning (>100.000N). Dit betreft 6 stabilisatoren (A093, A100, A171, A303, A311 en B060), met een voorspanning variërend tussen ca. 109 kN en een extreem hoge voorspanning van ca. 339 kN. Evenals de hoge voorspanningen worden er ook negatieve voorspanningen weergegeven. Dit betreft 9 stabilisatoren, (A033, A109, A122, A169, A392, A433, A452, A465 en A487). Dit zijn geen realistische waarden. De weergegeven voorspanning wijkt af van de daadwerkelijk aanwezige voorspanning. De oorzaak is dat er een defect aanwezig is in (de bekabeling van) de loadcell. In de analyse zijn dergelijke waardes meegenomen en gemarkeerd, als: niet realistisch of buiten meetbereik, zie Figuur 4-19 t/m Figuur 4-21. Ter illustratie is in onderstaand figuur het krachtverloop van anker a195 weergegeven, die in het verleden een extreem hoge voorspanning had.



Figuur 4-18 Illustratie weergave krachtverloop buiten meetbereik drukcel. Rechts de voorspanning met in oktober de herstelwerkzaamheden aan de loadcell.

4.7.5 Analyse data

4.7.5.1 Algemeen

In Figuur 4-20 is de vergelijking opgenomen van de voorspanning over 2021. In Figuur 4-21 is de procentuele toename en afname opgenomen. Hieruit blijkt dat de spanningstoename/afname per stabilisator divers is.

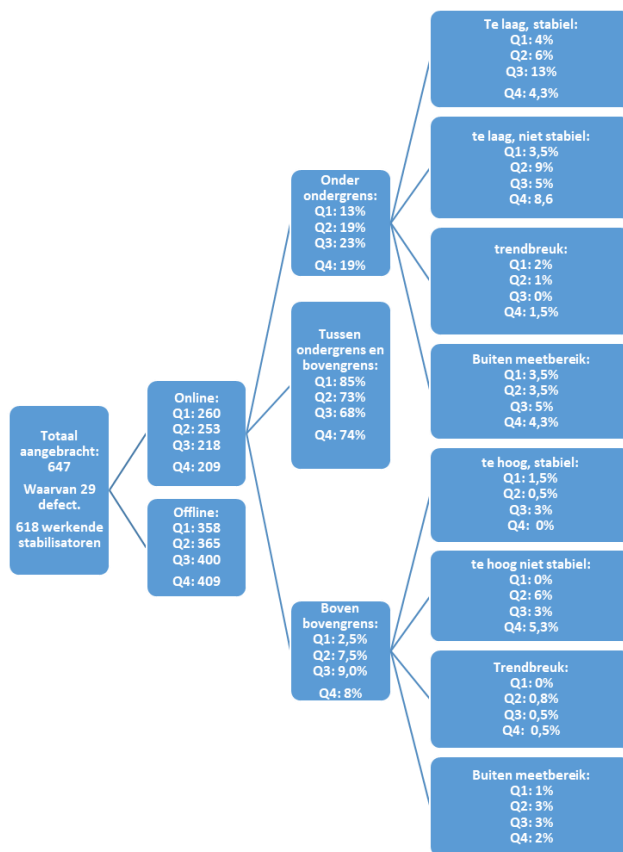
Het overgrote deel (74%) van de stabilisatoren heeft nog een voorspanning binnen het vooraf opgegeven ondergrens (30kN) en de bovengrens (70kN). De stabilisatoren met een te lage

voorspanning (39 stuks) of een te hoge (16 stuks) voorspanning zijn in de hier op volgende paragraaf nader beschouwd.

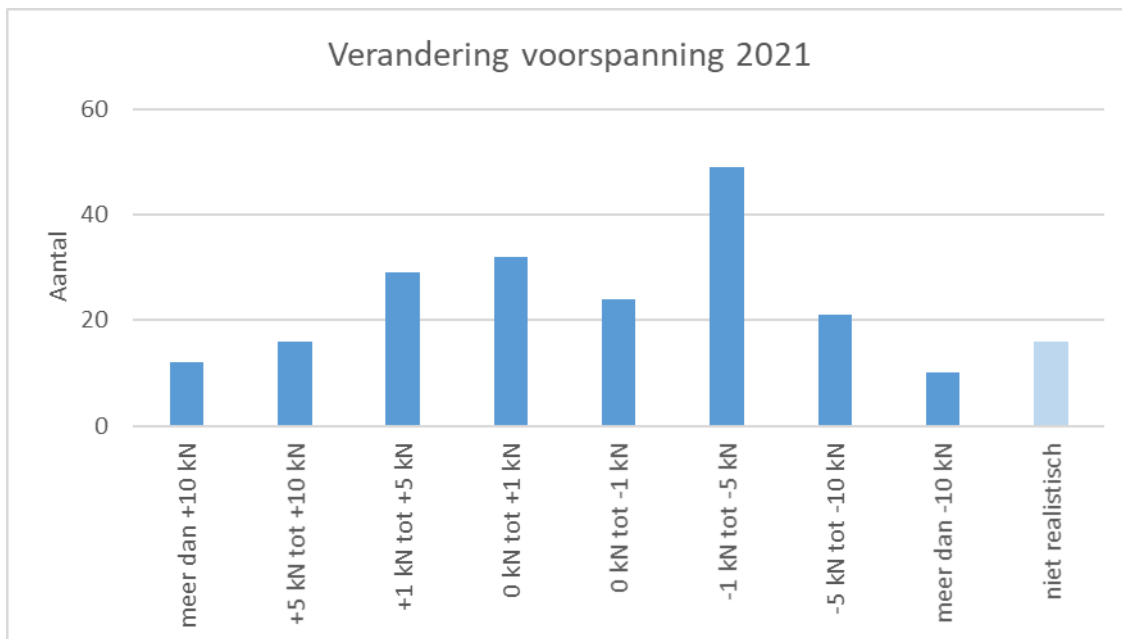
De voorspelling was een gemiddelde spanningsafname van circa 23% ten opzichte van de initiële voorspanning. In de huidige analyse is de spanning op 1 januari 2021 vergeleken met de spanning op 31 december 2021, hierin is een afname van 6,2 a 7,49 % voorspeld. Uit de meetdata volgt:

- 45% (87 stuks) heeft een toename
- 35% (67 stuks) hebben een afname tussen de 0 en 10%
- 20% (39 stuks) hebben een afname groter dan 10%

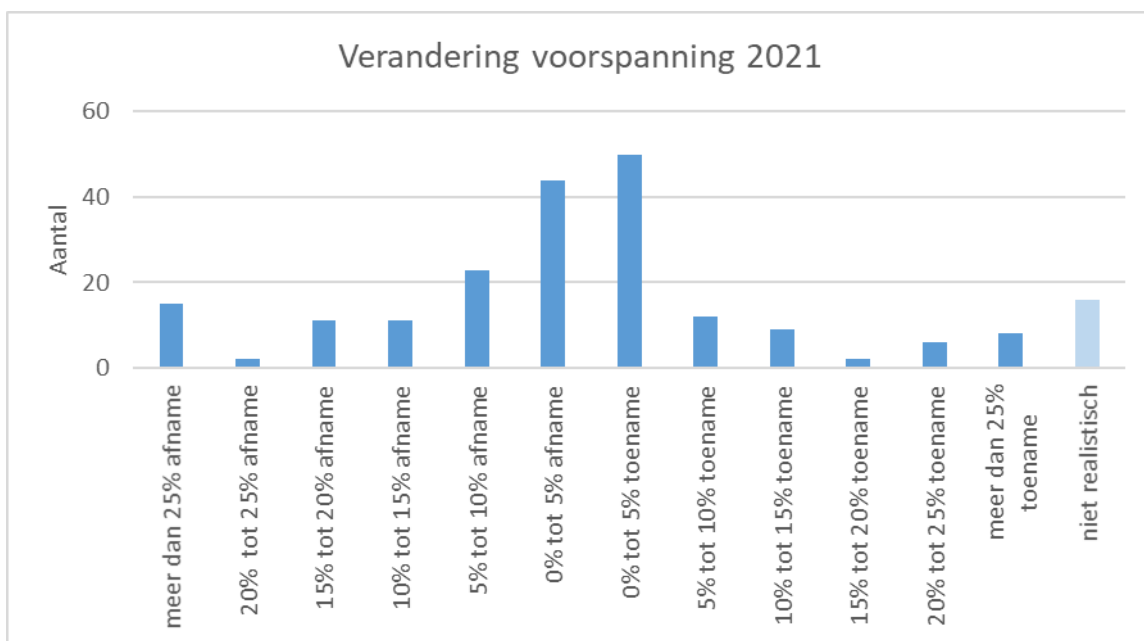
Uit de data volgt dat 11% een afname heeft rondom de voorspelde waarde (5 tot 10% afname). 21% heeft een kleinere afname dan voorspeld en 42% heeft zelfs een kleine toename in 2021, 19% heeft een grotere afname dan voorspeld. 7% laat onrealistische meetwaarde zien.



Figuur 4-19 Overzicht voorspanning eind 2021



Figuur 4-20 Vergelijking voorspanning tussen 1 januari 2021 en 31 december 2021



Figuur 4-21 procentuele verandering voorspanning 3e jaar, tussen 1 januari 2021 en 31 december 2021

4.7.5.2 Voorspanning onder ondergrens

Er zijn 30 stabilisatoren¹ (van de 209) waarbij de gemeten voorspanning lager is dan de ondergrens (30 kN). Conform het beheer- en onderhoudsplan [10] dient bij een te lage voorspanning van enkele stabilisatoren de gemiddelde voorspanning over een traject van 30 meter gecontroleerd te worden. Als hier uit volgt dat de gemiddelde voorspanning lager is dan 30 kN dan dienen de stabilisatoren nagespannen te worden. Als de gemiddelde voorspanning hoger is dan 30kN, maar lager dan 35 kN, dan dient het naspinnen ingepland te worden zodat deze niet onder de 30 kN zakt.

Uit de analyse volgt dat de gemiddelde² voorspanning op bijna alle plaatsen nog boven de 35 kN zit. Op één locatie is de gemiddelde voorspanning 30 tot 35 kN. Ter plaatse van de overgangsconstructie aan de westzijde is de gemiddelde voorspanning circa lager dan 30 kN. In Figuur 4-22 is de gemiddelde voorspanning weergegeven.

De locatie waar de gemiddelde voorspanning lager is dan 30 kN betreft de westzijde van het traject. Om de veiligheid van de dijk te waarborgen is het naspinnen gepland in maart/april 2022. Het gedeelte waarbij de voorspanning onder de 30 kN is gezakt is een sterker deel van de dijk waarbij de initiële stabiliteitsfactor circa 1,35 à 1,54 bedraagt. De vereiste stabiliteitsfactor bedraagt 1,26. Daardoor is de waterveiligheid nog voldoende gewaarborgd.

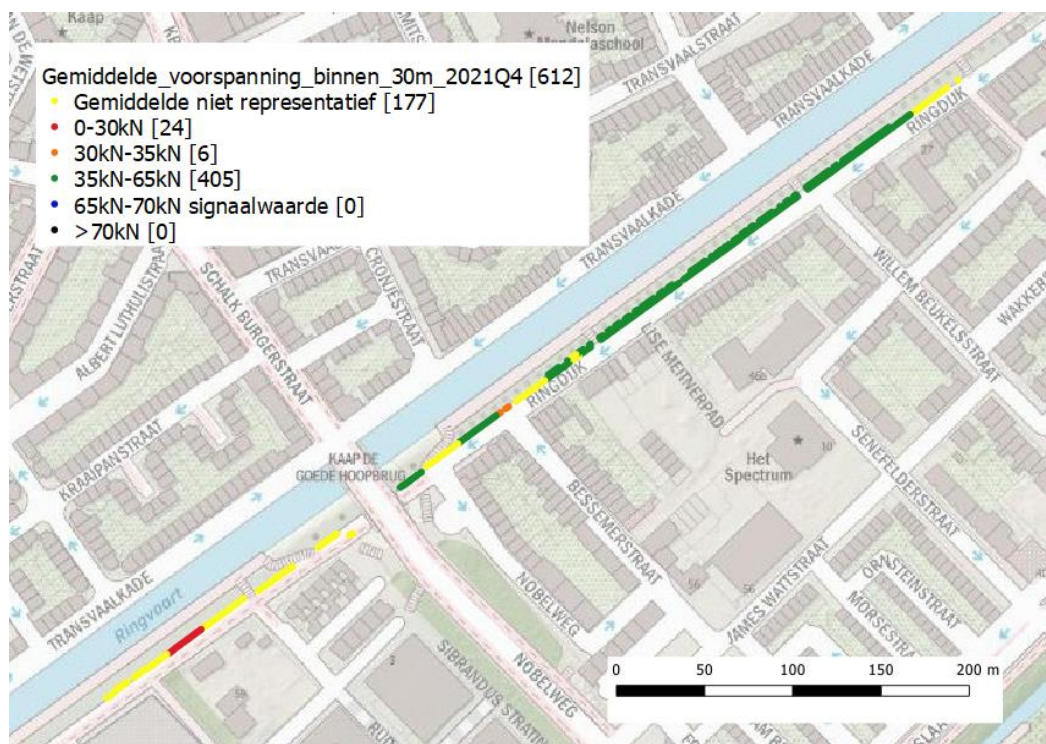
Er zijn zes zones waarbij er niet voldoende nodes online zijn om een realistisch gemiddelde te bepalen, deze zones zijn geel gemarkeerd in de afbeelding. In maart/april 2022 zijn de herstelwerkzaamheden ingepland om hier volledige dekking te verkrijgen (zie paragraaf 4.7.4.1).

Bij de stabilisatoren die een te lage voorspanning hebben zijn 4 categorieën waarneembaar:

1. Er zijn 9 stabilisatoren waarbij de voorspanning onder de ondergrens van 30kN is gedaald die nu een stabiele waarde hebben.
2. Er zijn 18 stabilisatoren die niet stabiel zijn, ofwel de stabilisatoren laten weer een stijging zien (9 stabilisatoren) ofwel een daling (9 stabilisatoren).
3. Er zijn 3 stabilisatoren met trendbreuk. Van deze stabilisatoren is de verwachting dat ze op dit moment conform ontwerp bijdragen aan de stabiliteit.
4. Er zijn 9 stabilisatoren die een meetwaarde laten zien dat buiten het meetbereik van de drukcel valt.

1 Van de stabilisatoren met een realistische voorspanning

2 De analyse van de gemiddelde voorspanning is uitgevoerd op de stabilisatoren waarvan recentelijk meetgegevens zijn ontvangen. stabilisatoren met een onrealistische voorspanning (<0,0 kN en >150 kN) zijn op 0 kN gezet. De verwachting is dat deze stabilisatoren echter nog wel werken. Na uitvoer van de herstelwerkzaamheden wordt de daadwerkelijke voorspanning met een nieuwe loadcel gemeten en verwerkt in het totaaloverzicht.



Figuur 4-22 Overzicht categorie gemiddelde voorspanning rondom elke JLD-Dijkstabilisator binnen een straal van 15 m

4.7.5.3 Voorspanning boven bovengrens

Er zijn 16 stabilisatoren (van de 209) waarbij de gemeten voorspanning hoger is dan de bovengrens (70 kN). Binnen deze set zijn 3 categorieën waarneembaar.

1. Er zijn 11 stabilisatoren die niet stabiel zijn, ofwel de stabilisatoren laten een stijging zien (6 stabilisatoren) ofwel een daling (5 stabilisatoren).
2. Er is 1 stabilisator die een trendbreuk laat zien. Van deze stabilisatoren is de verwachting dat er een defect in de verbinding met de meetcel zit.
3. Er zijn 4 stabilisatoren die een meetwaarde laten zien dat buiten het meetbereik van de drukcel valt.

4.7.5.4 Verloop voorspanning overgangszones

Aan weerszijden van het traject zijn 2 zones met een overgang van een versterkte naar een onversterkte waterkering. De stabilisatoren in de 1^e overgangszone zijn A1 t/m A11, in de 2^e zone zijn dit A486 t/m A 497.

De stabilisatoren laten een afname tussen de 2,5 en de 5 procent zien. Er is bij deze stabilisatoren geen relatie gevonden tussen de h.o.h. afstand en de spanningsafname in het eerste jaar. De verwachting is dat de spanningsafname voornamelijk te maken heeft met de grondgesteldheid en de lokale geschiedenis van de voorbelasting. 1 stabilisatoren bevat een voorspanning onder de ondergrens. Daarnaast bevatten 4 stabilisatoren geen meetwaarde aan het begin van 2021 en eind van 2021, deze zijn offline.

Tabel 4-11 Overzicht afname in de overgangszone

Stabilisator	Afname over 2019	Afname over 2020	Afname over 2021
A005	(meetwaarde boven meetbereik)	(meetwaarde boven meetbereik)	Stabilisator offline, geen meting begin en eind 2021
A007	11,67%	3,39%	Geen meting eind 2021 (laatste meting medio okt. Afname tot okt.: 1,01%)
A002	12,73%	19,57%	2,6%
A494	14,52%	5,85%	5%
A492	16,67%	Geen meting eind 2020	Stabilisator offline, geen meting begin en eind 2021
A487	36,54%	32,75%	(meetwaarde buiten meetbereik)
A486	53,33%	32,27% (laatste meting begin december)	Stabilisator offline, geen meting begin en eind 2021
A488	3,64%	Geen metingen eind 2020	Stabilisator offline, geen meting begin en eind 2021

4.7.5.5 Verloop voorspanning t.p.v. geul (2 rijen)

Ter plaatse van de Willem Beukelsstraat is in de ondergrond een slappe laag aanwezig. Dit betreft de stabilisatoren A71 t/m A 102. En B26 t/m B49. Op deze locatie zijn de stabilisatoren verankerd in een diepere zandlaag, waardoor de lengte van de trekstang circa 22 meter is (versus 16 m op andere locaties). In de analyse zijn de middelste stabilisatoren geanalyseerd. Dit betreft A82 t/m A94 en B31 t/m 43.

Uit de analyse volgt dat de voorspanning in dit gebied redelijk gelijkmatig af is genomen of is toegenomen. De afname is vaak in 2021 kleiner dan in 2020. Het gros heeft een afname van 0 tot 9%. Hierin is te zien dat de spanningsafname op de A-rij gemiddeld lager is dan op de B-rij, tevens zijn er meer ankers op de A-rij gestegen in voorspanning vergeleken met de B-rij. Er is 1 stabilisator aanwezig met een voorspanning onder de ondergrens (a082).

Tabel 4-12 Overzicht afname ter plaatse van de geul (negatieve waarde is een toename)

Stabilisator	Afname over 2019	Afname over 2020	Afname over 2021	Stabilisator	Afname over 2019	Afname over 2020	Afname over 2020
A094	-3,13%	-3,20%	3,9%	B034	-1,54%	1,46%	8,99%
A086	1,49%	-1,30%	-0,004%	B033	0,00%	-13,37%	-22,28%
A088	1,61%	4,84%	0,56%	B042	12,50%	6,23%	3,37%
A093	4,23%	16,69% (bevat trendbreuk)	-91,62%	B039	14,71%	1,07%	Geen krachten bij einddatum (bevat sporadisch data)
A092	9,09%	-16,35%	-3,23%	B032	17,86%	8,64%	5,52%
A090	10,77%	-0,61%	-1,44%	B036	20,00%	-1,89%	-0,68%
A085	17,65%	18,41 (bevat trendbreuk)	-19,5%	B043	24,07%	8,06%	7,23%
A082	Geen realistische meetwaarde	Geen realistische meetwaarde	Geen realistische meetwaarde	B037	27,59%	8,75%	Geen krachten bij einddatum (laatste meting medio mei, afname tot mei: 4,5%

4.7.5.6 Verloop voorspanning naast boom

Op een deel van het traject zijn 2 rijen dijkstabilisatoren aanwezig. Om de bomen op de dijk te behouden is er ter plaatse van de bomen een gat in het stramien gelaten. Ten behoeve van de kennisontwikkeling zijn 11 stabilisatoren beschouwd die direct grenzen aan een onderbreking.

Uit de analyse volgt dat de voorspanning van deze stabilisatoren af is genomen met tot 12%. Daarnaast is een stijging waargenomen tot 10,5 % (uitgezonderd een stijging van 725%, buiten het meetbereik). Twee stabilisatoren bevatten een voorspanning onder de ondergrens (a118 en b064). Daarnaast zijn 3 stabilisatoren aanwezig waarbij er geen kracht is geregistreerd aan het einde van 2021.

Tabel 4-13 Overzicht afname stabilisatoren naast een onderbreking in het stramien door de aanwezigheid van een boom

Stabilisator	Afname over 2019	Afname over 2020	Afname over 2021	Stabilisator	Afname over 2019	Afname over 2020	Afname over 2021
A103	4,76%	9,35%	-2,58%	B080	2,00%	0,00%	2,52%
A125		-21,78%	1,36%	B076	10,00%	10,50%	Geen krachten bij einddatum (laatste meting sept. Afname tot sept.: 0,47%)
	30,43%						
A118	trendbreuk	trendbreuk	Geen krachten bij einddatum (onder ondergrens)	B059	11,11%	3,47% (laatste meting begin september) bevat trendbreuk	Geen krachten bij einddatum (vertoont tevens trendbreuk)
				B066	11,32%	0,46%	-10,39%
				B050	18,75%	5,31%	0,74%
				B077	26,67%	5,38%	-0,75%
				B064	31,11%	30,33%	11,47% (onder de ondergrens)
				B060	31,82%	-34,74%	-725,65% (buiten meetbereik)

4.7.5.7 Verloop voorspanning 1 rij (oosten van Nobelweg)

Op een groot deel van het traject is 1 rij dijkstabilisatoren aanwezig. Er is in de analyse onderscheid gemaakt tussen 1 rij ten oosten en 1 rij ten westen van de Nobelweg.

Uit de analyse volgt dat de voorspanning van twee stabilisatoren relatief veel is af is genomen met 35 tot 66%. 5 van de 9 stabilisatoren hebben een voorspanning onder de ondergrens (a298, a300, a301, a292, en a295) en 1 passeert bijna de ondergrens (a293).

Stabilisator	Afname over 2019	Afname over 2020	Afname over 2021
A294	12,00%	4,18%	1,10%
A302	17,24%	5,62%	-8,63%
A295	20,37%	65,39% (continue dalende lijn, waarschijnlijk defecte loadcell)	65,58%

Stabilisator	Afname over 2019	Afname over 2020	Afname over 2021
A293	28,00%	15,33% (laatste meting begin oktober)	Geen krachten bij de start en einddatum (begin en eind 2021)
A292	28,85%	19,03% (laatste meting begin november)	Geen krachten bij de start en einddatum (begin en eind 2021)
A291	33,33%	-11,42%	-0,47%
A301	36,00%	46,72%	35,06%
A300	38,00%	14,00%	1,95%
A298	54,39%	12,57%	9,27%

4.7.5.8 Verloop voorspanning 1 rij (westen van nobelweg)

Op een groot deel van het traject is 1 rij dijkstabilisatoren aanwezig. Er is in de analyse onderscheid gemaakt tussen 1 rij ten oosten en 1 rij ten westen van de nobelweg. Uit de analyse van 8 stabilisatoren volgt dat de voorspanning van deze stabilisatoren af is genomen tot ca 51% (gemiddeld 15%, inclusief de stabilisatoren die gestegen zijn in voorspanning). Drie van de acht stabilisatoren vertonen geen data in 2021 en één is niet beschikbaar. Twee stabilisatoren hebben een voorspanning onder de ondergrens (a447 en a448). Het gemiddelde is bepaald over de stabilisatoren waarover een af- of toename is berekend.

Stabilisator	Afname over 2019	Afname over 2020	Afname over 2021
A448	3,45%	17,43%	50,55%
A445	14,29%	6,07% (laatste meting begin november)	Geen krachten bij de start en einddatum (begin en eind 2021)
A443	20,00%	4,65% (laatste meting begin november)	Geen krachten bij de start en einddatum (begin en eind 2021)
A444	21,28%	-0,74% (laatste meting begin maart)	Geen krachten bij de start en einddatum (begin en eind 2021)
A442.1	28,00%	-3,67%	Geen kracht bij einddatum (laatste waarde 3 dec, afname tot dec: 9,7%)
A449	30,00%	-9,85%	-14,06%
A447	42,00%	42,16%	14,13%
A440	Trendbreuk	Niet beschikbaar	Niet beschikbaar

4.7.5.9 Verloop voorspanning JLD-Dijkstabilisator waar LDE dieper is gedrukt t.b.v. onderzoek

Ten behoeve van het onderzoek is het LDE bij 5 stabilisatoren circa 25 cm dieper de grond in gedrukt. Bij deze 5 stabilisatoren sluit de kopplaat dus nooit aan op het LDE. (Bij de rest van de dijkstabilisatoren is de afstand tussen het LDE bij aanbrengen 0 tot enkele centimeters). Helaas is het signaal van deze 5 stabilisatoren weggevallen na 2 tot 4 maanden. In de eerste maanden lijkt het gedrag niet anders dan op de andere trajecten. Let op: de genoemde aantallen zijn een momentopname van medio 2021. Net voor aanvang van de herstelwerkzaamheden (Q2 2022) worden de aantallen geactualiseerd.

4.7.6 Inspectiewerkzaamheden offline nodes (2021)

Bij aanvang van de inspectie waren er 238 van de 647 nodes online. Na uitvoering van de inspectie op 62 nodes zijn er 298 van de 647 nodes online. Dit betekent dat de werkzaamheden een slagingspercentage van 96% hadden. Van de 62 nodes waren er eind 2021 slechts 2 nodes welke nog niet online zijn. Naar verwachting kunnen deze 2 eenvoudig online worden gebracht door tijdens de volgende inspectie de pot van deze 2 stabilisatoren op te lengen. Op dit moment (q1 2022) zijn er 12 van de 62 nodes offline. Dit heeft voor de helft te maken met een lege batterij, en naar verwachting de andere helft door de gronddekking.

Het hoofddoel van het onderzoek was het beantwoorden van de vraag:

‘Wat is de oorzaak van het offline zijn van de nodes?’

Aan de hand van de uitgevoerde inspectie is het antwoord op de onderzoeksvraag:

- De hoofdoorzaak van het niet zenden van de nodes is de oude versie van de software op de node. De oude versie van de software was niet in staat om automatisch weer online te komen na een update van de telecomprovider. Bij deze nodes was het nu noodzakelijk om handmatig een update van de software uit te voeren. De nieuwe versie van de software heeft een ingebouwd vangnet waardoor deze automatisch weer online komt, ook na een tijdelijke storing.
- De gronddekking was bij enkele stabilisatoren te groot om een stabiel signaal te verzenden. De gronddekking is bij 3 stabilisatoren verkleind door een holle oplengmof aan te brengen op de pot. Dit heeft geresulteerd in een stabiel signaal.
- De positie van de node in de pot speelt een rol in het bereik van het signaal. Het effect is tijdens de inspectie niet gekwantificeerd. Wel is het advies om in de toekomst alle nodes met de antenne naar boven in de pot te plaatsen om het risico op verlies van bereik te beperken.
- In enkele potten was een klein laagje water aanwezig. Voor zover bekend speelt dit geen rol op de werking van de node.

In onderstaande tabel is het resultaat van de werkstappen opgenomen. Daaruit is afgeleid dat de eenmalige handmatige update van de software noodzakelijk was om de nodes online te brengen. Na deze update is het mogelijk om volgende updates op afstand uit te voeren.

In de volgende paragrafen is antwoord gegeven op de verschillende subonderzoeksvragen. Daarbij is een predictie opgesteld van het te verwachten resultaat bij voortzetting van de inspectie op de 349 stabilisatoren welke nu nog offline zijn.

Tabel 4-14 Overzicht resultaat werkstappen op de status van de node

Uitgevoerd	Status	Aantal	Aantal [%]	opmerkingen
Opgraven nodes	Offline	62	100%	Eenvoudig met een grondbus en een kleine graafmachine
Controle water in de pot	Offline	17	27%	Er zijn 17 nodes waarbij een klein beetje water in de pot zat. De nodes zijn waterdicht waardoor dit geen effect heeft op het signaal.
Update firmware & vervangen batterij	Online	62	100%	Op kantoor zodat de werkzaamheden droog uitgevoerd konden worden. Bij 58 van de 62 nodes zat er nog voldoende energie in de batterij. Bij 4 van de 62 nodes was de batterij nagenoeg leeg.

Uitgevoerd	Status	Aantal	Aantal [%]	opmerkingen
Aantal stabilisatoren met onrealistische voorspanning	Online	14	3,6% tot 5,0%	Voor inspectie 12 van de 238 met een onrealistische voorspanning: 5% Tijdens de inspectie 2 van de 56 met een onrealistische voorspanning: 3,6%
Loadcell vervangen	Online	6	10% ³	Geen effect op signaal.
Naspannen	Online	36	56%	Eenvoudig met 2 personen, een kleine vijzel en een klein aggregaat. Naspannen stabilisatoren onder grenswaarde: 23% Naspannen meekoppelkans: 33%
In pot (niet afgedekt)	Online	62	100%	Teruggeplaatst met de antenne naar boven.
Afdekken grond	Online	62	100%	De uitgestoken plag is weer teruggeplaatst. De grasmat is grotendeels intact.
Oplengmof aanbrengen	Online	3	5%	Stabiel signaal na oplengmof pot.
7 dagen na afdekken	Online	60	96%	Stabiel signaal. Twee potten met net te veel gronddekking waardoor deze het signaal hebben verloren.

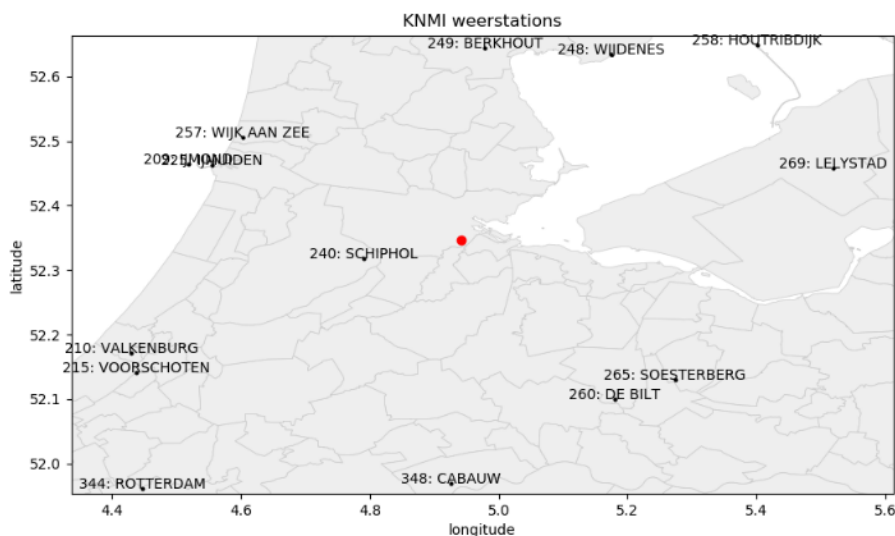
4.8 Neerslag

Voor de huidige analyse is data van het KNMI geraadpleegd.

4.8.1 Meetlocatie

Om tot representatieve data te komen zijn de weerstations van het KNMI geraadpleegd. In Figuur 4-23 zijn de weerstations in de omgeving van de projectlocatie weergegeven. Hieruit is duidelijk zichtbaar dat Schiphol het dichtstbijzijnde weerstation is (afstand ca. 15 km). Andere weerstations zijn minimaal 30 km verwijderd van de projectlocatie. Derhalve kan worden gesteld dat regen- en verdampingsdata van het weerstation Schiphol het meest representatief is voor de projectlocatie.

³ Let op, dit is het aantal vervangen loadcellen tijdens deze inspectie. Extrapolatie van dit aantal is niet representatief om een verwachting op te stellen van het aantal nog te vervangen loadcellen. De verwachting voor het aantal te vervangen loadcellen bij de stabilisatoren die op dit moment offline zijn is 3,6% tot 5,0% (gelijk aan de verwachting voor het aantal stabilisatoren met een onrealistische voorspanning).



Figuur 4-23: Weerstations in de omgeving van Amsterdam. De projectlocatie is in rood weergegeven. (bron: KNMI)

4.8.2 Meetperiode

De meetgegevens omvatten de periode van Q4, 01-10-2021 tot en met 31-12-2021. Tevens is een overzicht gegeven van het gehele jaar 2021.

4.8.3 Apparatuur

De apparatuur staat vermeld op: <http://projects.knmi.nl/klimatologie/metadata/schiphol.html>

4.8.4 Bijzonderheden

Om tot representatieve data te komen zijn de weerstations van het KNMI geraadpleegd.

4.8.5 Data

In Figuur 4-24 is neerslag- en verdampingsdata weergegeven van het weerstation Schiphol in de periode van 1-okt-2021 tot 31-dec-2021. In paragraaf 0 is het overzicht van 2021 opgenomen.

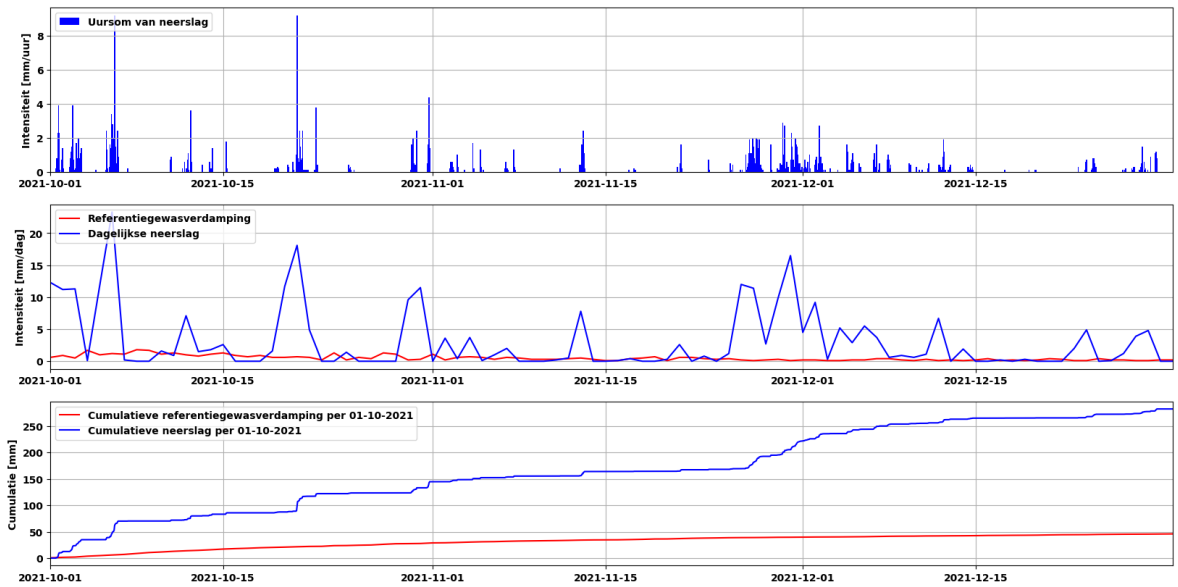
Neerslag Q4

In de bovenste grafiek van Figuur 4-24 is de uursom weergegeven van de neerslag. Gedurende het gehele kwartaal is er veel neerslag gevallen, de langste periode van droogte duurde slechts 4 dagen. Met name in oktober en eind november is er relatief veel regen gevallen. Er hebben zich totaal zeven evenementen voorgedaan met een dagelijkse regenval van minimaal 10 mm (zie middelste grafiek). In de cumulatieve grafiek (onder) is te zien dat de regenval redelijk gelijkmatig verdeeld is over de periode, met een totale neerslag van 282 mm.

Verdamping Q4

De referentiegwasverdamping is een theoretische waarde voor verdamping. Het staat voor de hoeveelheid water die verdamt uit een grasveld dat goed voorzien is van water en nutriënten. De referentiegwasverdamping wordt door het KNMI bepaald uit onder meer de temperatuur en zonnestraling. De dagelijkse referentiegwasverdamping is weergegeven in de middelste grafiek

van Figuur 4-24. In de maand oktober schommelt de verdamping tussen ca. 0,5 en 1,5 mm/dag. Hierna neemt dit verder af, het schommelt in november en december tussen de 0,0 en 0,5 mm/dag.



Figuur 4-24: Neerslag en referentiegewasverdamping van het meetstation Schiphol (bron: KNMI)

Relatie neerslag-verdamping Q4

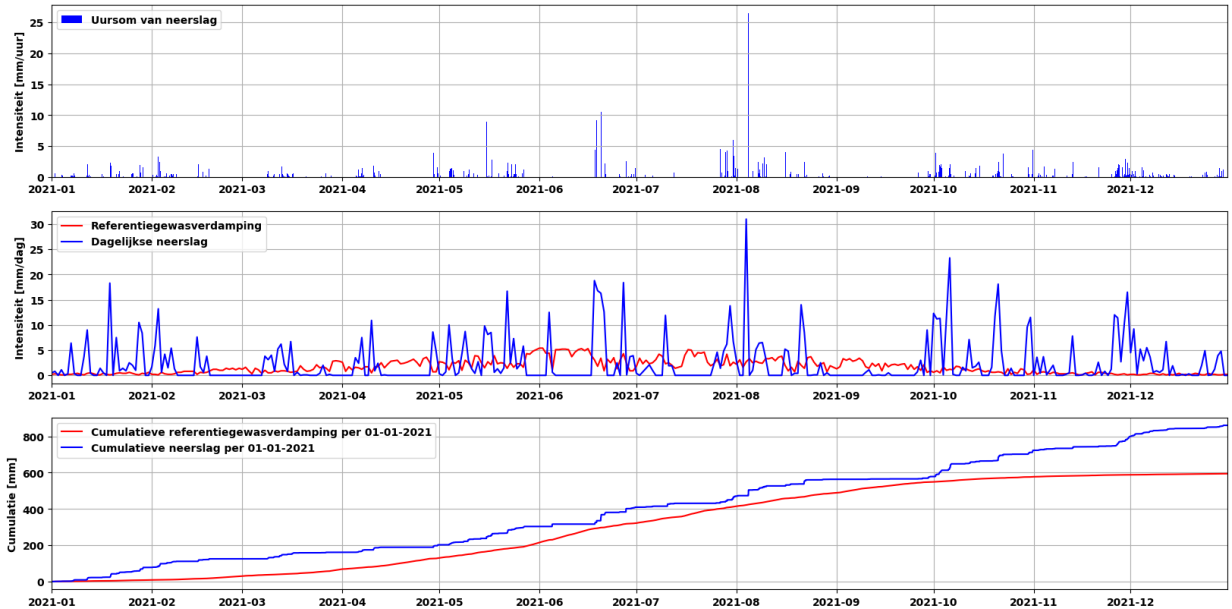
In Tabel 4-15 is de wekelijkse neerslag- en verdamping weergegeven. Hier is te zien dat er elke week een neerslagoverschot is, dit heeft te maken met zowel een grote hoeveelheid neerslag als een lage verdamping. Netto is er aan het eind van de periode een neerslagoverschot van ca. 236 mm.

Tabel 4-15: Wekelijkse neerslag en verdamping

Week	Van	Tot	Neerslag [mm]	Verdamping [mm]
39	1-okt	3-okt	35	2
40	4-okt	10-okt	37	10
41	11-okt	17-okt	14	7
42	18-okt	24-okt	36	5
43	25-okt	31-okt	23	4
44	1-nov	7-nov	11	4
45	8-nov	14-nov	9	3
46	15-nov	21-nov	3	3
47	22-nov	28-nov	28	2
48	29-nov	5-dec	48	1
49	6-dec	12-dec	19	2
50	13-dec	19-dec	2	1
51	20-dec	26-dec	7	2
52	27-dec	31-dec	10	0

4.8.6 Overzicht jaar 2021

In Figuur 4-25 is neerslag- en verdampingsdata weergegeven van het weerstation Schiphol in de periode van 1-januari-2021 tot 31-december-2021.



Figuur 4-25: Neerslag en referentiegewasverdamping van het meetstation Schiphol 2021 (bron: KNMI)

Na drie opeenvolgende droge jaren was er in 2021 geen sprake van extreme droogte. Gedurende het hele jaar was er een neerslagoverschot, waar in voorgaande jaren in de zomer sprake was van een (flink) neerslagtekort. Zowel in de lente als in de zomer is er, in vergelijking met voorgaande jaren, relatief veel regen gevallen. Aan het einde van het jaar bedraagt het neerslagoverschot ca. 166 mm.

Tabel 4-16: Jaaroverzicht 2021 neerslag en verdamping

Week	Van	Tot	Neerslag [mm]	Verdamping [mm]
53	1-jan	3-jan	2	1
1	4-jan	10-jan	10	2
2	11-jan	17-jan	11	2
3	18-jan	24-jan	31	3
4	25-jan	31-jan	24	2
5	1-feb	7-feb	32	2
6	8-feb	14-feb	7	5
7	15-feb	21-feb	6	6
8	22-feb	28-feb	0	9
9	1-mrt	7-mrt	4	7
10	8-mrt	14-mrt	22	5
11	15-mrt	21-mrt	7	7
12	22-mrt	28-mrt	3	11
13	29-mrt	31-mrt	0	6
13	1-apr	4-apr	0	6
14	5-apr	11-apr	25	10

Week	Van	Tot	Neerslag [mm]	Verdamping [mm]
15	12-apr	18-apr	3	17
16	19-apr	25-apr	0	18
17	26-apr	2-mei	14	16
18	3-mei	9-mei	27	15
19	10-mei	16-mei	25	18
20	17-mei	23-mei	31	17
21	24-mei	30-mei	17	21
22	31-mei	6-jun	13	31
23	7-jun	13-jun	0	34
24	14-jun	20-jun	52	28
25	21-jun	27-jun	34	19
26	28-jun	30-jun	4	3
26	1-jul	4-jul	2	11
27	5-jul	11-jul	17	21
28	12-jul	18-jul	2	21
29	19-jul	25-jul	2	24
30	26-jul	1-aug	40	18
31	2-aug	8-aug	44	18
32	9-aug	15-aug	10	23
33	16-aug	22-aug	33	11
34	23-aug	29-aug	3	17
35	30-aug	5-sep	0	16
36	6-sep	12-sep	2	18
37	13-sep	19-sep	1	13
38	20-sep	26-sep	1	13
39	27-sep	30-sep	3	3
39	1-okt	3-okt	35	2
40	4-okt	10-okt	37	10
41	11-okt	17-okt	14	7
42	18-okt	24-okt	36	5
43	25-okt	31-okt	23	4
44	1-nov	7-nov	11	4
45	8-nov	14-nov	9	3
46	15-nov	21-nov	3	3
47	22-nov	28-nov	28	2
48	29-nov	5-dec	48	1
49	6-dec	12-dec	19	2
50	13-dec	19-dec	2	1
51	20-dec	26-dec	7	2
52	27-dec	31-dec	10	0

5 Analyse

5.1 Koppeling tussen monitoringsdata en onderzoeksvragen

In dit hoofdstuk is een eerste analyse opgenomen van de onderzoeksvragen met betrekking tot de monitoringsdata. Daartoe zijn de onderzoeksvragen in concept beantwoord en mogelijke verbanden tussen verschillende parameters onderzocht.

5.2 Onderzoeksvraag 7 (Kwel)

Is er een risico op kwel, en daarmee op piping of heave langs het anker door het inbrengen van het anker met de voorloper/drijfstang en hoe groot is dit risico?

Om de onderzoeksvraag te beantwoorden is de theoretische achtergrond uit het gecombineerde onderzoeksrapport van vraag 7 en vraag 11 geraadpleegd samen met de ervaringen uit de interactieproef van Purmerend.

‘Na het plaatsen van het LDE-element wordt verwacht dat het resterende gat waardoor kwel op kan treden sterk zal zijn samengedrukt, waardoor de theoretische hoeveelheid kwel wordt gereduceerd tot hooguit enkele liters kwelwater per dag in extreme omstandigheden. Deze hoeveelheid is verwaarloosbaar klein.’

Uit de praktijk blijkt dat er geen melding is gemaakt of incidenten zijn opgetreden met betrekking tot een kweldebiet in Purmerend en ook niet in Watergraafsmeer. Dit komt overeen met de verwachting dat het kweldebiet verwaarloosbaar klein is.

5.2.1 Voorlopige conclusie

Er was in Watergraafsmeer geen significant risico op het ontstaan van kwel. In de monitoring in 2019 na de realisatie is geen melding van kwelwater gedaan door de beheerders of burgers. Wel is waarneembaar dat er voldoende stijghoogteverschil is om theoretisch kwel te laten ontstaan. Het monitoren op kwel is in 2020 tijdens de veldinspecties meegenomen. Tijdens de inspecties in 2020 is ook geen kwelwater waargenomen. Eind 2020 is er kans op kwelwater conform de metingen, echter dit is niet waargenomen tijdens de inspectie in november 2020. In het vervolg wordt er gekeken naar de grondwaterstanden tijdens de werkzaamheden met betrekking tot het online krijgen van de nodes die nu nog offline zijn. Dit is geborgd in het werkplan [11]. In 2021 is geen melding bekend van kwelwater.

5.3 Onderzoeksvraag 8 (Invloed vervormingen)

Wat zijn de effecten van vervormingen door kruip en zettingen, veroorzaakt door kruinophogingen gedurende de levensduur, op de werking van de JLD-Dijkstabilisator?

De onderzoeksvraag is onderdeel van de postdictie van 2023 in Q2 (zie paragraaf 7.4). Op dat moment is naar verwachting de meetdata beschikbaar van alle Dijkstabilisatoren inclusief 1 maal naspannen. De dwarsprofielen tonen in de herhalingsmeting van 2020 dat de waterkering enkele centimeters is gezakt. De meting van 2021 toont een lichte stijging in de profielen.

5.4 Onderzoeksvraag 9 (Beplanting)

De voorlopige conclusie op onderzoeksvraag 9 is opgenomen in de jaarrapportage van 2020, omdat in ditzelfde jaar de laatste monitoring heeft plaatsgevonden op de beplanting. In 2021 heeft er geen monitoring meer plaatsgevonden met betrekking tot de beplanting.

5.5 Onderzoeksvraag 11 (Piping)

Kan de waterspanning in de zandlaag van de ringdijk Watergraafsmeer leiden tot kwel en daarmee piping of heave en kan dit een probleem opleveren voor de uitvoerbaarheid?

Om de onderzoeksvraag te beantwoorden is de theoretische achtergrond uit het gecombineerde onderzoeksrapport van vraag 7 en vraag 11 geraadpleegd. Hieruit is het volgende geconcludeerd:

Uit de onderzoeksrapportage is gebleken dat in theorie piping kan optreden (langs of door het LDE) met de kopplaat als uittredepunt) als er een stijghoogte van NAP -0,1 m of hoger aanwezig is. Uit de analyse van peilbuizen en waterspanningsmeters blijkt dat deze waarde niet bereikt wordt. Omdat niet alle waterspanningsmeters/peilbuizen realistische data genereren worden er nieuwe peilbuizen geplaatst. Nadat nieuwe meetdata verkregen wordt, zal de voorlopige conclusie getoetst worden. Tevens wordt in het vervolg gekeken naar de grondwaterstanden tijdens de werkzaamheden met betrekking tot het online krijgen van de nodes die nu nog offline zijn.

5.5.1 Voorlopige conclusie

Uit de monitoringsdata is gebleken dat de aanwezige stijghoogte in alle gevallen lager is ten opzichte van de stijghoogte waarbij piping theoretisch kan optreden. Uit de waarden is waarneembaar dat er in 2019, 2020 en 2021 dus geen piping heeft kunnen plaatsvinden vanwege de geringe waterspanningen.

5.6 Onderzoeksvraag 13 (Verloop voorspanning)

De JLD-Dijkstabilisatoren zijn nu circa 3 jaar operationeel. In de eerste 9 maanden is de eerste primaire zetting opgetreden. De primaire zetting bestaat uit 2 delen:

- Zetting door aanbrengen van voorbelasting op onbelast maaiveld.
- Zetting doordat er circa 1 à 2 cm ruimte zat tussen de kopplaat en het LDE element.

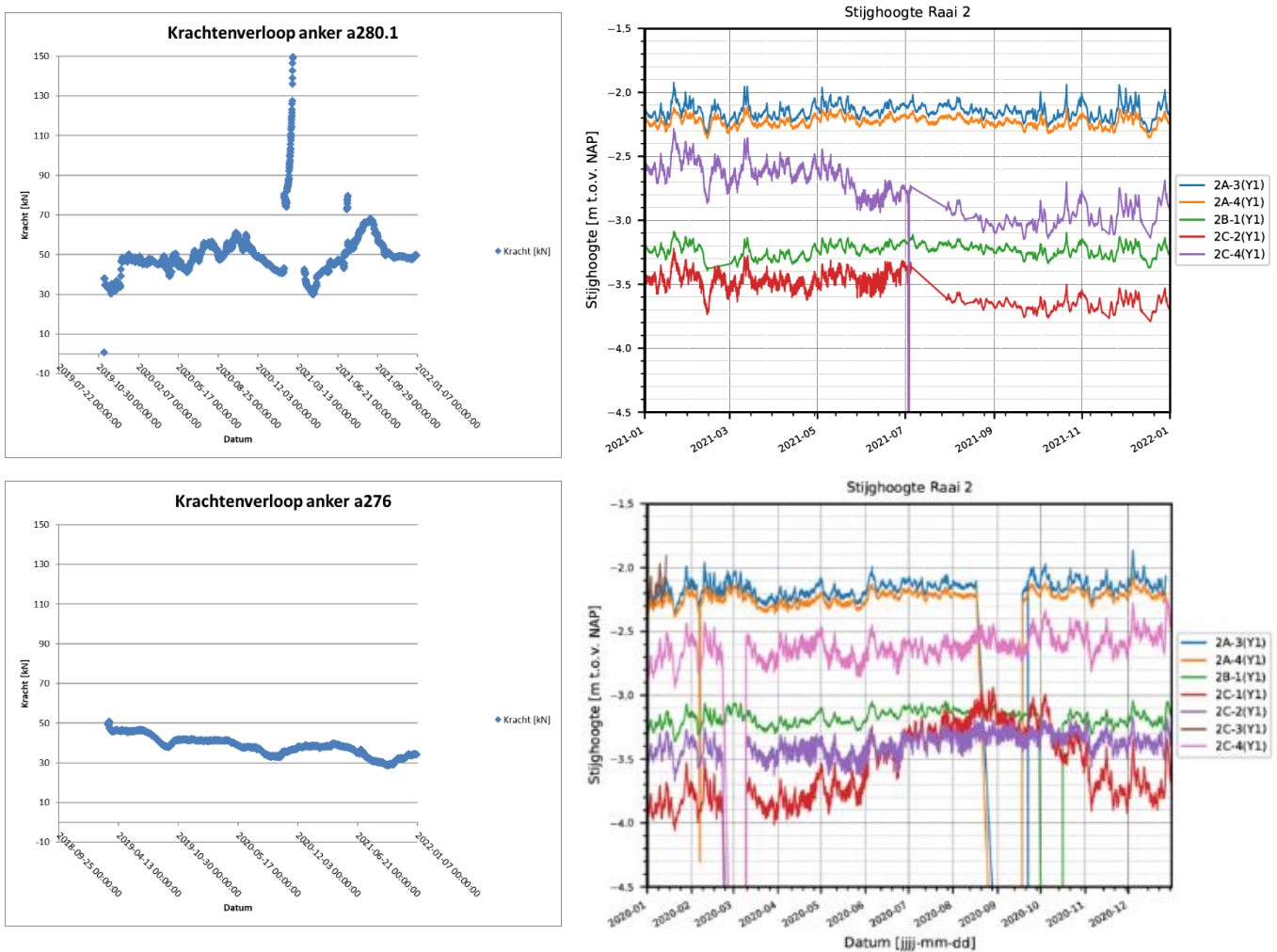
Het was de verwachting dat de initiële spanningsafname per stabilisator zeer verschillend kon zijn door toedoen van de lokale verschillen in de bodemopbouw. De resultaten van de eerste 3 jaar onderbouwen deze verwachting.

5.6.1 Voorspanning versus neerslag

In 2021 is de relatie tussen voorspanning versus neerslag onderzocht. Voor de volledigheid is onderstaand het resultaat overgenomen.

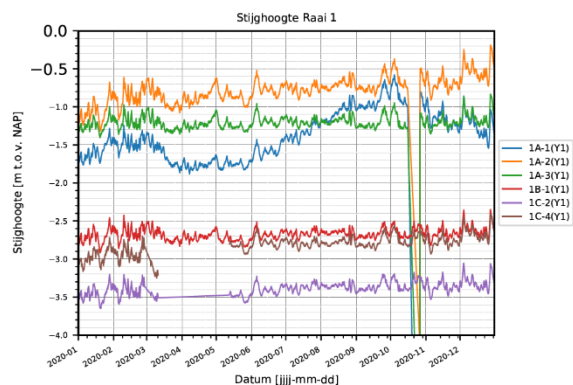
Er is een verband tussen neerslag en de waterspanningen in de waterkering. Bij langdurige neerslag nemen de waterspanningen toe en bij droogte nemen deze af. Dit effect wordt gekwantificeerd in de postdictie. Wel is er al globaal gekeken naar een verband tussen de voorspanning en de waterspanningen.

Als de waterspanningen vergeleken worden met de voorspanning is het niet eenduidig om een relatie te leggen tussen de grafieken. Er zijn drie stabilisatoren vergeleken met de waterspanningen ter hoogte van raai 1, 2 en 3. Dit betreft stabilisator a472, a280.1 en a47.1. Het lijkt bij A280.1 dat de voorspanning stijgt als de waterspanning stijgt. Hieronder is het krachtenverloop en de waterspanning ter hoogte van raai 2 gepresenteerd. Hierbij is de waterspanningsmeter vergeleken die het dichtst bij het maaiveld geplaatst is. (2C-1 en 2C-2). Echter deze relatie is niet te vinden in raai 1 en 3⁴. Tevens is een extra stabilisator onderzocht om te verifiëren of dit verband ook aanwezig is nabij raai 2, anker a276. Hierin is precies het tegenovergestelde verband te zien. Dit toont aan dat dit het gedrag per anker divers is. Wel kan voorzichtig geconcludeerd worden dat in droge periodes de voorspanning meer daalt dan in natte periodes (zichtbaar bij A472 en A276).

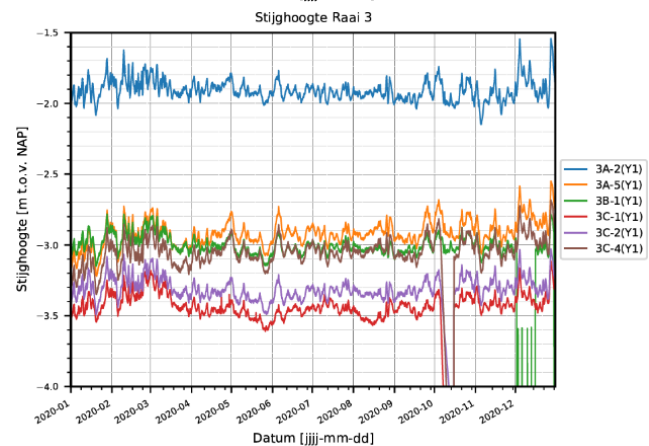
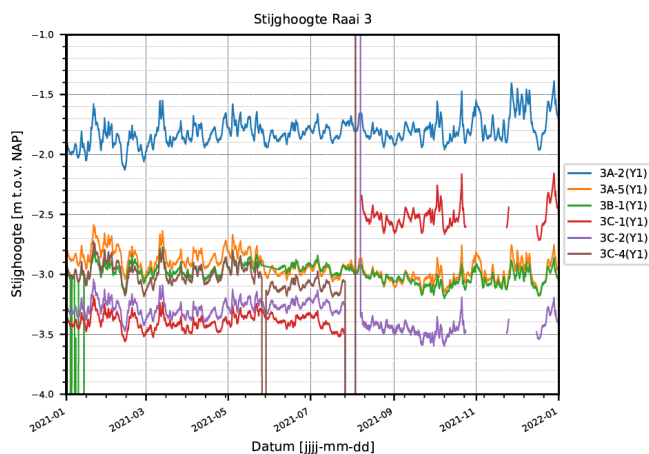
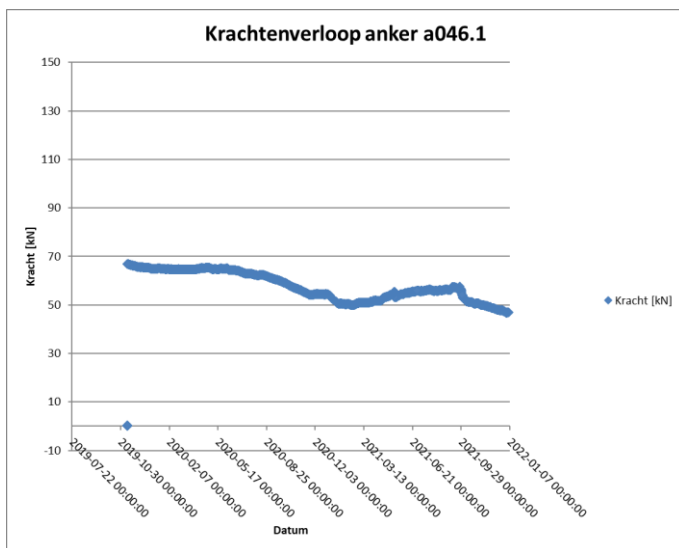


Figuur 5-1: Krachtenverloop bij ankers a280.1 en a276 en waterspanningsverloop ter hoogte van raai 2, rechtsboven data waterspanningsmeters 2021 en rechtsonder data waterspanningsmeters 2020

⁴ Raai 1 bevat vanaf eind 2020 geen data meer, de data van de waterspanningsmeters is om deze reden gelijk aan het jaar van 2020 voor raai 1. In de postdictie dienen verbanden nader onderzocht te worden.



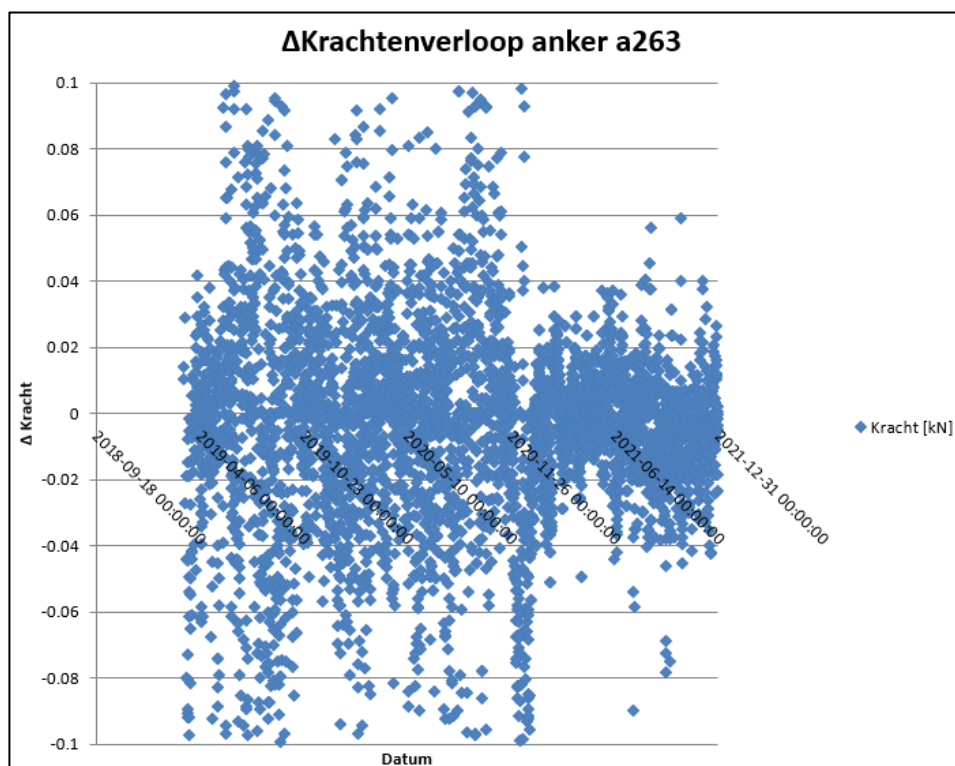
Figuur 5-2: Krachtenverloop bij anker a472 en waterspanningsverloop ter hoogte van raai 1



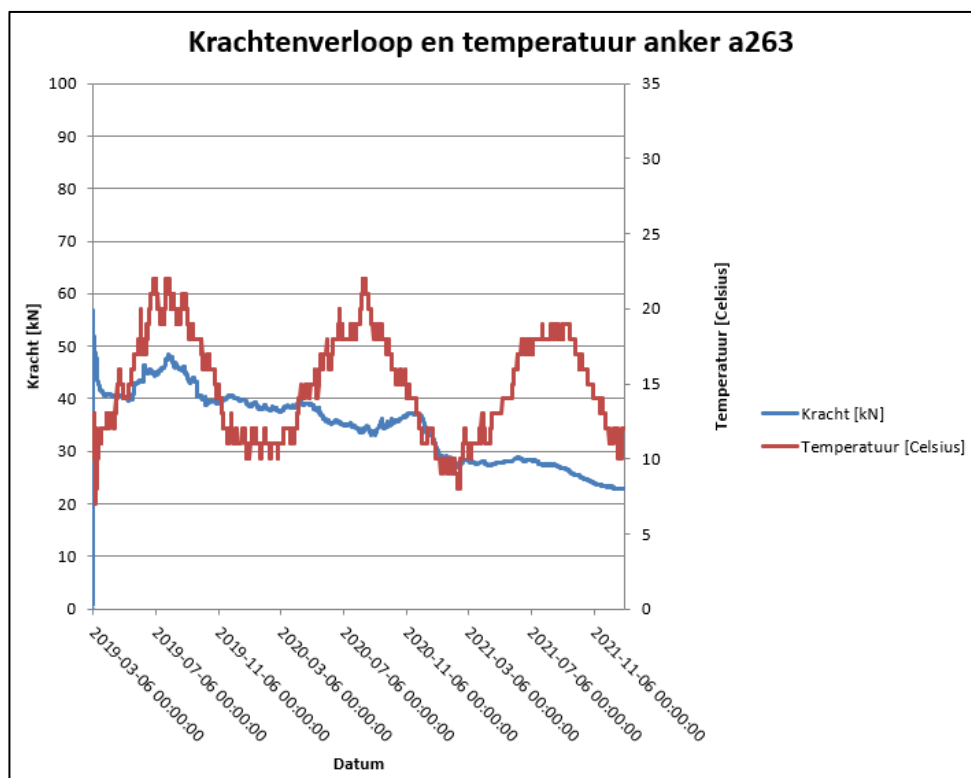
Figuur 5-3: Krachtenverloop bij anker a046.1 en waterspanningsverloop ter hoogte van raai 3, rechtsboven data waterspanningsmeters 2021 en rechtsonder data waterspanningsmeters 2020

5.6.2 Voorspanning versus temperatuur

Er is onderzocht of er een correlatie aanwezig is tussen de temperatuur en de voorspanning. Deze lijkt niet aanwezig te zijn. Als voorbeeld is anker a263 uitgelicht. In Figuur 5-4 en Figuur 5-5 is de kracht en temperatuur uitgezet over de afgelopen periode. Er is geen direct verband te zien tussen de stijging of daling van de temperatuur vergeleken met de voorspanning, ook niet ten opzichte van de delta voorspanning (de toe of afname per meetmoment). Het is nog steeds mogelijk dat er een verband is, maar dat dit verband niet zichtbaar is doordat andere invloeden (bodemgesteldheid, neerslag, grondwaterstand) een significant groter effect hebben.



Figuur 5-4: Delta kracht versus datum



Figuur 5-5: Kracht en temperatuur versus datum

5.6.3 Voorlopige bevindingen

Op basis van de beschikbare gegevens is de volgende voorlopige conclusie opgesteld.

- Het overgrote deel, 74% van de online stabilisatoren, heeft nog een voorspanning binnen het vooraf opgegeven ondergrens (30kN) en de bovengrens (70kN).
- De afname is circa 15% à 17% ten opzichte van de initiële voorspanning.
- In de huidige analyse is de spanning op 1 januari 2021 vergeleken met de spanning op 31 januari 2021, hierin is een afname van 6,2 a 7,5% voorspeld. Uit Figuur 4-21 volgt dat 11% een afname heeft rondom de voorspelde waarde (5% tot 10% afname). 21% heeft een kleinere afname dan voorspeld (0 tot 5%) en 42% heeft een kleine toename in 2021.
- 19% heeft een grotere afname dan gemiddeld voorspeld. De verwachting is dat dit deels te wijten is aan de configuratie tijdens het aanbrengen. De predictie is opgesteld uitgaande van een directe aansluiting van de kopplaat op het LDE element. Tijdens de realisatie is steeds circa 2 tot 5 cm ruimte tussen de kopplaat en het LDE gebleven, door toedoen van de stijve grond. Daardoor heeft de kopplaat aan het begin minder weerstand tegen kruip, want er is nog geen funderende werking van het LDE. Dit resulteert in een versnelde terugloop van de voorspanning van circa 5 tot 15 kN (veerstijfheid van de trekstang van circa 0,5 tot 0,25 kN/mm).
- Er zijn geen stabilisatoren die een grotere afname hebben dan in de gevoeligheidsberekeningen is beschouwd. (1^e keer naspannen na 1 á 8 jaar).

In de postdictie wordt de data nader geanalyseerd om ook deze effecten te kwantificeren. De verwachting is dat de spanningsafname na de eerste keer naspannen significant kleiner is dan in het eerste jaar, door de funderende werking van het LDE element.

6 Financiële verantwoording

In bijlage 4 is de verantwoording van de uitgaven ten opzichte van de initiële begroting weergegeven. Daarbij is specifiek toegelicht welke werkzaamheden zoals begroot zijn uitgevoerd, welke werkzaamheden meer/minder geld hebben gekost en welke onvoorziene werkzaamheden zijn uitgevoerd. Daar waar relevant is de verwijzing opgenomen naar de betreffende paragraaf in dit rapport. Een uitgebreid overzicht is opgenomen in bijlage 4.

In 2021 zijn de meeste werkzaamheden uitgevoerd zoals gepland. Er zijn minder veldinspecties uitgevoerd dan oorspronkelijk gepland (1 i.p.v. 2). Er zijn geen naspanwerkzaamheden uitgevoerd, zoals in 2020 het geval was. De naspanwerkzaamheden zijn vanwege langere levertijden van de nieuwe nodes gepland in maart/april 2022.

7 Advies en werkstappen 2022

Op basis van het monitoringsplan is vanaf het monitoringsjaar 2021 in dit hoofdstuk advies voorzien. Op basis van het uitgevoerde onderzoek wordt advies opgenomen ten behoeve van de monitoring van de er op volgende jaren.

7.1 Werkplan 2022

Op basis van de monitoring is het werkplan voor het komende jaar bijgesteld [3].

7.2 Algemeen advies aanvulling te ondernemen werkstappen

Op basis van het tot nu toe uitgevoerde onderzoek zijn de volgende acties opgemerkt:

- In jaarrapportage 2021 toetsen hypothese ‘het hoogteverschil (stijging) van de waterkering is veroorzaakt door de herprofilering van het dijklichaam tijdens de realisatie in 2018/2019’.
 - In 2021 is de ingemeten hoogte iets hoger dan het jaar ervoor. Dit aspect dient nader gemonitord te worden met de nieuwe gegevens in 2022.
- Voor de SAAF metingen worden de volgende acties geadviseerd:
 - Het advies is om de metingen periodiek door te zetten, waarbij voor deformatie op hoofdlijnen één maal per jaar voldoende is. Het advies is om dit in hetzelfde seizoen uit te voeren, bij voorkeur met een gelijke hoeveelheid neerslag.
 - Daarnaast is het advies om de lengte van de SAAF die in het LDE gaat in te meten. Dit maakt eventuele analyse eenvoudiger.
- Kwel: Het advies is om in 2022 specifiek te monitoren op kwel ten tijde van hoge grondwaterstanden en tijdens de werkzaamheden om de nodes (die offline zijn) weer online te krijgen. Op basis van de veldinspecties kan in de jaarrapportage van 2022 mogelijk een definitieve conclusie getrokken worden bij onderzoeksvraag 7.
- Waterspanningsmetingen: Er zijn wiggles aanwezig in de metingen van raai 2. Het patroon is niet verklaarbaar door regen of verdamping of een andere reden. Het kan zijn dat de waterspanningsmeters onbetrouwbaar zijn, echter misschien klopt de ‘rode’ lijn wel van de metingen buiten de wiggles. Het wordt geadviseerd om dit te blijven monitoren. Tevens wordt geadviseerd om een nieuwe waterspanningsmeter te plaatsen om te verifiëren of de wiggles nog steeds aanwezig zijn. Het lijkt erop dat het onwaarschijnlijk is dat de wiggles realistische waardes zijn, omdat het effect niet in alle waterspanningsmetingen terug te vinden is van raai 2.
- De voorspanning van 30 stabilisatoren is lager dan de ondergrens. In het oorspronkelijke beheer en onderhoudsplan is beschreven dat er direct actie ondernomen moet worden wanneer enkele stabilisatoren onder de ondergrens zakken. Doormiddel van voortschrijdend inzicht is in de loop van 2020 vastgesteld dat dit niet doelmatig is. Het is doelmatiger om de gemiddelde voorspanning over een traject van 1 glijvlak (30 m) te analyseren en op basis daarvan het beheer in te plannen. Deze analyse is toegevoegd aan het monitoringsplatform. Aan het eind van de monitoringsperiode moet dit eveneens opgenomen worden in de update van het beheer en monitoringsplan.
- Voor de proef in Purmerend zijn de volgende stappen in de postdictie gepland om de proef te voltooien.
 - Vergelijking configuratie volledige JLD-Dijkstabilisator met een JLD-Dijkstabilisator zonder LDE in relatie tot het verloop van de voorspanning ten behoeve onderzoeksvraag 13;

- Controle predictie verloop voorspanning over tijd; door een postdictie uit te voeren kan voor toekomstige projectie het verloop van de voorspanning nog nauwkeuriger worden bepaald.

7.3 Nastel en herstel werkzaamheden

Naar aanleiding van de waarnemingen is het hoofddoel van de werkzaamheden tweeledig. Let op: de genoemde aantallen zijn een momentopname van medio 2021. Net voor aanvang van de herstelwerkzaamheden (Q2 2022) worden de aantallen geactualiseerd.

1. Online brengen van 409 nodes door deze handmatig te voorzien van de nieuwe software.
2. Naspennen van de stabilisatoren met een te lage voorspanning (aantallen worden geactualiseerd net voor aanvang van de werkzaamheden).
 - a. 39 stabilisatoren met een voorspanning onder de grenswaarde (<30 kN)
 - b. 20 stabilisatoren met een voorspanning onder de signaalwaarde (tussen 30 kN en 35 kN)

Onderstaand staat beknopt de achtergrond beschreven.

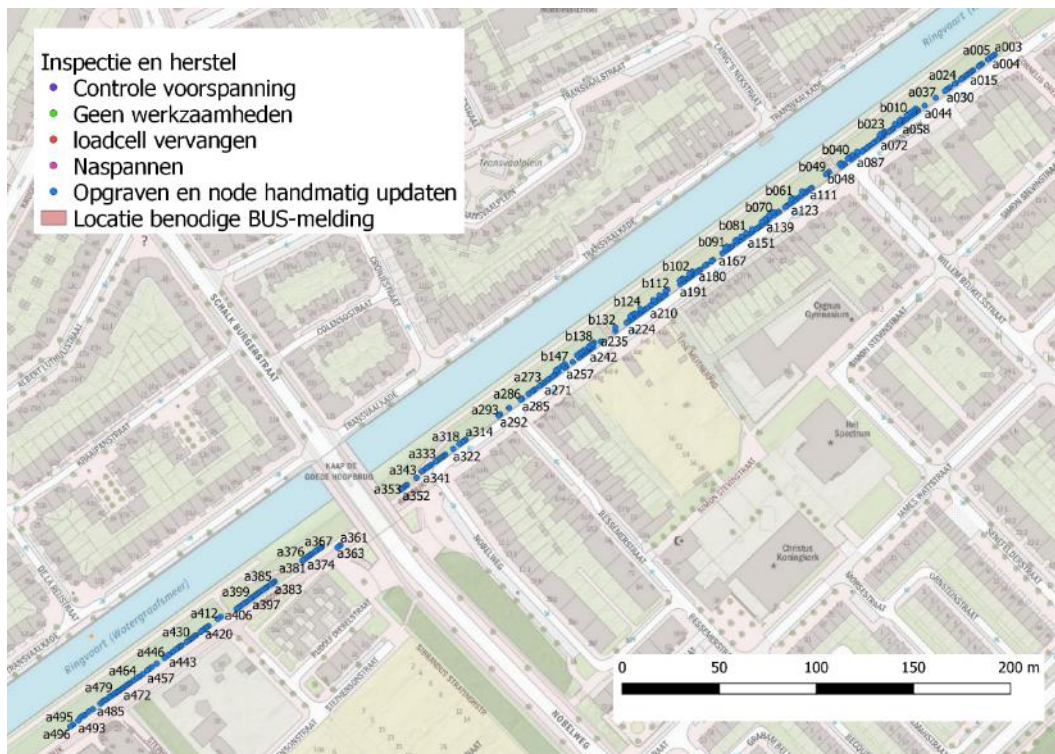
7.3.1 Online brengen van de nodes

Kennis van de voorspanning in de JLD-Dijkstabilisator is een belangrijk onderdeel van het systeem. De voorspanning fluctueert in de tijd. Onder invloed van kruip neemt de voorspanning in de tijd af. Door zwel en krimp van het dijklichaam als gevolg van seizoensinvloeden kan de voorspanning toe- of afnemen. Om meer inzicht in het verloop van de voorspanning te krijgen, zoals beschreven in het nastel- en monitoringsplan, is het nodig om elk jaar de voorspanning van alle stabilisatoren te analyseren.

Tijdens de realisatie is de monitoring van alle stabilisatoren getest, 21 maart 2019 verzond 87% van de stabilisatoren de gegevens. 10 april zond er na een storing in de IoT-service slechts 10% procent van de nodes een signaal. Vervolgens zijn diverse acties ondernomen om ervoor zorg te dragen dat het percentage communicerende nodes toe zou nemen. Tot medio 2020 heeft dit deels positieve resultaten opgeleverd, 40% van de sensoren verzendt zijn data 4 maal per dag (statusupdate april).

Om te bepalen wat er nodig is om alle stabilisatoren online te krijgen is in oktober en november van 2020 een inspectie uitgevoerd bij 62 stabilisatoren. Tijdens deze inspectie is ervoor gezorgd dat de geïnspecteerde nodes weer online zijn gekomen. Het probleempunt bleek een eerdere versie van de software op de nodes, waardoor deze na een storing niet meer zelfstandig online konden komen. De nieuwe versie van de software heeft een vangnet, waardoor dit probleem wordt ondervangen. De volledige beschrijving van dit onderzoek is opgenomen in [12].

Op het moment van schrijven (Q4 2021) zijn er 409 nodes die offline zijn (zie Figuur 7-1), en die nog niet zijn voorzien van de nieuwe versie van de software. Tijdens de volgende inspectie/herstelwerkzaamheden (maart/april 2022) worden ook enkele andere aspecten van het systeem geoptimaliseerd, zo worden enkele defecte loadcellen vervangen en worden de stabilisatoren (waar relevant) nagespannen.



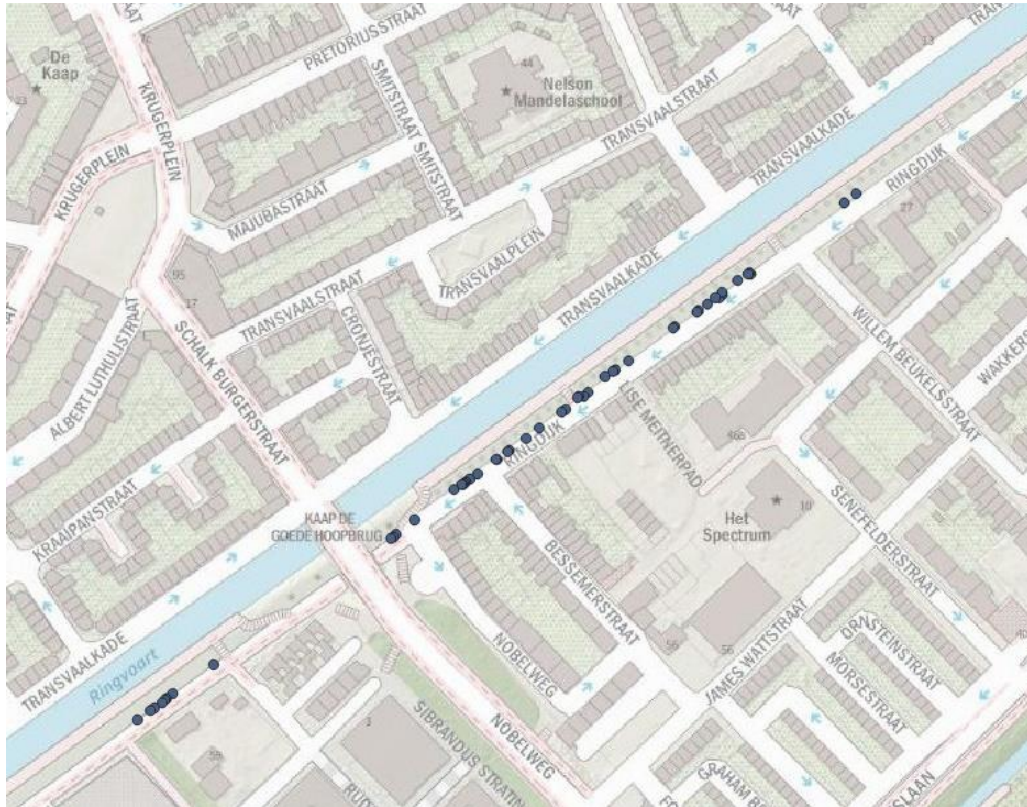
Figuur 7-1 Overzicht Stabilisatoren welke offline zijn, waarbij een handmatige update benodigd is.

7.3.2 Naspannen

De voorspanning in de JLD-Dijkstabilisatoren is belangrijk voor een goede werking van het systeem. De voorspanning zorgt voor dat er altijd actief kracht wordt toegevoegd aan de dijk. Daardoor zorgt het systeem er voor dat er, ook zonder vervorming van de dijk, voldoende weerstand is tegen instabiliteit van het binnentalud.

Het systeem is gekalibreerd met een voorspanning van 30 kN – 70 kN. In de loop van de tijd verandert deze voorspanning. Er kan toename optreden door bijvoorbeeld zwel of toenemende belasting, en afname treedt op doordat de grond onderhevig is aan krimp, of zetting door de toegevoegde belasting. Wanneer de gemiddelde voorspanning binnen de lengte van 1 glijvlak (30 m) onder de 30 kN komt moet het systeem nagespannen worden. Bij het ontwerp [13] is een predictie opgesteld van het moment van naspannen. Hieruit volgt dat de eerste keer naspannen benodigd is na 1 tot 5 jaar.

Uit de monitoringsgegevens volgt dat er op dit moment 30 stabilisatoren zijn die een voorspanning hebben van minder dan 30 kN (onder de grenswaarde). Conform het beheerplan dienen deze stabilisatoren nu nagespannen te worden. Daarnaast zijn er 20 stabilisatoren waarvan de voorspanning lager is dan de signaalwaarde van 35 kN (en hoger dan de ondergrens van 30 kN). Conform het beheerplan dienen deze stabilisatoren ook nagespannen te worden.



Figuur 7-2 Overzicht stabilisatoren welke nagespannen moeten worden (van de online nodes)

7.3.3 Meekoppelkansen

Om de 2 hoofddoelen te bereiken dienen er werkzaamheden uitgevoerd te worden aan de Ringdijk te Watergraafsmeer. Deze werkzaamheden brengen een aantal meekoppelkansen met zich mee, waardoor werk in de toekomst wordt bespaard, óf meer en sneller inzicht wordt verkregen in de openstaande onderzoeksvragen.

7.3.3.1 Preventief naspannen

Er zijn 24 stabilisatoren waarvan de voorspanning zich tussen de 35 kN en de 40 kN bevindt. Dit betekent dat de kans aanwezig is dat de voorspanning in deze stabilisatoren mogelijk binnen enkele maanden tot een jaar zakt tot onder de signaalwaarde. Om te voorkomen dat er binnen 1 jaar wederom naspanwerkzaamheden benodigd zijn, wordt het naspannen van deze 24 stabilisatoren als een meekoppelkans gezien.

7.3.3.2 Vervangen loadcel

Er zijn 15 stabilisatoren welke een voorspanning vertonen die onrealistisch is (lager dan 0 kN of hoger dan 100 kN). Tijdens de inspectie van 2020 [12] is gebleken dat dit kan komen door óf een defecte loadcell óf een defect in de bekabeling van de verbinding tussen de loadcell en de node. Binnen het nastel en monitoringsplan is voorzien dat dit defect incidenteel kan optreden. Het vervangen van deze loadcellen wordt als een meekoppelkans gezien. Deze beheeractie zorgt voor een meer complete dataset ten behoeve van de postdictie.

7.4 Postdictie

Onderstaand zijn de werkstappen t.b.v. de postdictie overgenomen uit het werkplan 2022 [3].

7.4.1 Voorspelling krachtverloop

De JLD-Dijkstabilisator is een actief dijkversterkingssysteem. Bij het installeren van de JLD-Dijkstabilisator is het systeem onder voorspanning gezet. Deze voorspanning leidt tot een verhoging van de spanningen in de grond. Als gevolg van deze spanningsverhoging treedt er lokale zetting op. Het krimpen en zetten van de grond heeft een negatieve werking op de voorspanning. Wanneer de grond zwelt of deformeert bij hogere belastingen, dan neemt de voorspanning toe. Dus afhankelijk van het gedrag van de grond verandert de voorspanning in de tijd.

Het systeem is ontworpen met een voorspanning binnen een bepaalde range, in de Watergraafsmeer is dit tussen de 30 kN en de 70 kN. Zodra de gemiddelde voorspanning (over een lengte van 1 glijvlak) onder de 30 kN komt dient het systeem nagespannen te worden. Het is voor de beheerder belangrijk om te weten wanneer en hoe vaak dit nodig is gedurende de levensduur van het systeem. Daarom is het belangrijk om inzicht te hebben in het verloop van de voorspanning.

Om het verloop van de voorspanning inzichtelijk te maken is eerst een predictie van de voorspanning opgesteld [14]. Na het uitvoeren van de predictie is de dijkversterking gerealiseerd en wordt deze (automatisch) dagelijks gemonitord. Om het verloop van de voorspanning te verifiëren en de ontwerpstappen te optimaliseren is een postdictie voorzien. Het uitvoeren van de postdictie is daarnaast een onderdeel om de werking van de techniek te bewijzen.

De postdictie betreft de verificatie van de predicties die gebruikt zijn voor het beantwoorden van de onderzoeksvragen. In Tabel 7-1 is een overzicht weergegeven van de te monitoren parameters en de koppeling met de onderzoeksvragen die ingaan op de effectiviteit van de JLD-Dijkstabilisator als versterkingsmethode.

Tabel 7-1: Overzicht koppeling te monitoren parameters met de onderzoeksvragen

Parameter	Onderzoeksvragen (OV)							Fase life cycle monitoring	
	OV1	OV5	OV7	OV8	OV9	OV11	OV13	Uitvoering	Beheer
Veldinspecties	X	X	X	X	X	X	X		X
Deformatie JLD-Dijkstabilisator.	X	X		X				X	X
Deformatie kruin (maaiveld)	X	X		X				X	X
Deformatie kopplaat	X	X		X				X	X
Beplanting	X				X			X	X
Piping	X		X			X		X	X

Voorspanning	X						X	X	X
Neerslag	X	X	X	X		X	X		X
Materiaal degradatie	X	X	X	X	X	X	X		X
Waterspanningen	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Doel postdictie:

Het hoofddoel van de postdictie is het verifiëren en eventueel bijstellen van de modellering van het systeem en de voorspelling van het toekomstige spanningsverloop. Dit bestaat onder andere uit de volgende stappen:

- Aanscherpen predictie verloop voorspanning in PLAXIS;
- Beheerder inzicht geven in te verwachten beheerinspanning en de te verwachten naspanmomenten;
- Passend rekenmodel met bijhorende parameters;
- Zettingssnelheid ten gevolge van voorspanning;
- Gevoeligheid van berekeningen voor verschillende zettingsmodellen;
- Impact seizoenseffecten;
- IJken zakkingsgedrag a.d.h.v. gemeten vervorming;
- Effect van naspannen op het verloop van de nagespannen stabilisator.
- Effect van naspannen op het verloop van de aangrenzende (niet nagespannen) stabilisatoren.
- Verklaren van bijzonderheden.
- Effect van wateronttrekking door de bomen.
- Onvoorzien: er wordt rekening gehouden met een beknopte analyse van 'onverwachte vondsten' in de data.

7.4.2 Benodigde data postdictie

Om een postdictie uit te kunnen voeren wordt gebruik gemaakt van de verzamelde data. Onderstaand zijn de verschillende parameters en de beschikbaarheid van de data benoemd.

Onderdeel	Beschikbare meetdata
Verloop voorspanning <u>zonder</u> naspannen	Circa 90% van de stabilisatoren, 2 jaar* Waarvan circa 50 % 4 jaar*
Verloop voorspanning <u>en 1 keer</u> naspannen	Circa 60 stabilisatoren 2 jaar meetdata (inspectiewerkzaamheden eind) 2020 Inschatting circa 50% van alles stabilisatoren 9 maanden meetdata (herstelwerkzaamheden begin Q2 2022)
Vervormingsmeting maaiveld en kopplaten (1 maal per jaar)	5 maal deformatiemetingen van 5 dwarsprofielen 5 maal deformatiemeting van de kruinhoogte 5 maal deformatiemeting van 5 holle LDE's d.m.v. een SAAF 5 maal deformatiemeting van 7 kopplaten
Neerslag	Dagelijkse meting t.p.v. Schiphol (15 km afstand)

Onderdeel	Beschikbare meetdata
Grondwater/stijghoogte	Dagelijkse meting t.p.v. 3 meetraaien
seizoenseffecten	Minstens 1 nat najaar (2020) en 2 droge zomers (2019 en 2020)

* Afhankelijk van het resultaat van de herstelactie in Q1/Q2 2022. Als blijkt dat er meetdata verloren is gegaan bij de nodes die nu offline zijn (zie paragraaf 2.3.2) dan heeft dat invloed op de weergegeven percentages

7.4.3 Werkstappen postdictie

Onderstaand zijn de benodigde werkstappen op hoofdlijnen weergegeven.

Een belangrijke factor in de planning van de postdictie is het analyseren van de resultaten van de herstelactie. Er zijn twee scenario's denkbaar:

- Uit de herstelactie volgt dat de data van de offline nodes voor 75% tot 100% beschikbaar komt na het online brengen van de nodes. Er zijn dan ruim voldoende data beschikbaar om de postdictie in Q1 aan te vangen.
- Uit de herstelactie volgt dat er veel minder dan 75% van de data beschikbaar komt na de herstelactie. In deze situatie dient de beschikbare data beschouwd worden om te bepalen of het haalbaar is de postdictie in januari 2023 te starten, of dat er meer meetdata benodigd is.

Het resultaat van deze werkstap wordt besproken met de technische commissie en resulteert in een Go/ No go in Q2 van 2022 voor het starten met de postdictie in januari 2023.

De tweede belangrijke stap in 2022 is de controle van het verloop van de voorspanning van de nagespannen stabilisatoren in 2022 Q3. De achtergrond van het belang is hieronder puntsgewijs opgenomen.

- Het verloop van de voorspanning bestaat uit stijging door zwel van de dijk, en uit daling door het samendrukken van de slappere lagen door toedoen van de voorspanning.
- Het samendrukken, de zetting van de grond onder de kopplaat, bestaat uit een primaire zetting en een secundaire zetting.
- De mate van primaire zetting en secundaire zetting hebben een grote invloed op de afname van de voorspanning.
- Omgekeerd vertelt de afname van de voorspanning iets over de primaire en secundaire zetting.
- Een belangrijk aspect van de postdictie omvat het ijken van het zettingsgedrag, daartoe moet het zettingsgedrag na het naspannen voldoende in beeld zijn. Dat wil zeggen, de afnamesnelheid van de voorspanning moet voor zowel de primaire als de secundaire zetting geïjkt kunnen worden.
- De stabilisatoren die in Q4 2020 zijn nagespannen laten zien dat de primaire zetting na het naspannen niet of nauwelijks aanwezig is. Dat betekent dat naar verwachting enkel de secundaire zettingssnelheid bepaald moet worden in de postdictie.
- Om deze aanname te verifiëren wordt er in Q3 van 2022 een controle uitgevoerd. Het resultaat van de controle wordt voorgelegd aan de technische commissie. Er zijn twee scenario's mogelijk:
 - o Als er enkel secundaire zetting optreedt dan is de meetdata vanaf herstel (maart-mei 2022) tot januari 2023 afdoende om de postdictie op te stellen. In deze periode is het effect van zowel droogte/warmte (zomer) als het effect van neerslag (herfst en winter) waarneembaar.

- Als de primaire zetting in juli 2022 nog niet is overgegaan in de secundaire zetting, dan is het noodzakelijk om goed naar de beschikbare data te kijken om te bepalen of het zinvol is de postdictie in Q1 2023 te starten.
- Het resultaat van deze werkstap wordt besproken met de technische commissie en resulteert in een Go/ No go in Q3 van 2022 voor het starten met de postdictie in januari 2023.

Tot slot, om de kwaliteit van de postdictie te borgen wordt op geijkte momenten gebruik gemaakt van een review door een externe partij, namelijk Deltares en de leden van de technische commissie.

Tabel 7-2 Overzicht werkstappen afronding postdictie

Werkstappen postdictie	2022				2023			
	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4
Analyse reultaten herstelwerkzaamheden t.b.v. werkplan postdictie								
Go/No go bespreking TC								
Opstellen werkplan concept postdictie								
bespreken concept werkplan met technische commissie								
Controle verloop voorspanning nagespannen stabilisatoren								
Go/No go bespreking TC								
werkplan afronden								
Organisatie capaciteit 2023								
verzamelen data en opstellen 80% concept postdictie								
Review 80% concept postdictie door o.a. deltares								
Opstellen eerste advies i.r.t. PPV en PPE								
Verwerking review tot 100% concept								
Review 100% concept door TC								
Postdictie definitief								

7.5 Update onderzoeksrapportages

Het ENW heeft in 2016 advies uitgebracht over de voor de JLD-Dijkstabilisator uitgevoerde bezwijkproef en de uitwerking daarvan (advies ENW16-12). In het advies zijn destijds een aantal vragen opgesteld over deze techniek. Deze 19 onderzoeksvragen zijn in onderstaande tabel benoemd.

Bij het afronden van de realisatiefase (1^e kwartaal 2019) zijn bijna alle onderzoeksvragen reeds beantwoord. Daarbij is ook gesteld dat de monitoring naar verwachting nieuwe informatie oplevert waardoor sommige vragen nauwkeuriger beantwoord kunnen worden, met minder conservatisme. In onderstaande tabel is de status van de verschillende onderzoeksvragen weergegeven.

Tabel 7-3 Overzicht planning afronding onderzoeksvragen (groen = afgerond, blauw = gepland kwartaal voor afrondende werkzaamheden)

Nr.	Afronding onderzoeksrapportages	<2022	2022				2023						
			Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4			
1	De ontwerpbaarheid van de Dijkstabilisator gegeven de afgeleide ontwerpwijze en de daarmee te realiseren veiligheid (stabiliteit)												
2	Overstappen van referentieperiode van 10 jaar naar jaarkans in veiligheidsfilosofie	■											
3	Bezwijken talud boven de kopplaat meenemen in faalkansverdeling	■											
4	Interactie kracht (schuifkracht langs het LDE element) in venige grond;	■											
5	Stabiliteit/sterkte grond onder de kopplaat meenemen in ontwerp									■	■		
6	Groepseffect wanneer ankers vanuit ontwerpbehoefte dichter op elkaar moeten worden geplaatst;	■											
7	Pipingrisico langs het anker (door het inbrengen van het anker met de voorloper) in andere dan zuiver kleiige gronden				■	■							
8	Effect doorgaande kruindaling en grondvervorming op ankers.									■	■		
9	Effect bestaande beplanting op JLD ankers												
10	Inpasbaarheid in verband met aanwezigheid palen keermuur	■											
11	Aanwezige wateroverspanning in relatie tot pipingrisico en uitvoerbaarheid				■	■							
12	Opstellen beoordelingsmethode incl. te monitoren parameters gedurende levensduur	■											
13	Mate waarin de voorspanning over langere tijd aanwezig blijft bij een samendrukbare dijk;									■	■	■	
14	Inbrengwijze in een stedelijk gebied, (ruimtebeslag stelling, bomen etc.)	■											
15	Trillingen tijdens het inbrengen;	■											
16	Grondverdringing tijdens het inbrengen (deformaties dijk en panden).	■											
17	Inzicht in kosten over de levensduur (TCO)										■	■	
18	Welke consequenties op engineering en uitvoerbaarheid heeft de relatief diepe ligging van de pleistocene zandondergrond waarin de verankering moet worden geplaatst	■											
19	Wat zijn de beheerconsequenties?					■	■	■	■	■	■	■	■

7.6 Eindrapportage

In 2023 worden de ervaringen en resultaten van het pilotproject gebundeld in een eindrapportage. Daartoe wordt in 2022 de inhoudsopgave en de aanpak van de eindrapportage in samenspraak met de BC/TC vastgesteld. In onderstaande tabel zijn de werkstappen op hoofdlijnen weergegeven.

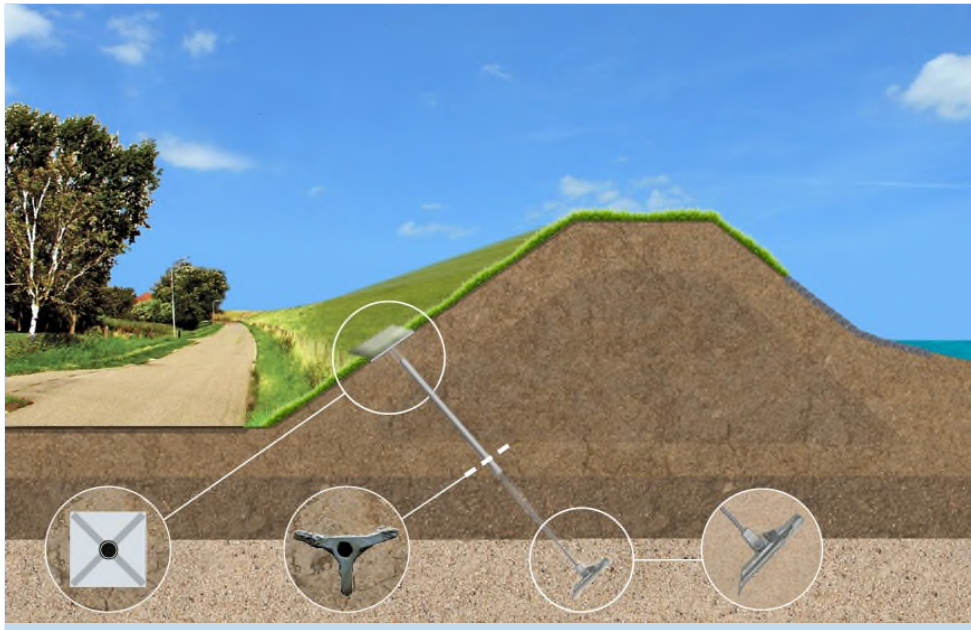
Tabel 7-4 Overzicht werkstappen eindrapportage

	Eindrapportage	2022				2023			
		Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4
	Opstellen inhoudsopgave en aanpak eindrapportage								
	Bespreking inhoudsopgave en aanpak met TC/BC								
	Bespreking inhoudsopgave en aanpak met stuurgroep								
	Opstellen eindrapportage								
	Interviews en werksessies								
	input vanuit postdictie, beheerplan en onderzoeksrapportages opnemen								
	eindrapportage definitief								
	Indienen eindrapportage incl onderliggende stukken bij ENW								
	Presentatie pilotproject bij ENW								

8 Bibliografie

- [1] ENW, *Vernagelingstechnieken in Waterkeringen - Geaccepteerd*, 2019, juli, 26.
- [2] Antea Group, „Pilot JLD-Dijkstabilisator Watergraafsmeer - monitoring en nastel plan beheerfase pilot Watergraafsmeer en Purmerend,” Capelle a/d IJssel, 24-09-2019.
- [3] Antea Group, „Pilot JLD-Dijkstabilisator Watergraafsmeer - Werkplan 2022 nastel- en monitoringsfase pilot Watergraafsmeer,” 2021.
- [4] Antea Group, „Feitenrapportage 2021 Q1 - JLD-Dijkstabilisator Watergraafsmeer en Purmerend,” 07-2021.
- [5] Antea Group, „Feitenrapportage 2021 Q2 - JLD-Dijkstabilisator Watergraafsmeer en Purmerend,” 11-2021.
- [6] Antea Group, „Feitenrapportage 2021 Q3 - JLD-Dijkstabilisator Watergraafsmeer en Purmerend,” 12-2021.
- [7] Antea group, „Pilot JLD-Dijkstabilisator Watergraafsmeer - Werkplan 2021 nastel- en monitoringsfase pilot - rev01,” 11-2020.
- [8] Antea Group, „Interactieproef Purmerend 2018-2020 JLD-Dijkstabilisator - overzicht data voor nadere analyse,” 02-12-2020.
- [9] Antea Group, „Monitoringsrapportage 2020 - Watergraafsmeer - JLD-Dijkstabilisator,” 05-05-2021.
- [10] Antea Group, „Beheer- en onderhoudsplan JLD-Dijkstabilisator Ringdijk Watergraafsmeer revisie 05,” 27-5-2019.
- [11] Antea Group, „Inspectie en herstel - JLD-Dijkstabilisator Watergraafsmeer - concept,” 01-2021.
- [12] Antea group, „Inspectie 62 nodes - JLD-Dijkstabilisator Watergraafsmeer,” 2021.
- [13] Antea Group, „JLD-Dijkstabilisator Watergraafsmeer, As-built ontwerp,” 2019.
- [14] Antea Group, „VR13 Verloop voorspanning JLD-Dijkstabilisator V02,” 2019.
- [15] Antea Group, „Pilot JLD-Dijkstabilisator Watergraafsmeer - Onderzoeksvragen 7 en 11: Piping en kwel,” 03-2019.
- [16] Antea Group, „Pilot JLD-Dijkstabilisator Watergraafsmeer, onderzoeksvraag 15: evaluatie trillingen,” maart 2019.
- [17] Antea Group, „Pilot JLD-Dijkstabilisator Watergraafsmeer - Onderzoeksvraag 16 - Grondverdringing tijden het inbrengen,” 03-2019.
- [18] Antea Group, *pilot JLD-Dijkstabilisator Watergraafsmeer - Onderzoeksvraag 9 - beplanting*, 2019.
- [19] Antea Group, „Pilot JLD-Dijkstabilisator Watergraafsmeer - Werkplan 2021 nastel- en monitoringsfase,” 11-2020.

Bijlage 1: Dwarsprofielen Watergraafsmeer



Monitoringsrapportage deformatie maaiveld en kopplaten

Watergraafsmeer - JLD-Dijkstabilisator
2e herhalingsmeting maart 2020

projectnummer 413509
definitief
15 juli 2021

Monitoringsrapportage deformatie maaiveld en kopplaten

Watergraafsmeer - JLD-Dijkstabilisator

2e herhalingsmeting maart 2020

projectnummer 413509.101

definitief
3 Mei 2021

Auteurs

G. Dantuma
J. Sikken

Opdrachtgever

Waternet
Postbus 94370
1090 GJ Amsterdam

Monitoringsrapportage deformatie maaiveld en kopplaten

Watergraafsmeer - JLD-Dijkstabilisator

2e herhalingsmeting maart 20201

Projectnummer JLD Contracting: 2016001
projectnummer Antea Group: 413509

definitief
3 Mei 2021

Auteurs

G. Dantuma
J. Sikken

Inhoudsopgave

Blz.

1	Inleiding	2
1.1	Achtergrond feitenrapportage	2
1.2	Doel feitenrapportage	3
1.3	JLD-Dijkstabilisator en de invloed op de omgeving	3
1.4	Locaties monitoring	4
1.5	Leeswijzer	5
2	Meetmethode	6
2.1	Meetinstrumentarium, meetnauwkeurigheid en meetmethodiek	6
2.2	Meetinstrumentarium en Meetnauwkeurigheid verplaatsing kopplaat	6
2.3	Meetnauwkeurigheid Lengteprofiel	7
3	Meetresultaten	8
3.1	Meetlocaties	8
3.2	Raai 1	8
3.3	Raai 2	9
3.4	Raai 3	10
3.5	Raai 4	11
3.6	Raai 5	12
3.7	Raai 6	13
3.8	Raai 7	14
3.9	Vergelijking profielen	15
4	Conclusie en advies	16
4.1	Conclusie	16
4.2	Advies	16

Bijlage 1 Profielmetingen

1 Inleiding

1.1 Achtergrond feitenrapportage

De JLD-Dijkstabilisator is een innovatieve dijkversterkingsmethode. Voor de ontwerpbaarheid en bewijsbaarheid van deze methode is een pilotproject met praktijkproeven opgezet. De resultaten hiervan hebben als doel (door)ontwikkeling van deze innovatie en het leveren van afdoende onderbouwing voor een positief advies van het Expertise Netwerk Waterveiligheid (ENW)-voor het toepassen van de JLD-Dijkstabilisator. Inmiddels heeft het ENW positief geadviseerd op het kunnen toepassen van de JLD-Dijkstabilisator in dijkversterkingen (ENW, 2019, juli, 26).

In samenwerking met Waterschap Amstel, Gooi en Vecht is besloten een pilotproject uit te voeren. Als pilotproject is gekozen de versterking van de Ringdijk te Watergraafsmeer in Amsterdam. Daarbij is een team van Waternet, JLD, Antea Group en Deltares betrokken. Tevens is een locatie in Purmerend aangewezen als een proeflocatie.

Parallel aan het pilotproject in Watergraafsmeer zijn door Expertise Netwerk Waterveiligheid (ENW) voor de doorontwikkeling van de JLD-Dijkstabilisator negentien onderzoeksvragen opgesteld. Een deel van deze vragen is beantwoord tijdens de uitvoering van het pilot project. Voor de verdieping van een aantal onderzoeksvragen is het ook nodig om tijdens de beheerfase te monitoren hoe de JLD-Dijkstabilisator zich gedraagt. Hiertoe monitoren we gedurende 5 jaar de met de JLD-Dijkstabilisator versterkte kade.

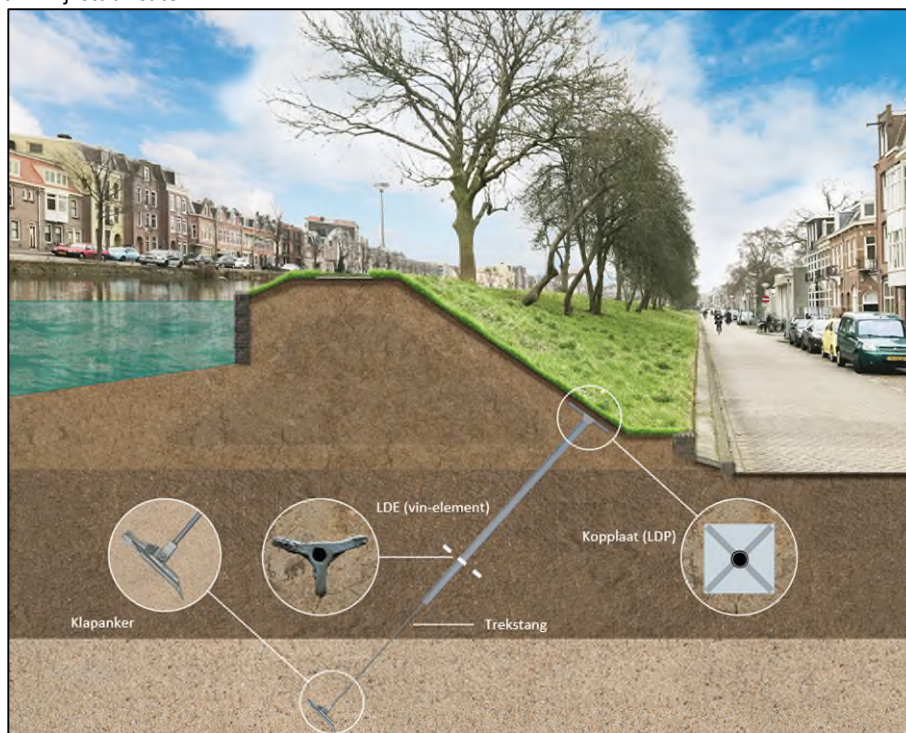
Voor oplevering is een monitoringsplan opgesteld. Dit beschrijft de te monitoren parameters voor de beheerperiode van vijf jaar van het pilotproject Ringdijk voor de locaties Watergraafsmeer en de proeflocatie in Purmerend. (Antea Group, 24-09-2019) De monitoring van de dijkversterking richt zich op:

- JLD-Dijkstabilisator en de invloed op de omgeving;
- verzamelen parameters voor de onderzoeksvragen.

Gedurende de nastelperiode van vijf jaar wordt elk jaar een werkplan opgesteld voor de uit te voeren monitoring van de kade met de JLD-Dijkstabilisator. In het werkplan is beschreven wat voor monitoring wordt uitgevoerd en waarvoor de monitoring benodigd is. Door middel van het werkplan verkrijgt men inzicht in de aan te vragen subsidie bij het Hoogwaterbeschermingsprogramma (HWBP). Het tweede werkplan voor het jaar 2021 opgesteld en in uitvoering.

De voorliggende jaarrapportage gaat in op de monitoring van twee onderdelen, namelijk 1) de herhalingsmeting van de deformatie van de kade en 2) de 0-meting van de deformatie van de kopplaten.

JLD Dijkstabilisator



De JLD-Dijkstabilisator bestaat uit een LDE (vin-element), klapanker, trekstang, kopplaatbout en kopplaat. Het klapanker kan tot in een diepe zandlaag geplaatst worden, waardoor de JLD-Dijkstabilisator kracht ontleent aan verschillende grondlagen. Door het aanbrengen van de voorspanning op de kopplaat wordt het maaiveld onder spanning gezet, terwijl de JLD-Dijkstabilisator via de trekstang en het klapanker kracht ontleent aan de diepe ondergrond. De kopplaat speelt een essentiële rol in de overbrenging van de krachten naar de ondergrond. Het voordeel van de JLD-Dijkstabilisator is dat dit een actief systeem betreft dat geen vervorming van de dijk nodig heeft voordat het in werking treedt.

1.2 Doel feitenrapportage

Het doel van de voorliggende feitenrapportage is het presenteren van de feitelijke meetgegevens met betrekking tot de deformatie van het maaiveld en 5 kopplaten. Deze rapportage, dient samen met de volgende feitenrapportage aan het eind van de monitoringsperiode (5 jaar) de juiste gegevens verzameld te hebben voor de postdictie en het beantwoorden van de onderzoeksvragen.

1.3 JLD-Dijkstabilisator en de invloed op de omgeving

Het gedrag van de JLD-Dijkstabilisator dient gemonitord te worden om extra kennis te ontwikkelen. Met behulp van de gemonitorde parameters wordt de werking van het systeem verder onderbouwd en kan het systeem in de toekomst geoptimaliseerd worden. Het totale pakket van de monitoring richt zich op:

- deformaties van de JLD-Dijkstabilisator (LDE element);
- deformaties van de waterkering (maaiveld);
- deformaties van de kopplaat;
- piping;
- voorspanning JLD-Dijkstabilisator;

- materiaaldegradatie;
- waterspanningen;
- neerslag;
- beplanting.

Deze rapportage richt zich op de deformatie van het maaiveld en de kopplaten.

1.4 Locaties monitoring

Ringdijk Amsterdam

De Ringdijk ligt binnen het beheergebied van Waterschap Amstel, Gooi en Vecht. De Ringdijk is onderdeel van de regionale boezemwaterkering (A117_001) langs de Ringvaart van de Watergraafsmeer in Amsterdam. Het projectgebied ligt tussen de Wibautstraat tot de Middenweg en heeft een lengte van circa 600 meter, zie Figuur 1-1. De individuele meetpunten zijn gepresenteerd in Figuur 1-2.



Figuur 1-1: Overzichtssituatie projectlocatie



Figuur 1-2: Overzichtssituatie meetlocaties. De dwarsprofielen zijn ingemeten op locatie 1 t/m 7. De kopplaten zijn ingemeten op locatie 2 t/m 6.

1.5 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 zijn de meetresultaten gepresenteerd, gevolgd door een conclusie en advies in hoofdstuk 3.

2 Meetmethode

De volgende werkzaamheden werden voor deze deformatiemeting verricht op 22, 23 en 24 maart 2021:

- Inmeting van 5 dwarsprofielen ter plaatse van het versterkte traject
- Inmeting van 2 dwarsprofielen aan weerszijden van het versterkte traject
- Inmeting lengteprofiel kruin
- Inmeting deformatie 5 kopplaten
- Het verwerken van de meetgegevens

2.1 Meetinstrumentarium, meetnauwkeurigheid en meetmethodiek

Voor de inmeting van de dwarsprofielen is gebruik gemaakt van tachymetrie in combinatie met GPS. Hiervoor is voorafgaand aan de meting een meetbasis aangebracht bestaand uit grondslagpunten. Deze grondslagpunten dienen als uitgangspunt voor de tachymetrische opname van de dwarsprofielen en zijn gemeten met GPS van het merk Leica, type Leica System 1200. De meetnauwkeurigheid van deze apparatuur is 0.02 m.

Aansluitend zijn de dwarsprofielen ingewonnen met een tachymeter van het merk Leica, type TCRP1201+:

- | | |
|--|------------------|
| - standaardafwijking (vast) horizontale rand | : 0.0003 gon |
| - standaardafwijking (vast) verticale rand | : 0.0003 gon |
| - standaardafwijking (var.) horizontale rand | : 0.00003 gon*km |
| - standaardafwijking (var.) verticale rand | : 0.00003 gon*km |
| - standaardafwijking afstandmeting | : 1 mm + 1.5 ppm |

2.2 Meetinstrumentarium en Meetnauwkeurigheid verplaatsing kopplaat

Om de verplaatsing van de kopplaat te monitoren is de bovenkant van de mantelbuis (de pot) ingemeten. Het meetpunt is het midden van de rand van de pot.



Figuur 2-1 Foto's meetopstelling (links) en de locatie van het meetpunt, zichtbaar door het rode licht van de laser (rechts)

Voor de **XYZ-meting** is gebruik gemaakt van een tachymeter van het merk Leica, type TCRP1201+:

- standaardafwijking (vast) horizontale rand : 0.0003 gon
- standaardafwijking (vast) verticale rand : 0.0003 gon
- standaardafwijking (var.) horizontale rand : 0.00003 gon*km
- standaardafwijking (var.) verticale rand : 0.00003 gon*km
- standaardafwijking afstandmeting : 1 mm + 1.5 ppm

2.3 Meetnauwkeurigheid Lengteprofiel

Voor de inmeting van het lengteprofiel is gebruik gemaakt van tachymetrie in combinatie met GPS. Hiervoor is voorafgaand aan de meting een meetbasis aangebracht bestaand uit grondslagpunten. Deze grondslagpunten dienen als uitgangspunt voor de tachymetrische opname van het lengteprofiel en zijn gemeten met GPS van het merk Leica, type Leica System 1200. De meetnauwkeurigheid van deze apparatuur is 0.02 m.

Aansluitend is het lengteprofiel ingewonnen met een tachymeter van het merk Leica, type TCRP1201+:

- standaardafwijking (vast) horizontale rand : 0.0003 gon
- standaardafwijking (vast) verticale rand : 0.0003 gon
- standaardafwijking (var.) horizontale rand : 0.00003 gon*km
- standaardafwijking (var.) verticale rand : 0.00003 gon*km
- standaardafwijking afstandmeting : 1 mm + 1.5 ppm

3 Meetresultaten

3.1 Meetlocaties

Het betreft twee dwarsprofielen op de onversterkte dijk zonder JLD-Dijkstabilisator, één aan weerszijde van het projectgebied en 5 dwarsprofielen op de versterkte dijk met JLD-Dijkstabilisator. Daarnaast is een langspandprofiel ingemeten over de gehele versterkte dijk. In Tabel 3-1 zijn de dwarsprofiel nummers weergegeven. Hieronder is per raai het gemeten profiel weergegeven. In bijlage 1 zijn de profielen op volledige grootte weergegeven.

Tabel 3-1: Overzicht ingemeten dwarsprofielen, herhalingsmeting

Raai Nr.	Versterkte / onversterkte dijk
1	Onversterkt
2	Versterkt
3	Versterkt
4	Versterkt
5	Versterkt
6	Versterkt
7	Onversterkt

3.2 Raai 1

De resultaten van het dwarsprofiel ter plaatse van raai 1 zijn weergegeven in Tabel 3-2. Hierbij is de hoogte van een aantal kenmerkende punten weergegeven. Ook in 2021 komen de meetpunten goed overeen (rekening houdend met de meet tolerantie +/- 0,01 m) met de voorgaande meting. De enige afwijking is het hoogste punt, welke is toegenomen, in dit geval met 0,05 meter. De bovenkant van het muurtje is deze keer op nagenoeg gelijke hoogte gebleven.

Tabel 3-2 Hoogte kenmerkende punten raai 1

Kenmerkend punt	Hoogte 2018 [m t.o.v. NAP]	Hoogte 2019 [m t.o.v. NAP]	Hoogte 2020 [m t.o.v. NAP]	Hoogte 2021 [m t.o.v. NAP]
Waterkant	0,02	0,02	0,02	0,03
Hoogste punt	0,28	0,26	0,28	0,33
Bovenkant muurtje langs de weg	-1,94	-1,94	-1,88	-1,87
Onderkant muurtje langs de weg	Niet gemeten	-2,35	-2,32	-2,30
As weg	Niet gemeten	Niet gemeten	-2,56	-2,55

3.3 Raai 2

In Figuur 3-1 is een overzichtsfoto van de meetlocatie getoond, in Tabel 3-3 is de hoogte en locatie van de pot getoond, in Tabel 3-4 is de hoogte van een aantal kenmerkende punten. Ook in 2021 vallen de meetpunten in binnen de meet tolerantie +- 0,01 m met de voorgaande meting. Enige afwijkende is het hoogste punt, die net als in de periode 2019-2020 een toename laat zien van 0,02 meter. Het meet punt op de as van de weg bleek een iets grotere afwijking te hebben, dit bleek vorig jaar verkeerd overgenomen te zijn uit de data. Deze waarde is aangepast van -2,84 naar -2,89 meter. Hierdoor valt ook deze waarde binnen de tolerantie.



Figuur 3-1: Overzichtsfoto locatie raai 2.

Tabel 3-3 Locatiegegevens midden wanddikte pot (hoogste punt)

Raai	Stabilisator	X-coördinaat	y-coördinaat	Z [m t.o.v. NAP] 2020	Z [m t.o.v. NAP] 2021
2	A483	123157.253	484919.487	-1,941	-1,941

Tabel 3-4 Hoogte kenmerkende punten raai 2

Kenmerkend punt	Hoogte 2018 [m t.o.v. NAP]	Hoogte 2019 [m t.o.v. NAP]	Hoogte 2020 [m t.o.v. NAP]	Hoogte 2021 [m t.o.v. NAP]
Waterkant	-0,01	0,00	0,01	0,01
Hoogste punt	0,55*	0,21	0,23	0,25
Bovenkant muurtje langs de weg	-1,86*	-2,18	-2,17	-2,17
Onderkant muurtje langs de weg	Niet gemeten	-2,61	-2,59	-2,59
As weg	Niet gemeten	Niet gemeten	-2,89	-2,88

* De in 2018 gemeten kruin en taludhoogte komen niet overeen met het AHN en de aangrenzende dwarsprofielen. De profielen gemeten in 2019 en 2020 komen wel overeen met de verwachting op basis van het AHN3 en de naastliggende dwarsprofielen.

3.4 Raai 3

In Figuur 3-2 is een overzichtsfoto van de meetlocatie getoond, in Tabel 3-5 is de hoogte en locatie van de pot getoond, in Tabel 3-6 is de hoogte van een aantal kenmerkende punten weergegeven. Ook in 2021 komen de meetpunten goed overeen met de voorgaande meting. Het midden van wanddikte pot is verplaatst van NAP -2,430 m naar NAP -2,433 m. Het hoogste punt van de kruin leek in 2020 iets omhoog gekomen te zijn. Ook in 2021 lijkt dit het geval, met een toename van NAP +0,17 m naar +0,20 m. De waterkant is weer op het gelijke niveau van 2019.



Figuur 3-2: Overzichtsfoto locatie raai 3.

Tabel 3-5 Locatiegegevens midden wanddikte pot (hoogste punt)

Raai	Stabilisator	X-coördinaat	y-coördinaat	Z [m t.o.v. NAP] 2020	Z [m t.o.v. NAP] 2021
3	A317	123341.277	485052.076	-2,433	-2,430

Tabel 3-6 Hoogte kenmerkende punten raai 3

Kenmerkend punt	Hoogte 2018 [m t.o.v. NAP]	Hoogte 2019 [m t.o.v. NAP]	Hoogte 2020 [m t.o.v. NAP]	Hoogte 2021 [m t.o.v. NAP]
Waterkant	Niet gemeten	0,05	0,03	0,05
Hoogste punt	Niet gemeten	0,14	0,17	0,20
Bovenkant muurtje langs de weg	Niet gemeten	-2,56	-2,58	-2,57
Onderkant muurtje langs de weg	Niet gemeten	-2,92	-2,90	-2,91
As weg	Niet gemeten	-3,07	-3,09	-3,09

3.5 Raai 4

In Figuur 3-3 is een overzichtsfoto van de meetlocatie getoond, in Tabel 3-7 is de hoogte en locatie van de pot getoond, in Tabel 3-8 is de hoogte van een aantal kenmerkende punten weergegeven. De verplaatsing tussen 2020 en 2021 van het midden wanddikte pot valt binnen de meettolerantie. De meetpunten lieten in 2020 een uniforme daling zien van circa 0,03 m. In 2021 kwamen deze punten weer omhoog, richting of naar gelijke hoogte van de resultaten van 2019.



Figuur 3-3: Overzichtsfoto locatie raai 4.

Tabel 3-7 Locatiegegevens midden wanddikte pot (hoogste punt)

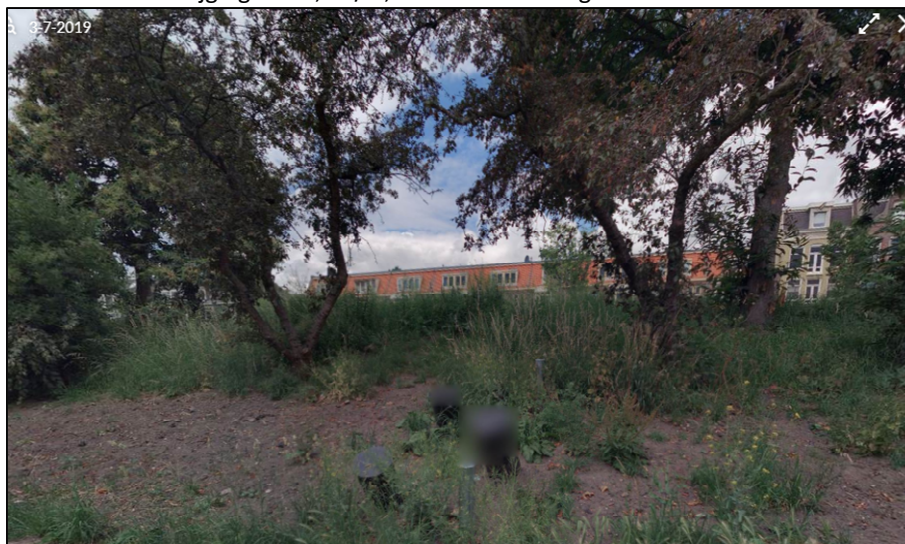
Raai		X-coördinaat	y-coördinaat	Z [m t.o.v. NAP] 2020	Z [m t.o.v. NAP] 2021
4	B133	123419.971	485110.994	-2,081	-2,082

Tabel 3-8 Hoogte kenmerkende punten raai 4

Kenmerkend punt	Hoogte 2018 [m t.o.v. NAP]	Hoogte 2019 [m t.o.v. NAP]	Hoogte 2020 [m t.o.v. NAP]	Hoogte 2021 [m t.o.v. NAP]
Waterkant	0,01	0,03	0,00	0,03
Hoogste punt	0,22	0,25	0,22	0,24
Bovenkant muurtje langs de weg	-2,63	-2,60	-2,63	-2,60
Onderkant muurtje langs de weg	-3,05	-3,02	-3,04	-3,01
As weg	Niet gemeten	-3,20	-3,23	-3,22

3.6 Raai 5

In Figuur 3-4 is een overzichtsfoto van de meetlocatie getoond, in Tabel 3-9 is de hoogte en locatie van de pot getoond, in Tabel 3-10 is de hoogte van een aantal kenmerkende punten weergegeven. Het midden van de wanddikte pot is bij beide punten licht gedaald. De hoogtemetingen lieten in 2020 een uniforme daling zien. In 2021 is er weer een lichte stijging te zien. Alle punten vallen binnen de meettolerantie, behalve het hoogste punt en de waterkant. Hier wordt een stijging van 0,03 / 0,02 meter te waargenomen.



Figuur 3-4: Overzichtsfoto locatie raai 5

Tabel 3-9 Locatiegegevens midden wanddikte pot (hoogste punt)

Raai	Stabilisator	X-coördinaat	y-coördinaat	Z [m t.o.v. NAP] 2020	Z [m t.o.v. NAP] 2021
5	B101	123459.696	485139.732	-2,124	-2,139
5	A184	123460.495	485138.527	-2,632	-2,638

Tabel 3-10 Hoogte kenmerkende punten raai 5

Kenmerkend punt	Hoogte 2018 [m t.o.v. NAP]	Hoogte 2019 [m t.o.v. NAP]	Hoogte 2020 [m t.o.v. NAP]	Hoogte 2021 [m t.o.v. NAP]
Waterkant	0,01	0,04	0,00	0,02
Hoogste punt	0,14	0,16	0,10	0,13
Bovenkant muurtje langs de weg	-2,63	-2,59	-2,61	-2,60
Onderkant muurtje langs de weg	-3,04	-2,99	-3,01	-3,00
As weg*	Niet gemeten	-3,18	-3,25	-3,24

*De as van de weg valt niet in het midden door de aanwezigheid van parkeerplaatsen.

3.7 Raai 6

In Figuur 3-5 is een overzichtsfoto van de meetlocatie getoond, in Tabel 3-11 is de hoogte en locatie van de pot getoond. Het meetpunt van stabilisator B043 laat een daling zien van 0,08 meter. In Tabel 3-12 is de hoogte van een aantal kenmerkende punten gegeven. In 2020 lieten de meetpunten een uniforme daling zien van circa 0,02 m. In 2021 lieten de meetpunten juist weer een stijging zien, zo stijgt het hoogste punt met 0,05 meter en laat de waterkant een stijging zien van 0,02 meter.

Tabel 3-11 Locatiegegevens midden wanddikte pot (hoogste punt)

Raai	Stabilisator	X-coördinaat	y-coördinaat	Z [m t.o.v. NAP] 2020	Z [m t.o.v. NAP] 2021
6	B043	123538.746	485197.334	-2,043	-2,127
6	A094	123539.595	485196.246	-2,575	-2,581



Figuur 3-5: Overzichtsfoto locatie raai 6.

Tabel 3-12 Hoogte kenmerkende punten raai 6

Kenmerkend punt	Hoogte 2018 [m t.o.v. NAP]	Hoogte 2019 [m t.o.v. NAP]	Hoogte 2020 [m t.o.v. NAP]	Hoogte 2021 [m t.o.v. NAP]
Waterkant	-0,01	0,02	0,00	0,02
Hoogste punt	0,20	0,21	0,19	0,24
Bovenkant muurtje langs de weg	-2,64	-2,60	-2,62	-2,60
Onderkant muurtje langs de weg	-2,88	-2,86	-2,87	-2,84
As weg	Niet gemeten	-2,90	-2,99	-2,95

3.8 Raai 7

In Figuur 3-6 is een overzichtsfoto van de meetlocatie getoond, in Tabel 3-13 is de hoogte van een aantal kenmerkende punten. In 2020 lieten de meetpunten een uniforme daling zien van circa 0,02 m. In 2021 laten de meetpunten weer een lichte stijging zien. De waterkant, bovenkant muurtje en de as van de weg laten allen een stijging zien van 0,03 meter.



Figuur 3-6 Overzichtsfoto locatie raai 7

Tabel 3-13 Hoogte kenmerkende punten raai 7

Kenmerkend punt	Hoogte 2018 [m t.o.v. NAP]	Hoogte 2019 [m t.o.v. NAP]	Hoogte 2020 [m t.o.v. NAP]	Hoogte 2021 [m t.o.v. NAP]
Waterkant	0,04	0,08	0,06	0,09
Hoogste punt	0,27	0,31	0,30	0,31
Bovenkant muurtje langs de weg	-2,35	-2,32	-2,34	-2,31
Onderkant muurtje langs de weg	-2,72	-2,69	-2,71	-2,68
As weg	Niet gemeten	Niet gemeten	-2,98	-2,95

3.9 Vergelijking profielen

In onderstaande tabel is de vergelijking tussen de verschillende metingen opgenomen.

Tabel 3-14: Analyse tussen de metingen

Nr.	DP nr.	Versterkte / onversterkte dijk	Vergelijking 0 meting (2018) en 1 ^e herhalingsmeting (2019)	Vergelijking tussen 1 ^e herhalingsmeting (2019) en 2 ^e herhalingsmeting (2020)	Vergelijking tussen 2 ^e herhalingsmeting (2020) en 3 ^e herhalingsmeting (2021)
1	DP 1-2	Onversterkt	Geen bijzonderheden, kruin is ca. 1 tot 2 cm lager	Geen bijzonderheden, kruin is circa 1 a 2 cm hoger	Geen, bijzonderheden. Stijging kruin zet door, dit jaar stijgt deze 0,05 meter
2	DP 3-4	Versterkt	Het profiel is 33 cm lager na de eerste 4 inmetingen in het dwarsprofiel, dus de keermuur ligt op dezelfde hoogte, maar het binnentalud en de kruin zijn 33 cm lager.*	Tussen 2019 en 2020 zijn de verschillen minimaal. De kruin is even hoog, het talud is in 2020 lokaal enkele centimeters hoger.	Hoogste punt neemt iets toe met 0,02 meter, de overige punten stijgen licht.
3	DP 31-32	Versterkt	Geen vergelijking	Geen bijzonderheden, kruin is circa 2 a 3 cm hoger	De stijging van de kruin zet door en is 0,02 m gestegen. Overige punten binnen meettolerantie.
4	DP 13-14	Versterkt	Stijging op de kruin van ca. 2 cm en op het binnentalud ca. 4 tot 10 cm	Het talud is iets hol komen te liggen. Het verschil met 2019 is enkele centimeters. Het talud is daarmee weer overeenkomstig met 2018.	De meetpunten stijgen allen enkele centimeters. Hiermee zitten de waarden weer rond resultaten van 2019.
5	DP 15-16	Versterkt	Geen vergelijking	Het hoogste punt is iets verplaatst in de richting van de binnenkruinlijn, en is enkele centimeters lager dan het jaar ervoor. Het talud is lokaal enkele centimeters gezakt.	Geen bijzonderheden. Hoogte
6	DP 19-20	Versterkt	Stijging op de kruin van ca. 2 cm en op het beneden binnentalud ca. 7 cm. Op het boven binnentalud is een daling waarneembaar van ca 5 cm	Het gehele profiel is uniform circa 2 cm gezakt	Stabilisator B043 zakt 0,08 meter. De hoogtprofiel laat een stijging zien, waarbij het hoogste punt 0,05 m stijgt.
7	DP 21-22	Onversterkt	Stijging van ca. 3 tot 6 cm over het gehele profiel	Het gehele profiel is uniform circa 2 cm gezakt	Het gehele profiel is licht gestegen, gemiddeld 0,03 m.
8	Langs-profiel	n.v.t.	Er is nog geen 1 op 1 vergelijking mogelijk. Een periodieke kademeting is uitgevoerd als 0-meting, echter in de revisie is een DTM meting uitgevoerd.	Het dwarsprofiel is gemeten langs dezelfde lijn als in 2017. De hoogte langs de gemeten lijn varieert tussen circa NAP - 0,15 m en circa NAP +0,35 m. In de gemeten dwarsprofielen is te zien dat het hoogste punt van het dijkprofiel varieert tussen NAP +0,10 m en NAP +0,30 m.	De hoogte van de dijk is nagenoeg gelijk. In de gemeten dwarsprofielen is te zien dat het hoogste punt van het dijkprofiel varieert tussen NAP +0,13 m en NAP +0,31 m.

* De in 2018 gemeten kruin en taludhoogte komen niet overeen met het AHN en de aangrenzende dwarsprofielen. De profielen gemeten in 2019 en 2020 komen wel overeen met de verwachting op basis van het AHN3 en de naastliggende dwarsprofielen.

4 Conclusie en advies

De voorliggende rapportage betreft de resultaten van de 3^e herhalingsmeting van de dwarsprofielen en 1^e meting na de 0-meting van de kopplaat. Hierdoor is voor het eerst een vergelijking kunnen maken van de

4.1 Conclusie

Wat opvalt in de resultaten van 2021 is dat alle profielen gemiddeld een stijging van het niveau laten zien. Waar in 2020 deze profielen een daling lieten zien, daar lieten ze nu een stijging zien. Alle profielen laten een stijging zien van het hoogste punt en de waterkant, van 0,01 m tot 0,05 m. Het talud en de weg blijven op nagenoeg dezelfde hoogte of stijgen licht in de profielen 1 t/m 3 en 5. Het talud en de weg stijgen in de profielen 4, 6 en 7 met een gemiddelde stijging van 0,03 m. Een verklaring voor de stijging is uit de data niet direct af te leiden, maar wel is duidelijk dat de daling van 2020 niet is doorgezet en juist weer een stijging is te zien.

De kopplaten zijn in deze meting voor de 2^e maal gemeten. Het grootste gedeelte van de kopplaten is niet te tot nauwelijks verplaatst, de verplaatsing is op deze locaties minder dan 0,01 m. De enige afwijkingen kopplaten zijn B101 in raai 5 met een daling van 0,015 m en B043 in raai 6 met een daling van 0,084 m. Deze laatste verplaatsing is significant hoger dan de overige kopplaten. De komende jaren dient te worden gemonitord of deze verplaatsing doorzet.

4.2 Advies

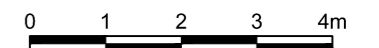
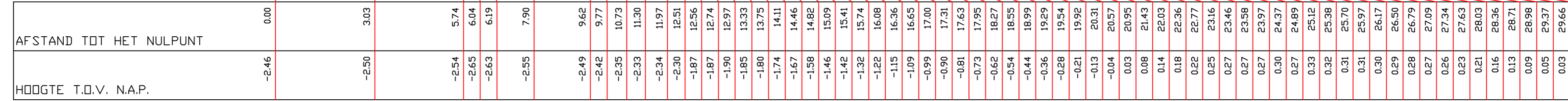
Het advies is om de metingen periodiek door te zetten, waarbij voor de vervorming van het maaiveld op hoofdlijnen één maal per jaar voldoende is. Het advies is om dit in hetzelfde seizoen (lente) uit te voeren, bij voorkeur met een gelijke hoeveelheid neerslag.

Bijlage 1 Profielmetingen

Bijlage 1 Profielmetingen

N.A.P. 1.00 m
 DWARSPROFIEL 1

1 : 100 / 1 : 100



CO	26-03-2021	CONCEPT	M.H.
NR	DATUM	WIJZIGING	GET.

JLD Contracting
 Deformatiemeting
 Dijkstabilisator Watergraafsmeer
 3e Herhalingsmeting
 Resultaten dwarsprofiel 1

Tekenaar: M.Heetland
 Projectleider: J. ten Bokkel Huinink

Schaal: 1:100
 Formaat: 297X594

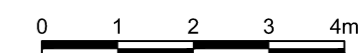
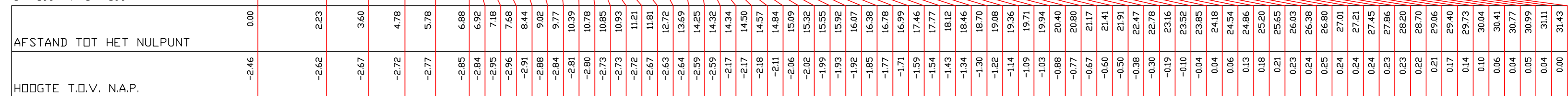
Status: CONCEPT
 Wijz.n.r.: CO

Tekeningnummer: 0413509.100-Dp3

www.anteagroup.nl

N.A.P. 1.00 m
 DWARSPROFIEL 2

1 : 100 / 1 : 100

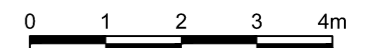
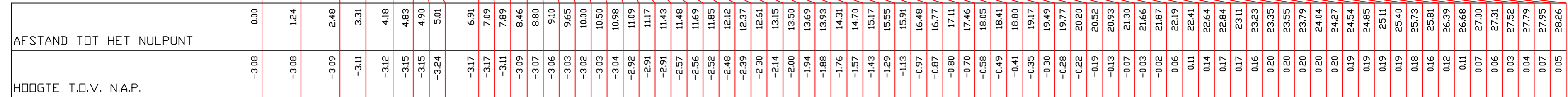


CO	26-03-2021	CONCEPT	M.H.
NR	DATUM	WIJZING	GET.

JLD Contracting		Tekenaar M.Heetland	Schaal 1:100
		Projectleider J. ten Bokkel Huinink	Formaat 297X594
Deformatiemeting			2 IN 6
Dijkstabilisator Watergraafsmeer		Status CONCEPT	Wijz.nr. CO
3e Herhalingsmeting		www.anteagroup.nl	
Resultaten dwarsprofiel 2			
Tekeningnummer 0413509.100-Dp3			

N.A.P. 1.00 m
 DWARSPROFIEL 3

1 : 100 / 1 : 100



CO	26-03-2021	CONCEPT	M.H.
NR	DATUM	WIJZIGING	GET.

JLD Contracting
 Deformatiemeting
 Dijkstabilisator Watergraafsmeer
 3e Herhalingsmeting
 Resultaten dwarsprofiel 3

Tekenaar
 M.Heetland
 Projectleider
 J. ten Bokkel Huinink

Schaal
 1:100
 Formaat
 297X594

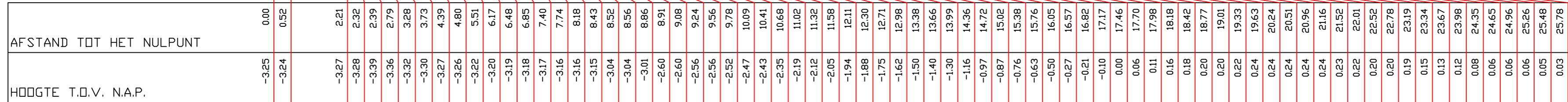
Status
CONCEPT

Tekeningnummer
 0413509.100-Dp3

3 IN 6
 Wijz.nr.
 CO
 www.anteagroup.nl

N.A.P. 1.00 m
 DWARSPROFIEL 4

1 : 100 / 1 : 100



CO	26-03-2021	CONCEPT	M.H.
NR	DATUM	WIJZIGING	GET.

JLD Contracting
 Deformatiemeting
 Dijkstabilisator Watergraafsmeer
 3e Herhalingsmeting
 Resultaten dwarsprofiel 4

Tekenaar: M.Heetland
 Projectleider: J. ten Bokkel Huinink

Status: **CONCEPT**

Tekeningnummer: 0413509.100-Dp3

Schaal: 1:100
 Formaat: 297X594
 4 IN 6
 Wijz.nr.: CO
 www.anteagroup.nl

N.A.P. 1.00 m
 DWARSPROFIEL 5

1 : 100 / 1 : 100

AFSTAND TOT HET NULPUNT	HOOGTE T.O.V. N.A.P.
0.00	-3.28
0.46	-3.28
0.89	-3.28
1.54	-3.29
1.67	-3.36
1.87	-3.35
2.50	-3.33
2.92	-3.34
3.41	-3.31
3.68	-3.29
4.05	-3.27
4.47	-3.24
4.88	-3.22
5.35	-3.20
5.64	-3.19
5.92	-3.18
6.37	-3.15
6.76	-3.14
7.20	-3.15
7.52	-3.15
7.72	-3.15
7.81	-3.03
7.88	-3.03
8.15	-3.00
8.22	-2.60
8.40	-2.61
8.59	-2.61
8.83	-2.53
9.03	-2.44
9.35	-2.39
9.63	-2.28
9.91	-2.22
10.22	-2.14
10.56	-2.06
10.76	-1.99
11.14	-1.90
11.40	-1.84
11.73	-1.79
12.03	-1.71
12.37	-1.61
12.68	-1.51
12.94	-1.44
13.26	-1.34
13.57	-1.25
13.92	-1.15
14.18	-1.06
14.56	-0.95
15.12	-0.78
15.37	-0.70
15.65	-0.58
15.97	-0.48
16.31	-0.32
16.57	-0.24
16.94	-0.19
17.18	-0.14
17.43	-0.13
17.79	-0.10
18.06	-0.11
18.32	-0.09
18.69	-0.06
18.97	-0.01
19.22	0.02
19.64	0.06
19.86	0.09
20.17	0.13
20.41	0.13
20.77	0.13
21.04	0.12
21.28	0.12
21.53	0.12
21.92	0.12
22.20	0.12
22.43	0.12
22.67	0.09
22.99	0.07
23.31	0.04
23.56	0.02
23.84	0.02
24.20	0.04
24.47	0.05
24.73	0.04
25.04	0.02



CO	26-03-2021	CONCEPT	M.H.
NR	DATUM	WIJZIGING	GET.

JLD Contracting
 Deformatiemeting
 Dijkstabilisator Watergraafsmeer
 3e Herhalingsmeting
 Resultaten dwarsprofiel 5

Tekenaar: M.Heetland
 Projectleider: J. ten Bokkel Huinink

Status: **CONCEPT**

Tekeningnummer: 0413509.100-Dp3

Schaal: 1:100
 Formaat: 297X594
 Wijz.nr.: 5 IN 6

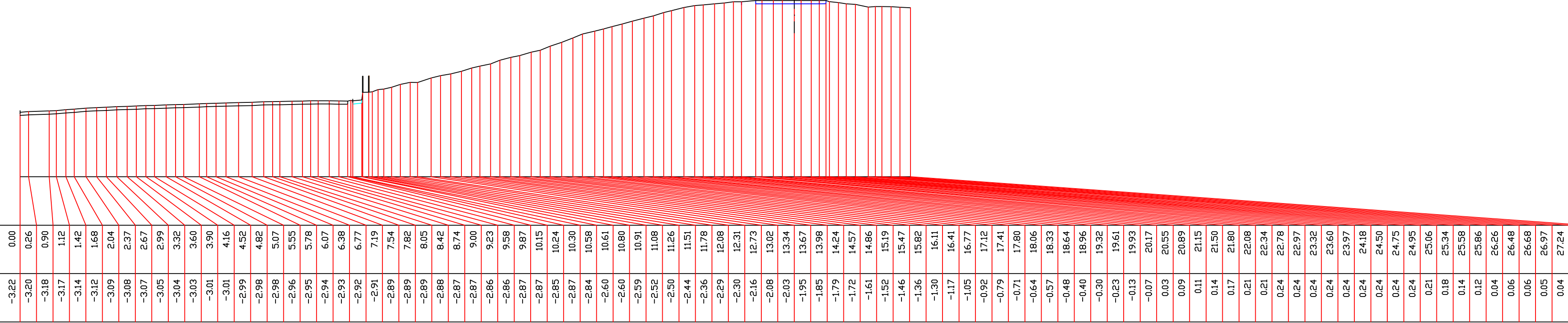
www.anteagroup.nl

N.A.P. 1.00 m
DWARSPROFIEL 6

1 : 100 / 1 : 100

AFSTAND TOT HET NULPUNT

HOOGTE T.O.V. N.A.P.

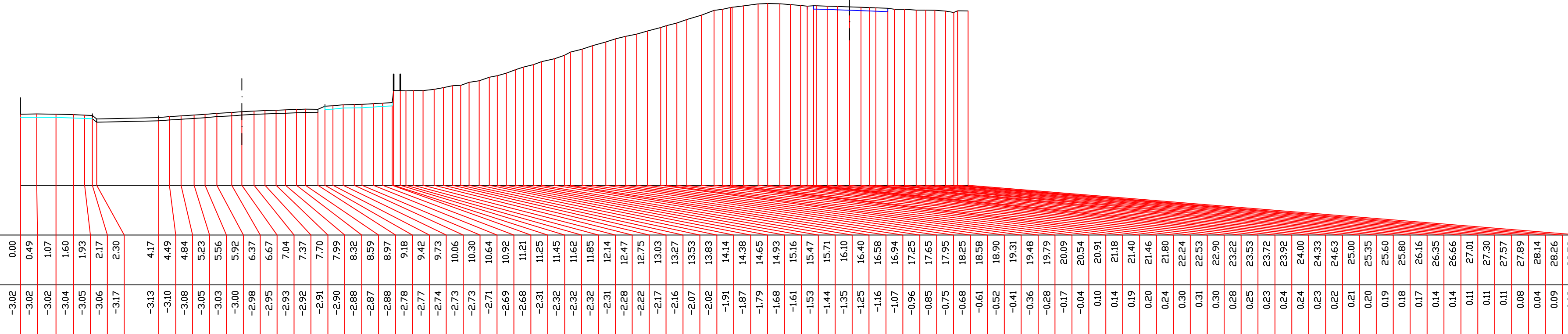


N.A.P. 1.00 m
DWARSPROFIEL 7

1 : 100 / 1 : 100

AFSTAND TOT HET NULPUNT

HOOGTE T.O.V. N.A.P.



CO	26-09-2021	CONCEPT	M.H.
NR	DATUM	WUZGING	GET.

JLD Contracting

Tekenaar: M.Heetland
Projectleider: J. ten Bokkel Huinik

Deformatiemeting
Dijkstabilisator Watergraafsmeer
3e Herhalingsmeting

Resultaten dwarsprofiel 6 en 7

Schaal: 1:100
Formaat: 297X841
Wijznr.: 6 IN 6

Status: CONCEPT
www.anteagroup.nl

Tekeningnummer: 0413509.100-Dp3

anteagroup

NAP: 100 m

LENGTEPROFIEL 1

1 : 100 / 1 : 100

AFSTAND TOT HET NULPUNT

HOOGTE T.O.V. NAP.



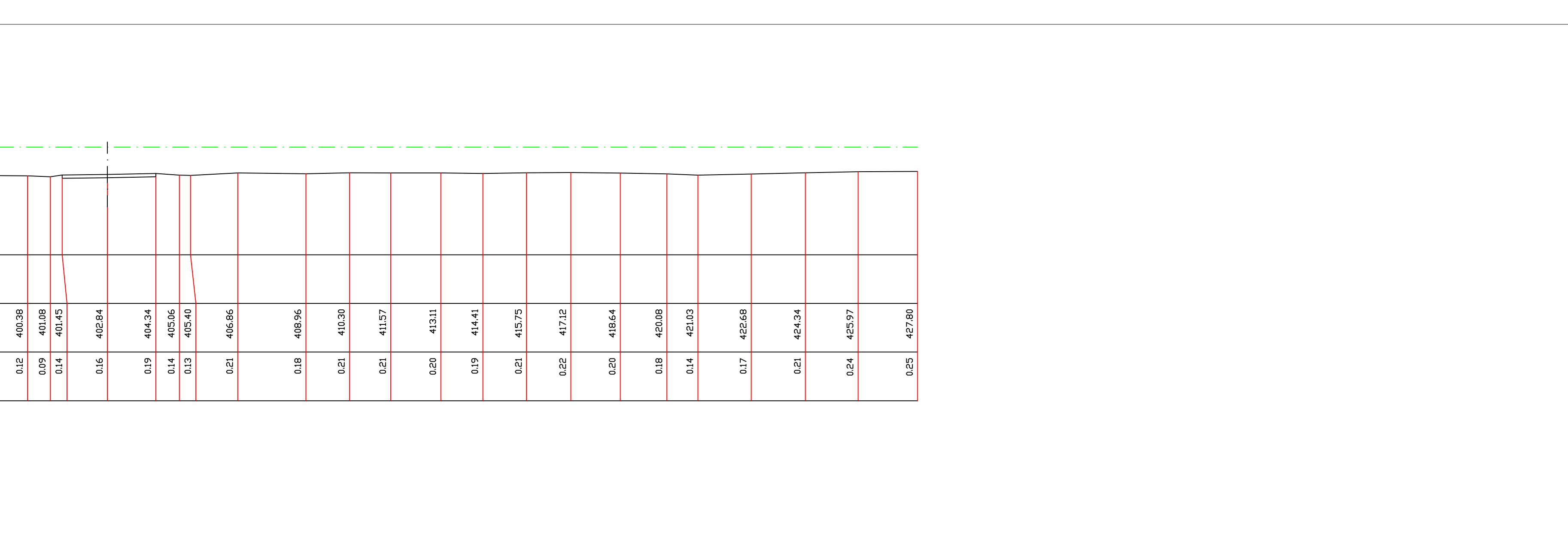
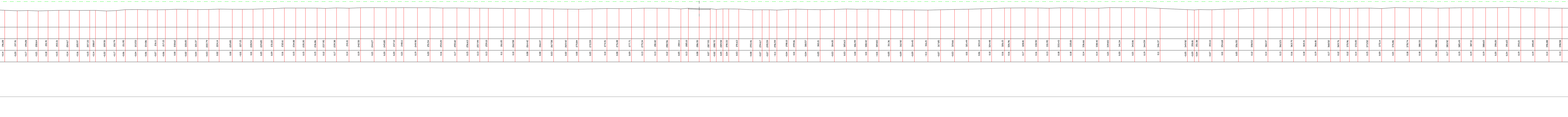
NAP: 100 m

LENGTEPROFIEL 2

1 : 100 / 1 : 100

AFSTAND TOT HET NULPUNT

HOOGTE T.O.V. NAP.



1:100

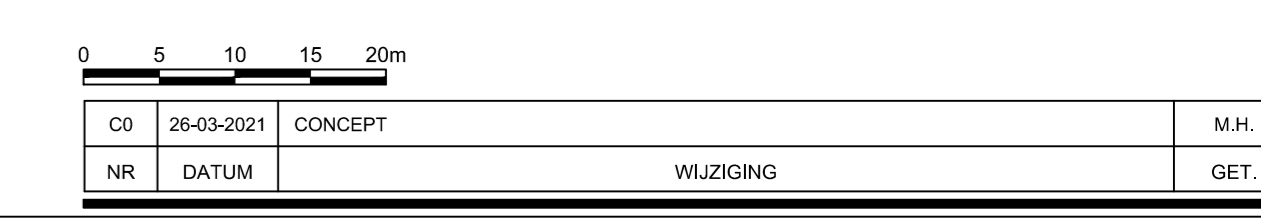
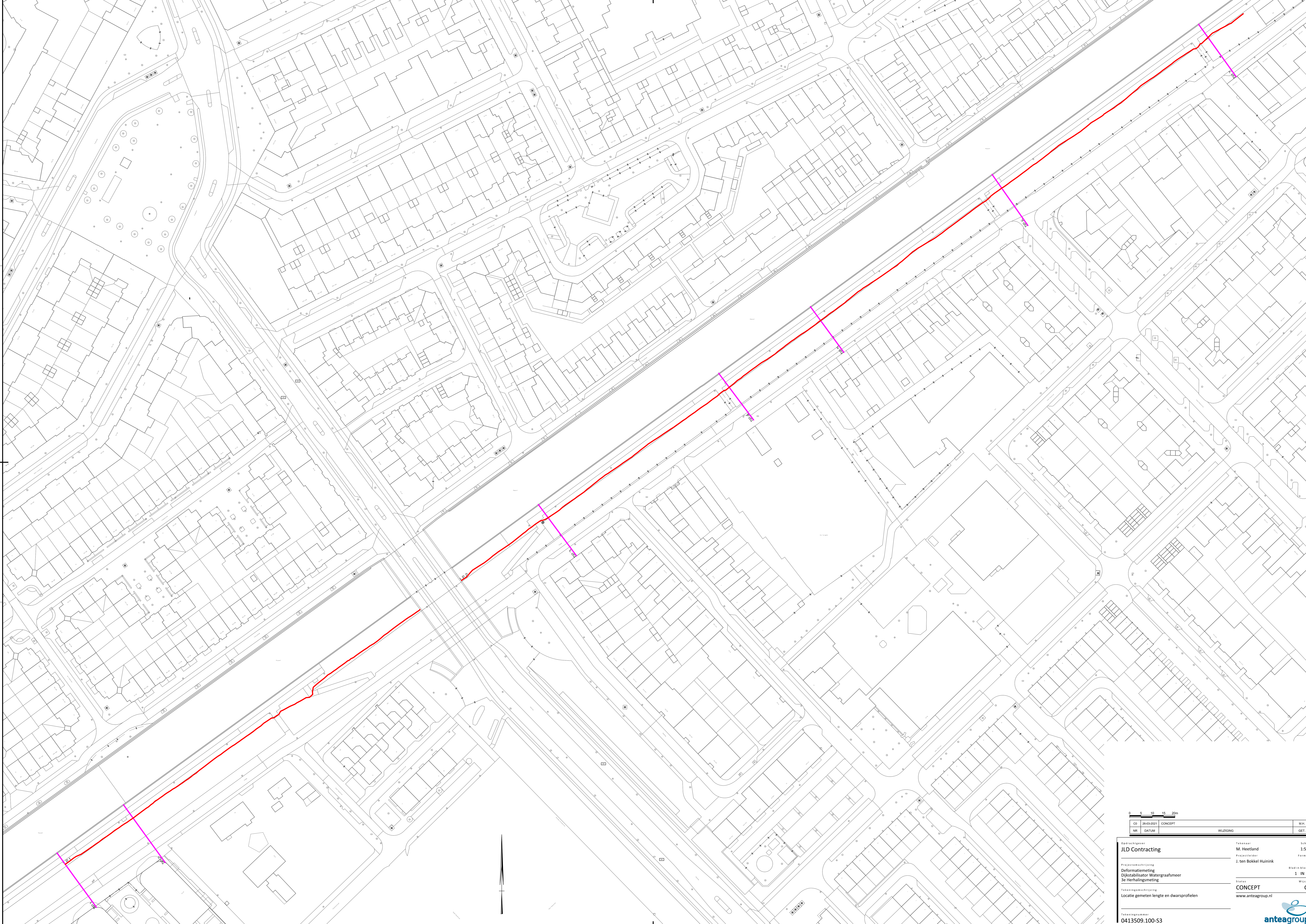
01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----

JHD Contracting
 Geïntegreerde
 Dienstverlening
 Gemeenten lengteprofiel 1 en 2

M. Reijnders
 J. ten Bokkel Huiskamp
 M. Reijnders
 J. ten Bokkel Huiskamp
 M. Reijnders
 J. ten Bokkel Huiskamp

CONCEPT
 www.anteagroup.nl

0413509.100-Lp3






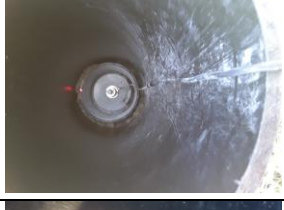

CD	SWA3201	CONCEPT	Max
NR	041309	WUZBORG	GET

Opdrachtgever	Tekenaar	Schaal
JLD Contracting	M. Heerland	1:500
Projectomschrijving	Projectleider	Formaat
Deformatiemeting Dijkstabilisator Watergraafsmeer 3e Herhalingsmeting	J. ten Bokkel Huinik	A0
Tekeningomschrijving	Tekenaar	Blad in Bladen
Locatie gemeten lengte en dwarsprofielen	CONCEPT	1 IN 1
Tekeningnummer	www.anteagroup.nl	WZBORG
0413509.100-S3		CO

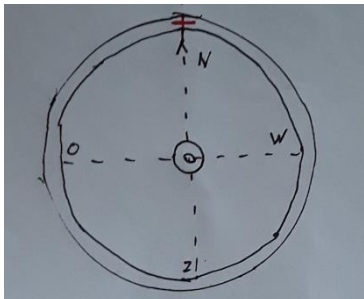


Resultaten XYZ-meting kop LDE en kopplaat uitstekende potten

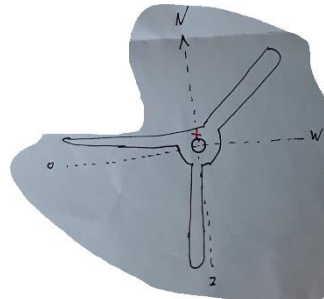
Punt-nummer:	Midden wanddikte mantelpijp			Midden wanddikte			Foto
	X-coördinaat	Y-coördinaat	Z-coördinaat	X-coördinaat	Y-coördinaat	Z-coördinaat	
A483	123157.269	484919.460	-1.941				
A483				123157.328	484920.073	-1.768	
A317	123341.280	485052.078	-2.430				
A317				123341.402	485052.777	-2.180	
B133	123419.957	485110.999	-2.082				
A232-B133				123420.828	485110.671	-2.404	
B101	123459.704	485139.739	-2.139				

Punt- nummer:	Midden wanddikte mantelpijp			Midden wanddikte			Foto
	X- coördinaat	Y- coördinaat	Z- coördinaat	X- coördinaat	Y- coördinaat	Z- coördinaat	
B184-B101				123461.062	485139.367	-2.246	
A184	123460.503	485138.531	-2.638				
B043	123538.744	485197.332	-2.127				
A094	123539.592	485196.238	-2.581				
A094-B043				123540.524	485197.459	-2.273	

Meetpunt **Midden wanddikte mantelpijp:**



Meetpunt **Midden wanddikte:**



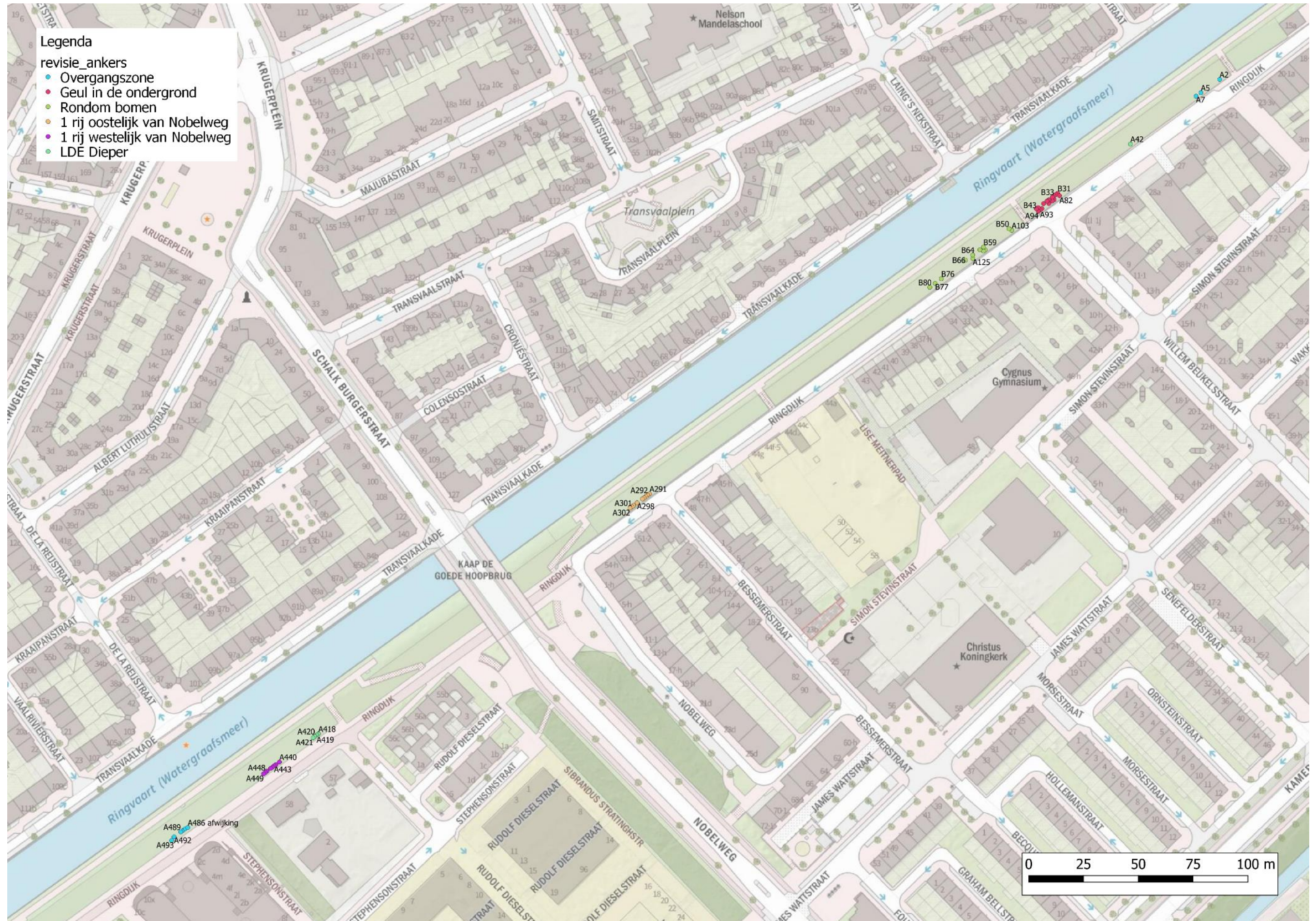
Over Antea Group

Antea Group is het thuis van 1500 trotse ingenieurs en adviseurs. Samen bouwen wij elke dag aan een veilige, gezonde en toekomstbestendige leefomgeving. Je vindt bij ons de allerbeste vakspecialisten van Nederland, maar ook innovatieve oplossingen op het gebied van data, sensing en IT. Hiermee dragen wij bij aan de ontwikkeling van infra, woonwijken of waterwerken. Maar ook aan vraagstukken rondom klimaatadaptatie, energietransitie en de vervangingsopgave. Van onderzoek tot ontwerp, van realisatie tot beheer: voor elke opgave brengen wij de juiste kennis aan tafel. Wij denken kritisch mee en altijd vanuit de mindset om samen voor het beste resultaat te gaan. Op deze manier anticiperen wij op de vragen van vandaag en de oplossingen voor morgen. Al bijna 70 jaar.

Copyright © 2018

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar worden gemaakt door middel van druk, fotokopie, elektronisch of op welke wijze dan ook, zonder schriftelijke toestemming van de auteurs.

Bijlage 2: Locatie analyse voorspanning



Bijlage 3: Spanningsverloop

Separaat opgeleverd

Bijlage 4: Financiële overzicht 2021

Bijlage 5: SAAF meting



Monitoringsrapportage deformatie LDE

Watergraafsmeer - JLD-Dijkstabilisator

Tweede meting, maart 2021

projectnummer 0413509.104
definitief revisie 01
23 juni 2021

Monitoringsrapportage deformatie LDE

Watergraafsmeer - JLD-Dijkstabilisator

Tweede meting, maart 2021

Projectnummer JLD Contracting: 2016001
projectnummer Antea Group: 0413509.104

definitief revisie 01
23 juni 2021

Auteurs

M. van Joolingen
R. de Visser

Opdrachtgever

Stichting Waternet
Korte Ouderkerkerdijk 7
1096 AC AMSTERDAM

Ingediend CM	Controle	Vrijgegeven PM
Datum:	Datum:	Datum:
Handtekening:	Handtekening:	Handtekening:
ACCEPTATIE		
Datum	Door	Namens

Inhoudsopgave

Blz.

1	Inleiding	1
1.1	Achtergrond feitenrapportage	1
1.2	Doel feitenrapportage	2
1.3	JLD-Dijkstabilisator en de invloed op de omgeving	2
1.4	Locaties monitoring	3
1.5	Leeswijzer	4
2	SAAF-metingen	5
2.1	Raai 2	5
2.2	Raai 3	6
2.3	Raai 4	8
2.4	Raai 5	9
2.5	Raai 6	11
3	Conclusie en advies	13
3.1	Conclusie	13
3.2	Advies	13

Bijlage 1 Foto's

1 Inleiding

1.1 Achtergrond feitenrapportage

De JLD-Dijkstabilisator is een innovatieve dijkversterkingsmethode. Voor de ontwerpbaarheid en bewijsbaarheid van deze methode is een pilotproject met praktijkproeven opgezet. De resultaten hiervan hebben als doel (door)ontwikkeling van deze innovatie en het leveren van afdoende onderbouwing voor een positief advies van het Expertise Netwerk Waterveiligheid (ENW)-voor het toepassen van de JLD-Dijkstabilisator. Inmiddels heeft het ENW positief geadviseerd op het kunnen toepassen van de JLD-Dijkstabilisator in dijkversterkingen [1].

In samenwerking met Waterschap Amstel, Gooi en Vecht is besloten een pilotproject uit te voeren. Als pilotproject is gekozen de versterking van de Ringdijk te Watergraafsmeer in Amsterdam. Daarbij is een team van Waternet, JLD, Antea Group en Deltares betrokken. Tevens is een locatie in Purmerend aangewezen als een proeflocatie.

Parallel aan het pilotproject in Watergraafsmeer zijn door Expertise Netwerk Waterveiligheid (ENW) voor de doorontwikkeling van de JLD-Dijkstabilisator negentien onderzoeksvragen opgesteld. Een deel van deze vragen is beantwoord tijdens de uitvoering van het pilot project. Voor de verdieping van een aantal onderzoeksvragen is het ook nodig om tijdens de beheerfase te monitoren hoe de JLD-Dijkstabilisator zich gedraagt. Hiertoe monitoren we gedurende 5 jaar de met de JLD-Dijkstabilisator versterkte kade.

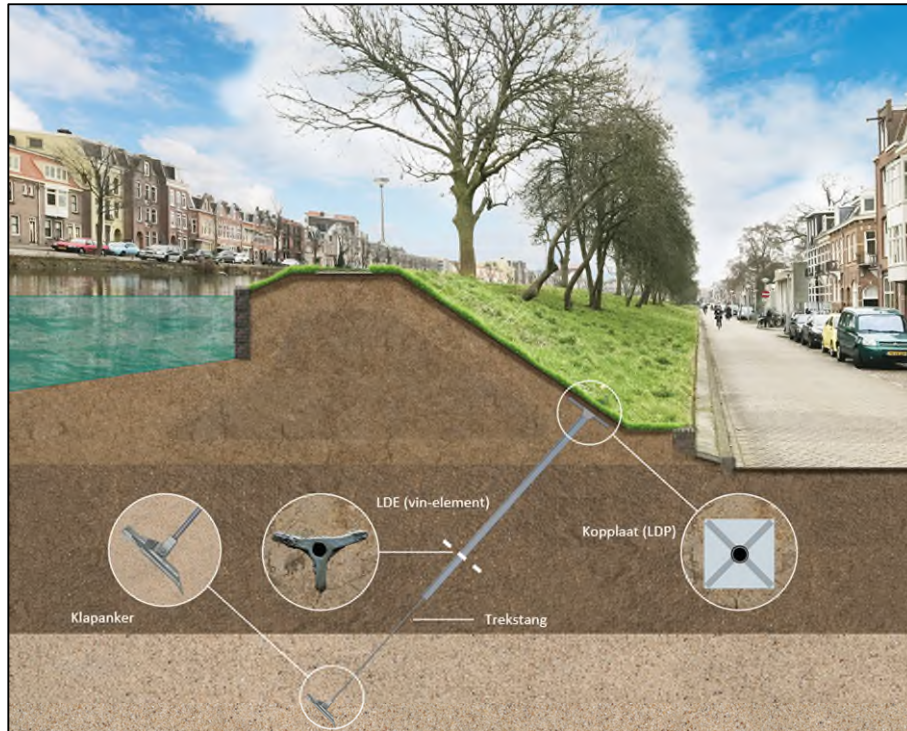
Er is reeds een monitoringsplan opgesteld. Dit beschrijft de te monitoren parameters voor de beheerperiode van vijf jaar van het pilotproject Ringdijk voor de locaties Watergraafsmeer en de proeflocatie in Purmerend. [2] De monitoring van de dijkversterking richt zich op:

- JLD-Dijkstabilisator en de invloed op de omgeving;
- verzamelen parameters voor de onderzoeksvragen.

Gedurende de nastelperiode van vijf jaar wordt elk jaar een werkplan opgesteld voor de uit te voeren monitoring van de kade met de JLD-Dijkstabilisator. In het werkplan is beschreven wat voor monitoring wordt uitgevoerd en waarvoor de monitoring benodigd is. Door middel van het werkplan verkrijgt men inzicht in de aan te vragen subsidie bij het Hoogwaterbeschermingsprogramma (HWBP). Het eerste werkplan van het jaar 2020 is inmiddels opgesteld en in uitvoering.

De voorliggende jaarrapportage gaat in op de monitoring van de vervorming van de LDE's. de aanleg zijn een vijftal LDE's geplaatst zonder ankerstang. Gedurende de looptijd van het project is het mogelijk om de deformatie van een LDE's (en het dijklichaam) te meten d.m.v. een SAAF. Deze rapportage bevat de initiële meting van maart 2020 en de tweede meting in maart 2021. Zo kan de deformatie van het dijklichaam over de tijd nader onderzocht worden.

JLD Dijkstabilisator



De JLD-Dijkstabilisator bestaat uit een LDE (vinelement), klapanker, trekstang, kopplaatbout en kopplaat. Het klapanker kan tot in een diepe zandlaag geplaatst worden, waardoor de JLD-Dijkstabilisator kracht ontleent aan verschillende grondlagen. Door het aanbrengen van de voorspanning op de kopplaat wordt het maaiveld onder spanning gezet, terwijl de JLD-Dijkstabilisator via de trekstang en het klapanker kracht ontleent aan de diepe ondergrond. De kopplaat speelt een essentiële rol in de overbrenging van de krachten naar de ondergrond. Het voordeel van de JLD-Dijkstabilisator is dat dit een actief systeem betreft dat geen vervorming van de dijk nodig heeft voordat het in werking treedt.

1.2 Doel feitenrapportage

Het doel van de voorliggende feitenrapportage is het presenteren van de feitelijke meetgegevens met betrekking tot de deformatie van het LDE element. Deze rapportage, dient samen met de volgende feitenrapportage aan het eind van de monitoringsperiode (5 jaar) de juiste gegevens verzameld te hebben voor de postdictie en het beantwoorden van de onderzoeksvragen. De feiten

1.3 JLD-Dijkstabilisator en de invloed op de omgeving

Het gedrag van de JLD-Dijkstabilisator dient gemonitord te worden om extra kennis te ontwikkelen. Met behulp van de gemonitorde parameters wordt de werking van het systeem verder onderbouwd en kan het systeem in de toekomst geoptimaliseerd worden. Het totale pakket van de monitoring richt zich op:

- deformaties van de JLD-Dijkstabilisator (LDE element);
- deformaties van de kruin (maaiveld);

- deformaties van de kopplaat;
- piping;
- voorspanning JLD-Dijkstabilisator;
- materiaaldegradatie;
- waterspanningen;
- neerslag;
- beplanting.

Deze rapportage richt zich op de deformatie van de JLD-Dijkstabilisator (LDE element).

1.4 Locaties monitoring

Ringdijk Amsterdam

De Ringdijk ligt binnen het beheergebied van Waterschap Amstel, Gooi en Vecht. De Ringdijk is onderdeel van de regionale boezemwaterkering (A117_001) langs de Ringvaart van de Watergraafsmeer in Amsterdam. Het projectgebied ligt tussen de Wibautstraat tot de Middenweg en heeft een lengte van circa 600 meter, zie Figuur 1-1. De individuele meetpunten zijn gepresenteerd in Figuur 1-2.



Figuur 1-1: Overzichtssituatie projectlocatie



Figuur 1-2: Overzichtssituatie meetlocaties.

1.5 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 zijn de meetresultaten gepresenteerd, gevolgd door een conclusie en advies in hoofdstuk 3.

2 SAAF-metingen

Het doel van het meten van de deformatie van de JLD-Dijkstabilisator (LDE element) door middel van SAAF-metingen is informatie en verificatie verkrijgen dat de JLD-Dijkstabilisator op lange termijn, werkt zoals verwacht wordt. Indien te grote vervormingen optreden kan de JLD-Dijkstabilisator minder goed functioneren, waardoor het mogelijk is dat de dijk niet aan de vigerende veiligheidseisen voldoet.

Tevens kunnen de gegevens gebruikt worden in combinatie met andere monitoringsaspecten zoals deformatie kruin (maaiveld) en voorspanning. Mogelijke verbanden kunnen gelegd worden indien een analyse wordt gemaakt van een combinatie van deze gegevens. Uit het perspectief van life cycle monitoring kan deze informatie ook van belang zijn voor de ontwerpfase voor toekomstige projecten.

In onderliggende paragrafen zijn de SAAF-metingen van raai 2 t/m 6 gepresenteerd. Bij raai 1 en 7 is de dijk niet versterkt en zijn daarom geen LDE's geplaatst.

2.1 Raai 2

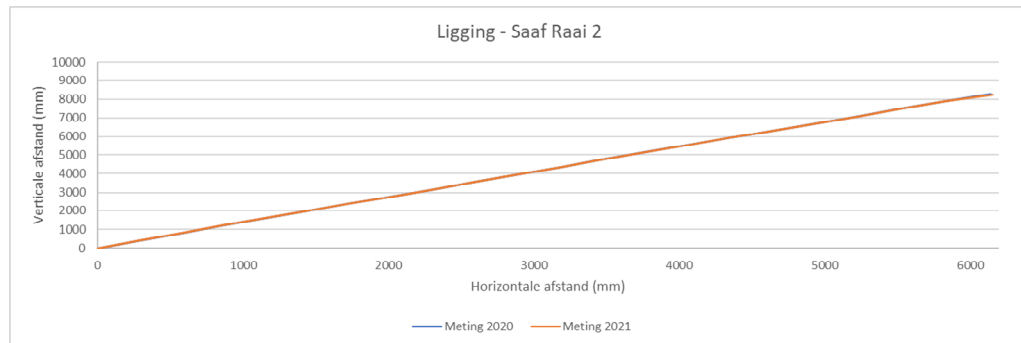
In Figuur 2-1 is een overzichtsfoto van de meetlocatie getoond. In is de initiële vervorming getoond, waarbij de eerste en tweede meting met elkaar zijn vergeleken. In is het verschil tussen meting 1 en een rechte lijn getoond.



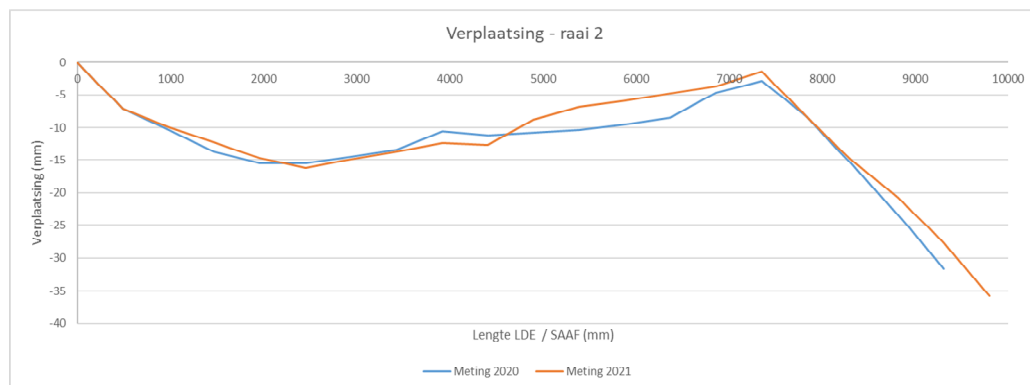
Figuur 2-1: Overzichtsfoto locatie raai 2.

Tabel 2-1 locatiegegevens bovenkant LDE (midden wanddikte)

Raai	X-coördinaat	y-coördinaat	Z [m t.o.v. NAP]
2	123157.307	484920.094	-1.762



Figuur 2-2: Initiële positie van de SAAF.



Figuur 2-3: Verschil tussen meting 1 en een rechte lijn en meting 3 en een rechte lijn (let op, de horizontale as is in meters, de verticale as in mm).

Meting 3 lijkt iets naar links te zijn verschoven. Dit komt waarschijnlijk door het ontbreken van het eerste meetpunt in de meetreeks. Wanneer het ontbreken van dit meetpunt in ogenschouw wordt genomen, levert de vergelijking tussen meting 1 (2020) en meting 3 (2021) een nagenoeg zelfde beeld op. De vervorming van de stang is met enkele millimeters (maximaal 8 mm) vergroot ten opzichte van het vorige jaar.

2.2 Raai 3

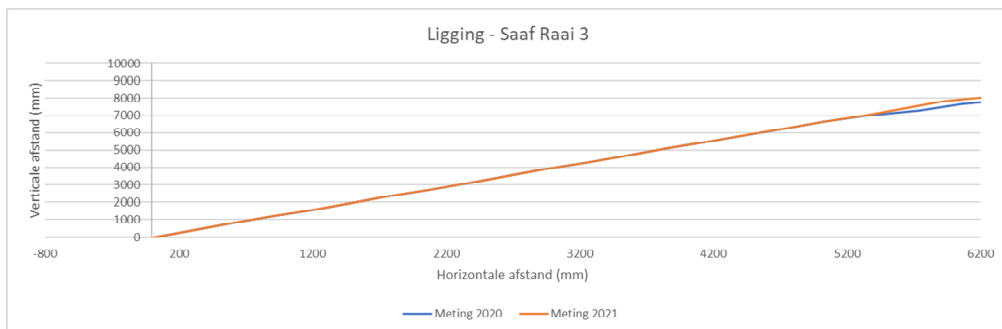
In Figuur 2-4 is een overzichtsfoto van de meetlocatie getoond. In is de initiële vervorming getoond, waarbij de eerste en tweede meting met elkaar zijn vergeleken. In is het verschil tussen meting 1 en een rechte lijn getoond.

Tabel 2-2 locatiegegevens bovenkant LDE (midden wanddikte)

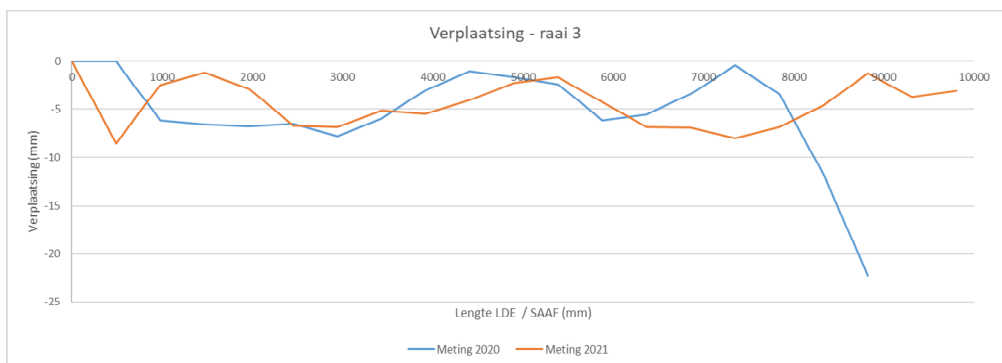
Raai	X-coördinaat	y-coördinaat	Z [m t.o.v. NAP]
3	123341.395	485052.776	-2.186



Figuur 2-4: Overzichtsfoto locatie raai 3.



Figuur 2-5: Initiële positie van de SAAF.



Figuur 2-6: Verschil tussen meting 1 en een rechte lijn en meting 3 en rechte lijn. (let op, de horizontale as is in meters, de verticale as in mm).

Het begin is grotendeels vergelijkbaar met de meting in 2020. Er vindt nog steeds een golvend vervormingsgedrag plaats. Opvallend is de kop aan het eind, welke in de richting van de rechte lijn is bewogen. Dit valt wellicht te verklaren dat op lengte LDE ≈ 7500 de stang naar beneden wordt bewogen, waardoor het eind naar boven geduwd wordt door het kwispeleffect. De verwachting is dat dergelijke effecten zichtbaar zijn omdat het LDE zo goed als recht is.

2.3 Raai 4

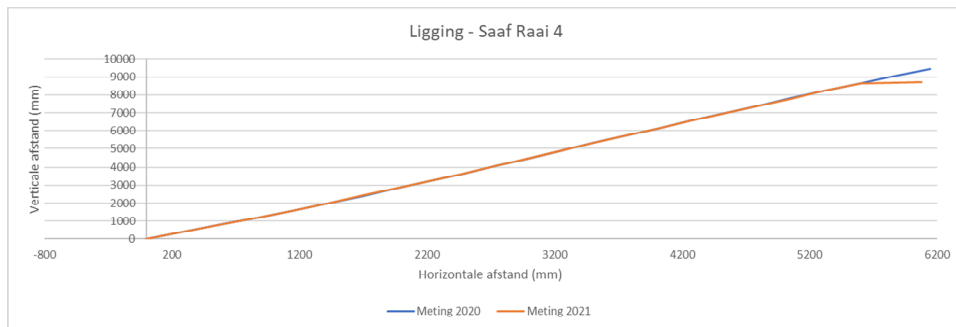
In Figuur 2-7 is een overzichtsfoto van de meetlocatie getoond. In is de initiële vervorming getoond, waarbij de eerste en derde meting met elkaar zijn vergeleken. In is het verschil tussen meting 1 en een rechte lijn getoond.

Tabel 2-3 locatiegegevens bovenkant LDE (midden wanddikte)

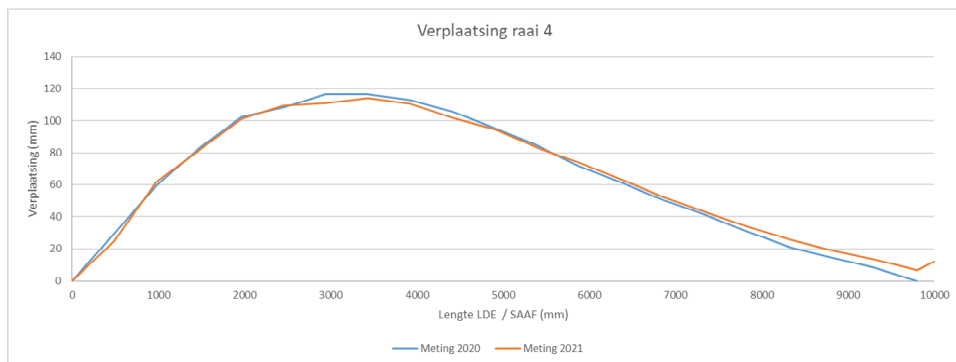
Raai	X-coördinaat	y-coördinaat	Z [m t.o.v. NAP]
4	123420.818	485110.644	-2.407



Figuur 2-7: Overzichtsfoto locatie raai 4.



Figuur 2-8: Initiële positie van de SAAF.



Figuur 2-9: Verschil tussen meting 1 en een rechte lijn. (let op, de horizontale as is in meters, de verticale as in mm)

De metingen van 2020 en 2021 leveren een zelfde opbolling op, waaruit kan worden geconcludeerd dat de vervorming gelijk is gebleven.

2.4 Raai 5

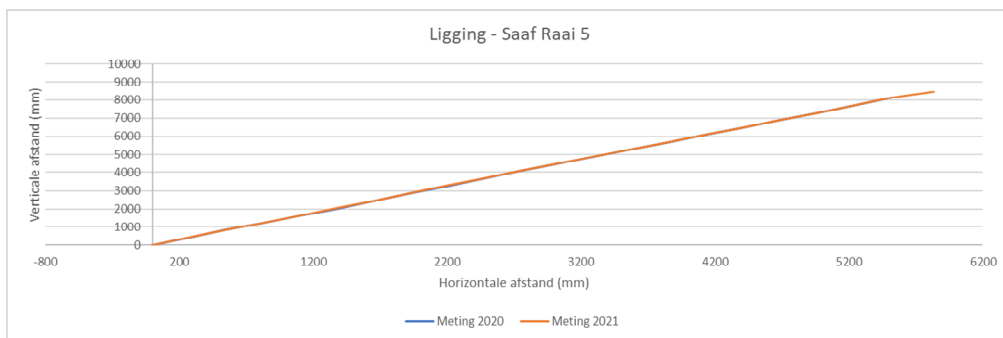
In Figuur 2-10 is een overzichtsfoto van de meetlocatie getoond. In is de initiële vervorming getoond, waarbij de eerste en tweede meting met elkaar zijn vergeleken. In is het verschil tussen meting 1 en een rechte lijn getoond.

Tabel 2-4 locatiegegevens bovenkant LDE (midden wanddikte)

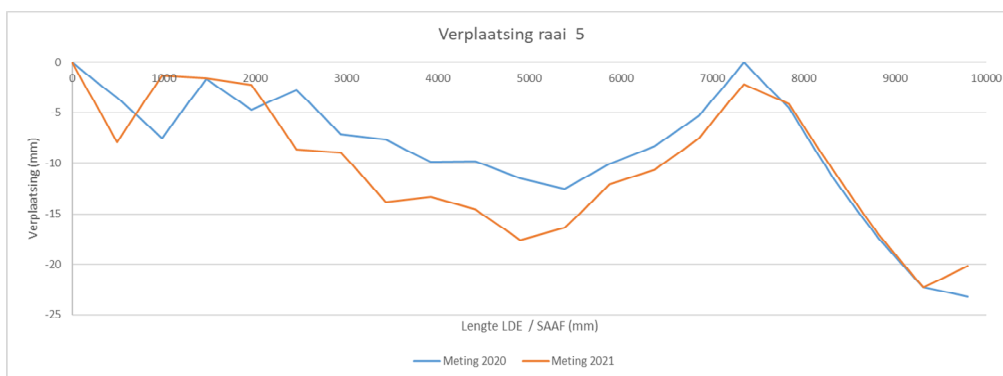
Raai	X-coördinaat	y-coördinaat	Z [m t.o.v. NAP]
5	123461.062	485139.358	-2.233



Figuur 2-10: Overzichtsfoto locatie raai 5.



Figuur 2-11: Initiële positie van de SAAF.



Figuur 2-12: Verschil tussen meting 1 en een rechte lijn en meting 3 met een rechte lijn. (let op, de horizontale as is in meters, de verticale as in mm)

Uit Figuur 2-12 is een lichte vergroting van de vervorming te zien. Dit bedraagt maximaal 6 mm meer. De zakking van het einde van de stang blijft nagenoeg gelijk. Figuur 1-1

2.5 Raai 6

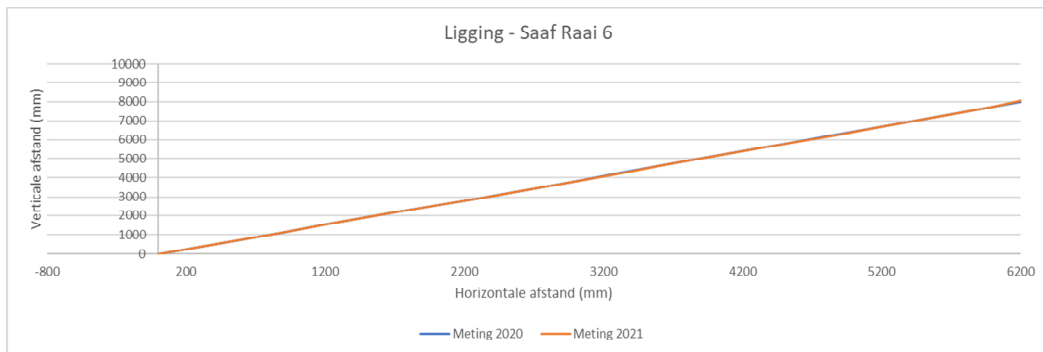
In Figuur 2-13 is een overzichtsfoto van de meetlocatie getoond. In is de initiële vervorming getoond, waarbij de eerste en tweede meting met elkaar zijn vergeleken. In is het verschil tussen meting 1 en een rechte lijn getoond.

Tabel 2-5 locatiegegevens bovenkant LDE (midden wanddikte)

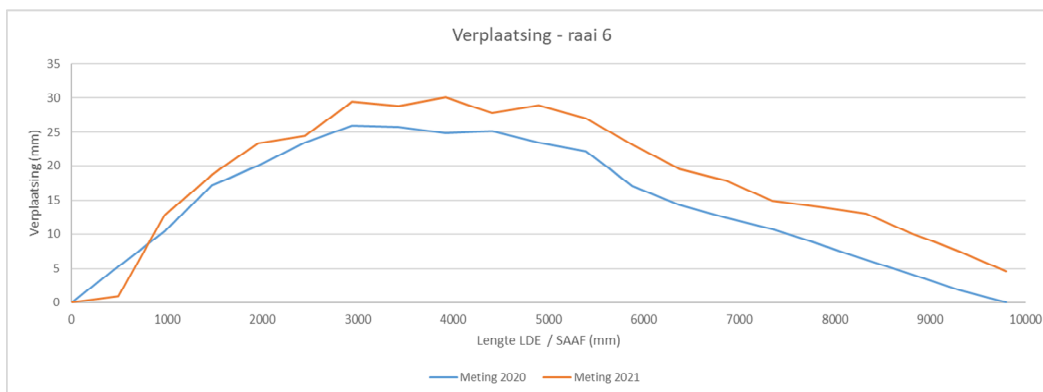
Raai	X-coördinaat	y-coördinaat	Z [m t.o.v. NAP]
5	123540.523	485197.457	-2.274



Figuur 2-13: Overzichtsfoto locatie raai 6.



Figuur 2-14: Initiële positie van de SAAF.



Figuur 2-15: Verschil tussen meting 1 en een rechte lijn. (let op, de horizontale as is in meters, de verticale as in mm)

Ten opzichte van de meting van 2020 is de opbolling in 2021 net iets groter geworden.

3 Conclusie en advies

De voorliggende rapportage betreft de metingen uitgevoerd in 2020 en 2021.

3.1 Conclusie

Er kan de conclusie getrokken worden dat de LDE's nog steeds vervormen. Het vervormingsgedrag uit 2020 heeft zich grotendeels voortgezet. En is lokaal iets toegenomen.

3.2 Advies

Het advies is om de metingen periodiek door te zetten, waarbij voor deformatie op hoofdlijnen één maal per jaar voldoende is. Het advies is om dit in hetzelfde seizoen uit te voeren, bij voorkeur met een gelijke hoeveelheid neerslag.

Bijlage 1 Foto's

Bijlage 1 Foto's

Over Antea Group

Antea Group is het thuis van 1500 trotse ingenieurs en adviseurs. Samen bouwen wij elke dag aan een veilige, gezonde en toekomstbestendige leefomgeving. Je vindt bij ons de allerbeste vakspecialisten van Nederland, maar ook innovatieve oplossingen op het gebied van data, sensing en IT. Hiermee dragen wij bij aan de ontwikkeling van infra, woonwijken of waterwerken. Maar ook aan vraagstukken rondom klimaatadaptatie, energietransitie en de vervangingsopgave. Van onderzoek tot ontwerp, van realisatie tot beheer: voor elke opgave brengen wij de juiste kennis aan tafel. Wij denken kritisch mee en altijd vanuit de mindset om samen voor het beste resultaat te gaan. Op deze manier anticiperen wij op de vragen van vandaag en de oplossingen voor morgen. Al 70 jaar.

Contactgegevens

Rivium Westlaan 72
2909 LD CAPELLE A/D IJSSEL
Postbus 8590
3009 AN ROTTERDAM

E. timon.bruiggema@anteagroup.nl

www.anteagroup.nl

Copyright © 2020

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar worden gemaakt door middel van druk, fotokopie, elektronisch of op welke wijze dan ook, zonder schriftelijke toestemming van de auteurs.

Over Antea Group

Antea Group is het thuis van 1500 trotse ingenieurs en adviseurs. Samen bouwen wij elke dag aan een veilige, gezonde en toekomstbestendige leefomgeving. Je vindt bij ons de allerbeste vakspecialisten van Nederland, maar ook innovatieve oplossingen op het gebied van data, sensing en IT. Hiermee dragen wij bij aan de ontwikkeling van infra, woonwijken of waterwerken. Maar ook aan vraagstukken rondom klimaatadaptatie, energietransitie en de vervangingsopgave. Van onderzoek tot ontwerp, van realisatie tot beheer: voor elke opgave brengen wij de juiste kennis aan tafel. Wij denken kritisch mee en altijd vanuit de mindset om samen voor het beste resultaat te gaan. Op deze manier anticiperen wij op de vragen van vandaag en de oplossingen voor morgen. Al 70 jaar.

Contactgegevens

Monitorweg 29
1322 BK ALMERE
Postbus 10044
1301 AA ALMERE

E. timon.bruiggema@anteagroup.nl

www.anteagroup.nl

Copyright © 2020

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar worden gemaakt door middel van druk, fotokopie, elektronisch of op welke wijze dan ook, zonder schriftelijke toestemming van de auteurs.