



Feitenrapportage 2022 Q1

**JLD-Dijkstabilisator Watergraafsmeer en
Purmerend**

projectnummer 0413509.104
revisie 1
21 juni 2022

1	Inleiding	1
1.1	Achtergrond 3 maandelijkse feitenrapportage	1
1.2	Doel feitenrapportage	2
1.3	JLD-Dijkstabilisator en de invloed op de omgeving	3
1.4	Locaties monitoring	3
1.5	Leeswijzer	4
2	Proces	5
2.1	Werkwijze	5
2.2	Voortgang	6
3	Monitoringsdata Watergraafsmeer	7
3.1	Veldinspectie	7
3.2	Deformatie JLD-Dijkstabilisator SAAF	7
3.3	Deformatie kruin	7
3.4	Deformatie kopplaten	7
3.5	Beplanting	7
3.6	Grondwater	7
3.7	Voorspanning	14
3.8	Neerslag	19
4	Monitoringsdata en analyse Purmerend	22
4.1	Concept resultaten	22
4.2	Vervolgstappen	22
5	Advies	24
5.1	Algemeen	24
5.2	Werkplan	24
6	Bibliografie	25

1 Inleiding

1.1 Achtergrond 3-maandelijks 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 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 voor 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 monitorings- en nastelplan opgesteld. Dit beschrijft de te monitoren parameters voor de periode van 2019-2024 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 het aan te vragen voorschot van de reeds verkregen subsidie bij het Hoogwaterbeschermingsprogramma (HWBP). De monitoringsperiode is formeel op 5 juli 2019 gestart.

De voorliggende feitenrapportage gaat in op de monitoring en analyse van de verkregen data uit het 1e kwartaal van 2022. De feitenrapportage beschrijft alle gemonitorde parameters in het betreffende kwartaal.

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 3-maandelijke feitenrapportage is het verzamelen van de gemonitorde gegevens ten behoeve van de jaarrapportage.

De jaarrapportages dienen aan het eind van de monitoringsperiode (5 jaar) de juiste gegevens te bevatten voor het uitvoeren van een optimalisatie van het systeem. Daarnaast dienen de gegevens voor het uitvoeren van een postdictie van het verloop van de voorspanning en het vervormingsgedrag van de waterkering met JLD-Dijkstabilisator.

1.3 JLD-Dijkstabilisator en de invloed op de omgeving

De monitoring dient te bevestigen dat de JLD-Dijkstabilisator werkt zoals in het ontwerp voorspeld en de dijk aan de veiligheidsnormen voldoet. Het totaalpakket aan monitoring richt zich op de onderstaande onderwerpen. Niet alle onderdelen worden elk kwartaal gemonitord; de dikgedrukte onderdelen zijn in kwartaal 3 gemonitord en onderdeel van de voorliggende feitenrapportage.

- 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

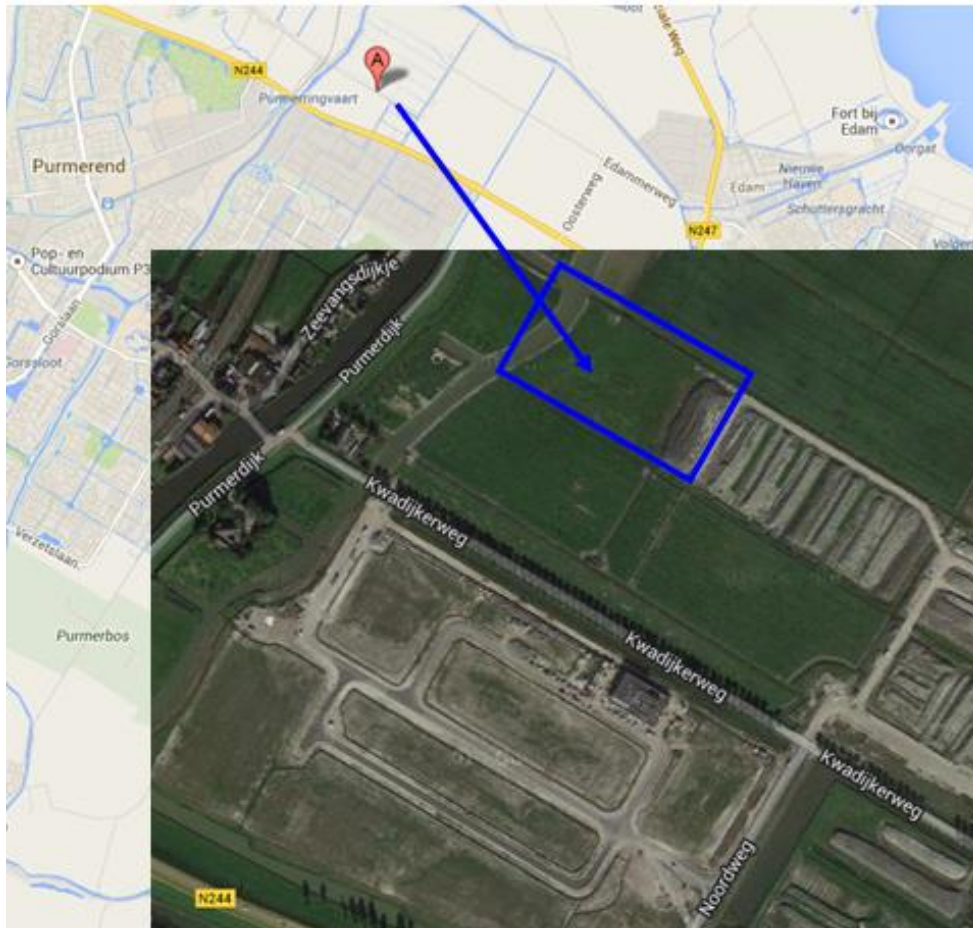
De Ringdijk ligt binnen het beheergebied van Waterschap Amstel, Gooi en Vecht. De Ringdijk is onderdeel van de regionale boezemwaterkering (A117_001) langs de Ringvaart van de Watergraafsmeer in Amsterdam. Het projectgebied ligt tussen de Wibautstraat tot de Middenweg en heeft een lengte van circa 600 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 zijn uitgevoerd. De locatie bevindt zich op voormalig 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 proeven zijn medio 2020 afgerond.



Figuur 1-2: Impressie locatie proeven Purmerend

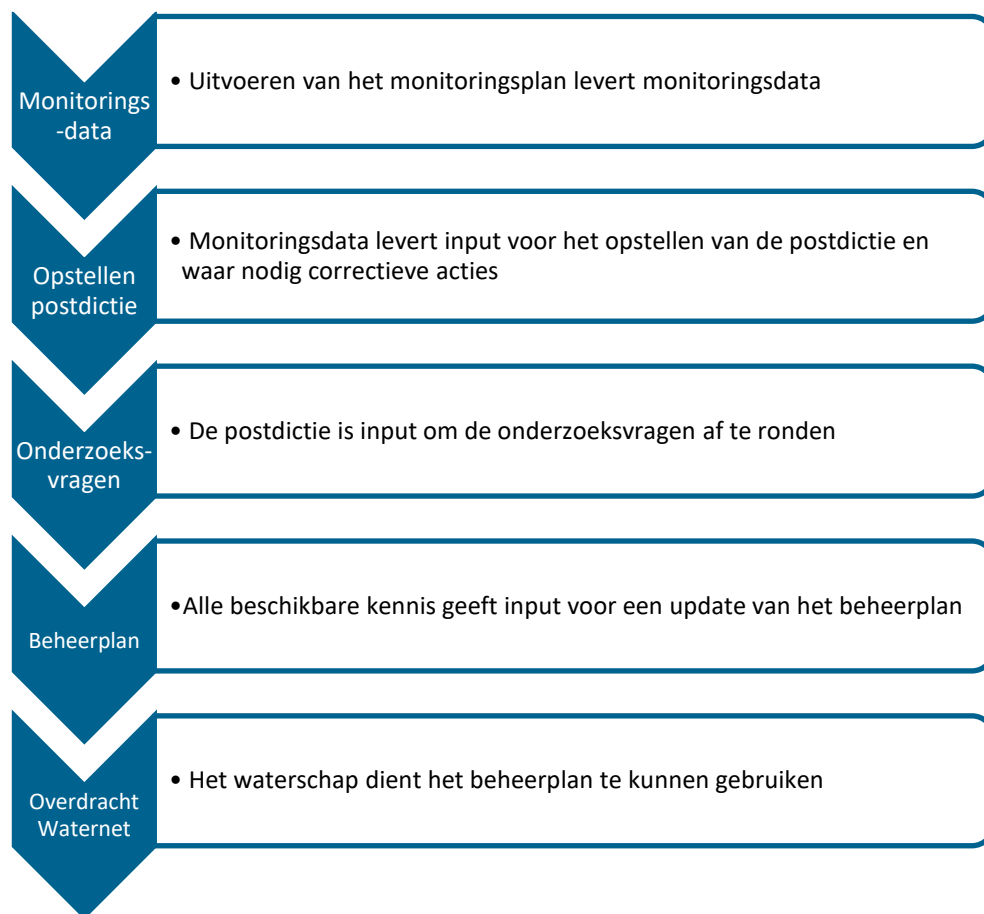
1.5 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 is het proces beschreven met betrekking tot de werkwijze en de doorlopen stappen van monitoring tot de feitenrapportage. Hoofdstuk 3 betreft de beschrijving van de monitoringsdata voor de locatie Watergraafsmeer te Amsterdam. In hoofdstuk 4 is de beschrijving van de monitoringsdata voor de locatie in Purmerend. In hoofdstuk 5 is het advies voor de komende periodes 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 beantwoording van 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 (5 jaar) 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 3-maandelijke feitenrapportage is de feitenrapportage 2022 Q1. De voorliggende rapportage vormt de basis voor de toekomstige dataverzameling en analyses. In Tabel 2-1 wordt de voortgang bijgehouden ten opzichte van het vooraf opgestelde werkplan. De werkzaamheden welke zijn voorzien zijn opgenomen in onderstaande tabel.

Tabel 2-1 Overzicht monitoring 2021

Omschrijving	Aantal voorzien 2021	Uitgevoerd			
		Q1	Q2	Q3	Q4
veldinspectie	2	0			
Trekkraft / Voorspanning	4 maal per dag	4pd			
Piping	Onvoorzien, rekening houdend met 1 keer. Op basis van overschrijding marge een inspectie uitvoeren	0			
Verplaatsing kopplaat / deformaties kopplaat	1	1			
Verplaatsing omliggende grond (horizontaal en verticaal) / deformatie dijk (maaiveld)	1	1			
Deformatie JLD Dijkstabilisator - SAAF LDE-los	1	0			
Deformatie JLD Dijkstabilisator - Referentiepunt SAAF	1	0			
Grondwaterstand / waterspanning meten	4 Doorlopend, dagelijkse meting, 3-maandelijke rapportage	1			
Neerslag meten	4 Doorlopend, dagelijkse meting, 3-maandelijke rapportage	1			
VTA meting beplanting	0	0			
Opstellen werkplan 2022	1	0			
Inrichten platform	1	0			
Opstellen inhoudsopgave postdictie	1	0			
Ophalen opmerkingen op beheerplan	1	0			

3 Monitoringsdata Watergraafsmeer

In onderstaand hoofdstuk zijn de monitoringsparameters beschreven van Watergraafsmeer.

3.1 Veldinspectie

In kwartaal 1 van 2022 heeft er geen veldinspectie plaatsgevonden. De volgende inspectie staat gepland in kwartaal 2 van 2022, gelijktijdig met de naspanwerkzaamheden.

3.2 Deformatie JLD-Dijkstabilisator SAAF

In kwartaal 1 van 2022 heeft er geen monitoring plaatsgevonden met betrekking tot deformaties van de LDE's. De volgende meting wordt in Q2 2022 uitgevoerd.

3.3 Deformatie kruin

In maart 2022 zijn de dwarsprofielen weer ingemeten. Dit betreft de 4^e herhalingsmeting. De meetresultaten laten geen bijzonderheden zien. De profielen 1 t/m 4 laten in 2022 gemiddeld een lichte daling van het niveau laten zien. Waar in 2021 deze profielen een stijging lieten zien. De weg blijft op nagenoeg dezelfde hoogte of is licht gedaald. De weg stijgt in de profielen 4, 5 en 6 met een gemiddelde stijging van 0,05 m. De hoogte van de as van de weg is door deze 'stijging' weer hetzelfde als in 2019.

3.4 Deformatie kopplaten

In maart 2022 zijn de kopplaten weer ingemeten. Dit betreft de 2^e herhalingsmeting. De kopplaten zijn in deze meting voor de 2^e maal gemeten. De kopplaten in profielen 2, 3 en 4 zijn gedaald met gemiddeld 0,018 meter. De kopplaten in raai 5 en 6 zijn gestegen, gemiddeld met 0,0095 meter. Daarmee zijn de dalingen die in 2021 zijn gemeten in de kopplaten in raai 5 en 6 niet doorgezet.

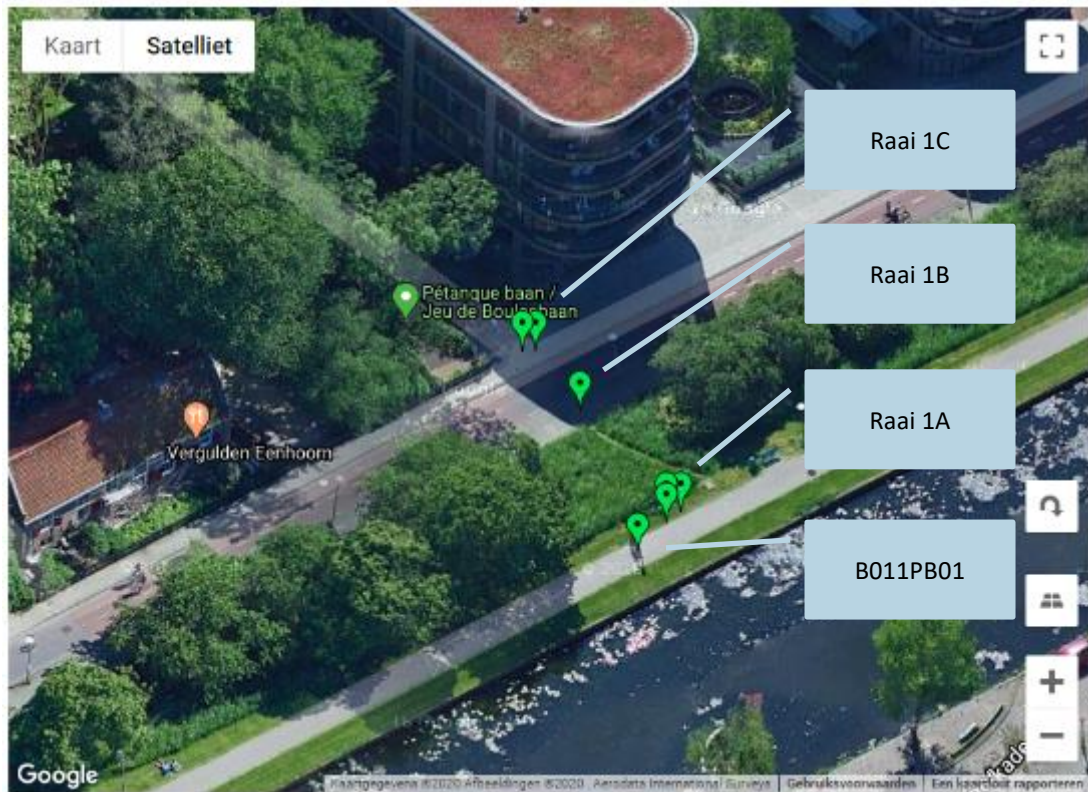
3.5 Beplanting

Er is geen monitoring van de aanwezige bomen meer voorzien in de resterende monitoringsperiode. De afrondende monitoring is uitgevoerd in kwartaal 2 van 2020. In kwartaal 4 van 2020 zijn de resultaten van de monitoring voorgelegd en vastgesteld met de technische commissie.

3.6 Grondwater

3.6.1 Meetlocaties

De locaties van de waterspanningsmeters en peilbuizen zijn opgenomen in Figuur 3-1 tot en met Figuur 3-3. Tevens is een overzicht van de peilbuizen en waterspanningsmeters weergegeven in Tabel 3-1. In Tabel 3-1 is een overzicht opgenomen van de verschillende waterspanningsmeters met de bijbehorende diepteligging en X,Y coördinaten.



Figuur 3-1: Overzicht locatie peilbuizen en waterspanningsmeters raai 1



Figuur 3-2: Overzicht locatie peilbuizen en waterspanningsmeters raai 2



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

Tabel 3-1: overzicht bestaande peilbuizen (functionerende peilbuizen dikgedrukt)

Raai	Locatie	X' [m]	Y' [m]	MV- hoogte [m NAP]	Diepte WSM [m NAP]	Grondsoort	WSM
1	A-1	123156	484929	0,24	-2,36	Veen	WSM001
1	A-2	123156	484929	0,21	-5,39	Veen	WSM002
1	A-3	123157	484930	0,21	-7,89	Wadzand	WSM003
1	A-4	123157	484929	0,19	-9,91	Wadzand	WSM004
1	B-1	123163	484919	-2,61	-8,01	Wadzand	WSM005
1	C-1	123166	484913	-2,82	-5,32	Veen	WSM006
1	C-2	123167	484913	-2,82	-7,82	Veen	WSM007
1	C-3	123167	484913	-2,81	-9,81	Wadzand	WSM008
1	C-4	123167	484913	-2,81	-12,55	Pleistocene zand	WSM009
2	A-1	123371	485085	0,28	-2,54	Veen	WSM010
2	A-2	123371	485085	0,30	-5,52	Veen	WSM011
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
2	C-2	123380	485072	-3,22	-8,00	Wadzand	WSM016
2	C-3	123380	485071	-3,22	-10,00	Wadzand	WSM017
2	C-4	123381	485072	-3,22	-12,56	Pleistocene zand	WSM018
3	A-1	123569	485228	0,31	-2,50	Veen	WSM019
3	A-2	123569	485229	0,31	-5,50	Veen	WSM020
3	A-3	123568	485229	0,32	-8,00	Wadzand	WSM021
3	A-4	123568	485228	0,33	-10,00	Wadzand	WSM022
3	A-5	123569	123568	0,31	-13,00	Pleistocene zand	WSM023
3	B-1	123575	485219	-2,80	-8,00	Wadzand	WSM024
3	C-1	123583	485215	-3,15	-5,50	Veen	WSM025
3	C-2	123582	485216	-3,16	-8,00	Wadzand	WSM026
3	C-3	123582	485215	-3,15	-10,00	Wadzand	WSM027
3	C-4	123583	485216	-3,17	-13,00	Pleistocene zand	WSM028

3.6.2 Meetperiode

De meetgegevens omvatten de periode 01-01-2022 tot en met 31-03-2022.

3.6.3 Apparatuur

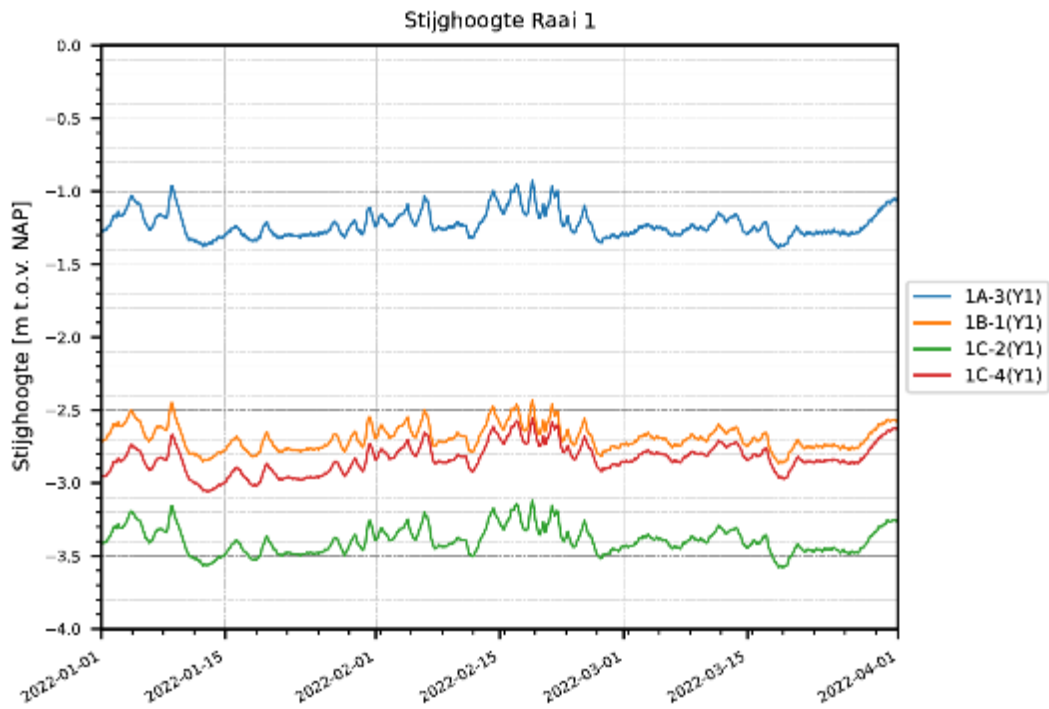
De analoge waterspanningsmeters zijn type 21Y met een meetbereik van 200 kPa, van Geopoint systems BV. De data worden met een vaste kabel van de waterspanningsmeter naar de sensor op een loggerkast verstuurd. (type: één-kanaalslogger van Geopoint). Vanuit de loggerkast worden de gegevens dagelijks naar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

3.6.4 Bijzonderheden

In september 2018, maart 2020 en januari 2021 is de status van de peilbuizen gecontroleerd, meerdere peilbuizen zijn uitgevallen, deze zijn daardoor niet opgenomen in de grafieken van de monitoringsdata in de volgende paragrafen.

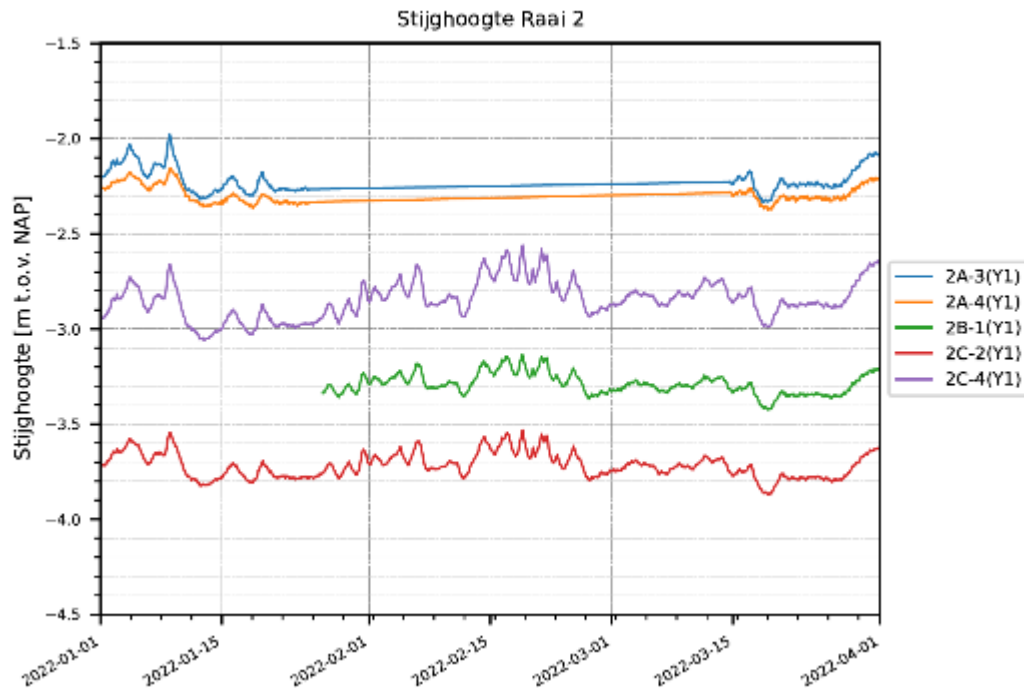
3.6.5 Data

In Figuur 3-4 tot en met Figuur 3-6 zijn de waarnemingen per raai uitgezet tegen de datum. Daarnaast is in **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.** tot en met **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.** de stijging of daling per maand weergegeven, met als referentiepunt de start van elke maand. Een analyse tussen droge periodes, natte periodes en eventuele stijgingen of dalingen in de peilbuizen wordt in de jaarrapportage beschouwd, zie hiervoor hoofdstuk 5.



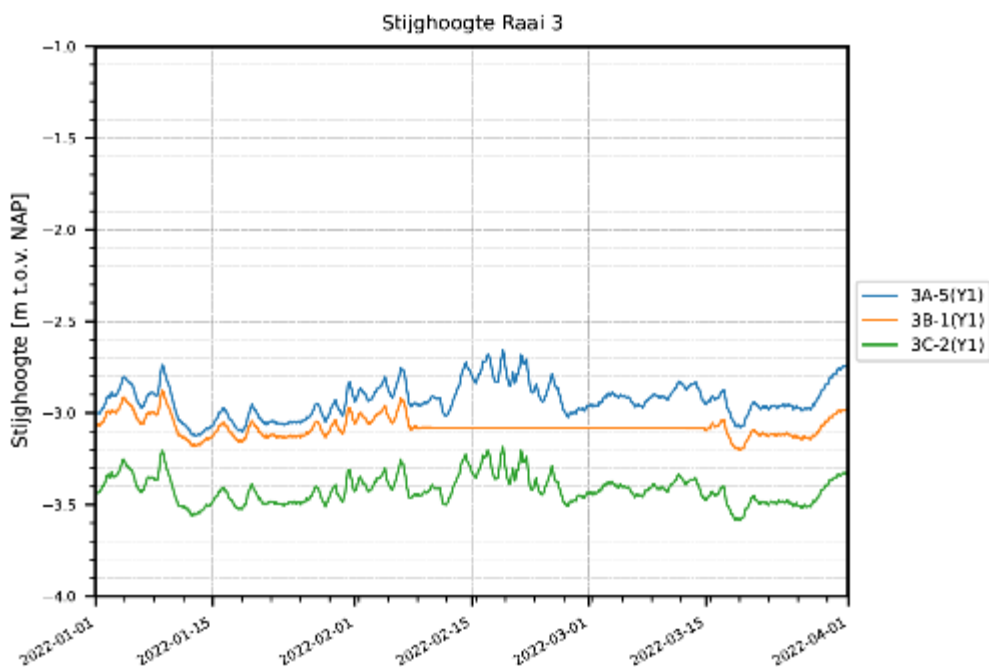
Figuur 3-4 Stijghoogte uitgezet tegen de datum, 01-01-2022 tot 31-03-2022, van raai 1

In de meetdata zijn dit kwartaal geen bijzonderheden te zien.



Figuur 3-5 Stijghoogte uitgezet tegen de datum, 01-01-2022 tot 31-03-2022, van raai 2

Wat opvalt is dat 2A-3 en 2A-4 in de periode tussen eind januari en medio maart geen meetdata laten zien. De meetdata van 2B-1 komt juist wel weer door vanaf eind januari.



Figuur 3-6 Stijghoogte uitgezet tegen de datum, 01-01-2022 tot 31-03-2022, van raai 3

In raai 3 valt op dat 3B-1 gedurende 1 maand geen data heeft opgeslagen/verzonden.

3.7 Voorspanning

3.7.1 Meetlocaties

Elke JLD-Dijkstabilisator is voorzien van een druksensor om de voorspanning te meten. Zoals in paragraaf 3.7.4.1 is beschreven verzendt een deel van de stabilisatoren structureel data.

Ten behoeve van de analyse in de 3-maandelijke monitoringsrapportages van de voorspanning is een selectie gemaakt van karakteristieke configuraties. Hierin zijn enkel de stabilisatoren beschouwd die recentelijk data hebben verzonden.

3.7.2 Meetperiode

De meetgegevens omvatten de periode van 01-01-2022 tot en met 31-03-2022.

3.7.3 Apparatuur

De spanning is gemeten met de ingebouwde drukcel.

3.7.4 Bijzonderheden

3.7.4.1 Data verzending

Alle dijkstabilisatoren zijn voorzien van een sensor die de voorspanning op het systeem meet. Circa 65% van deze sensoren verzendt tot op heden geen (of slechts sporadisch) data. De overige 35% van de sensoren verzendt zijn data 2 maal per dag. 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. Op dit moment loopt een separaat traject om de sensoren/dataverzending weer operationeel te maken.

In juni 2020 is daartoe een beslisnotitie opgesteld [3] waarin de te ondernemen stappen uiteen zijn gezet. Aan de hand van de beslisnotitie is een werkplan [4] opgesteld ten behoeve van de uitvoering van de inspectie. De inspectie is uitgevoerd vanaf week 43 van 2020. De inspectie is succesvol afgerond en resulteert in een werkplan voor herstel van de overige nodes in kwartaal 2 van 2022.

3.7.4.2 Meetbereik

In de maandelijkse analyse van de voorspanning is te zien dat er een aantal stabilisatoren zijn die onrealistische voorspanningen tonen (>150 kN) of lage (<0,0 kN). Deze meetwaarden vallen buiten het meetbereik van de sensoren. In Tabel 3-2 zijn deze ankers weergegeven, vetgedrukt geeft de verschillen tussen het betreffende kwartaal en het voorgaande kwartaal. Ten opzichte van 2021 zijn er een aantal wijzigingen in de lijst:

Stabilisatoren welke in de lijst met lage waardes zijn toegevoegd:

- A045 is offline gegaan en staat derhalve niet op de lijst;
- A107 is nieuw op de lijst vanwege onrealistische meetwaardes (momenteel wel boven de 0 kN maar desalniettemin onrealistisch)
- A122 is eind januari 2022 offline gegaan en staat derhalve niet op de lijst;

- A433 is medio januari 2022 offline gegaan en staat derhalve niet op de lijst;
- A450 is weer boven de 0 gekomen. Waarschijnlijk een kalibratiefout in de meetwaardes want gedrag ziet er realistisch uit.
- A487 vertoont al sinds start fluctuerend gedrag. Sinds Q4 2021 waardes onder de 0 kN;
- B059 is medio oktober 2021 offline gegaan en staat derhalve niet op de lijst;

Tabel 3-2: Overzicht onrealistisch hoge en lage voorspanningen op stabilisatoren

Categorie	2021	Q1 2022	Q2 2022	Q3 2022	Q4 2022
Hoog (>100 kN)	A044 , A093 , A100, A107, A108 , A171, A197 , A303, A311, B058 , B060	A093, A100, A107, A171, A303, A311, B058, B060			
Laag (<0 kN)	A033, A045, A109 , A122 , A169 , A306 , A392, A433, A434 , A450 , A452, A465, B058 , B059, B117	A033, A107 , A109, A169, A306, A392, A452, A450 , A452, A465, A487 , B059 , B117, B127			

3.7.5 Data

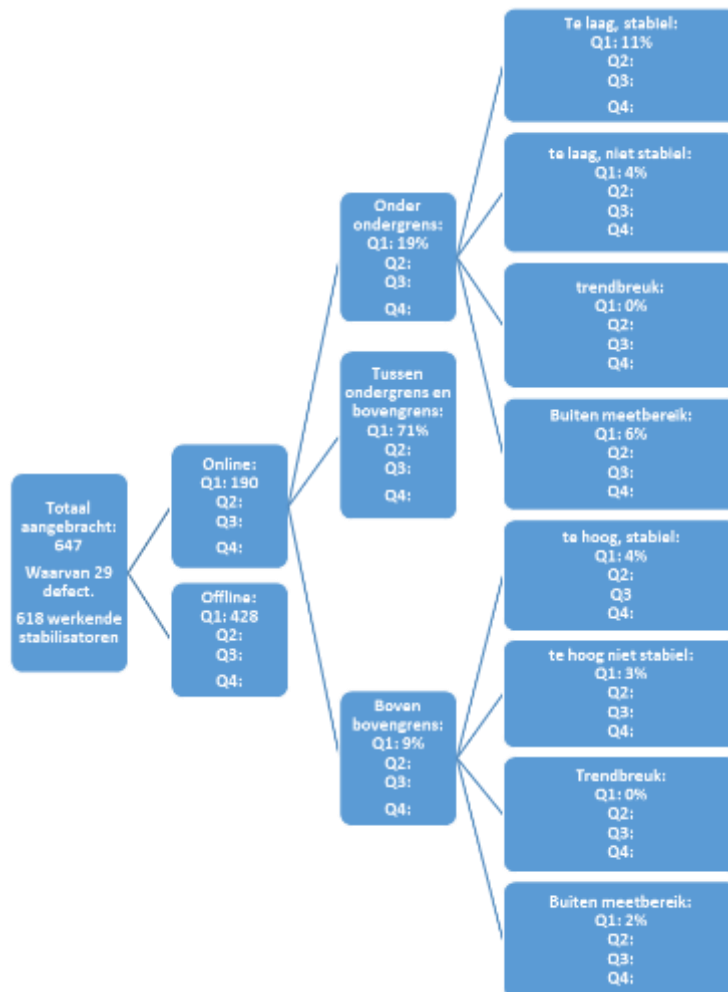
De onderstaande analyse is gebaseerd op de data die toegevoegd zijn in bijlage 1.

3.7.5.1 Algemeen

In Figuur 3-8 en is de toename en afname opgenomen. Hieruit blijkt dat de spanningstoename/afname per stabilisator divers is. Het is duidelijk zichtbaar dat in Q1 2022 de stabilisatoren een kleinere verandering laten zien.

Tabel 3-3 overzicht toe-/afname ten opzichte van het vorige kwartaal als percentage van het totaal aantal zendende dijkstabilisatoren.

Categorie	2021	Q1 2022	Q2 2022	Q3 2022	Q4 2022
Toe-/afname nihil	10%	24%			
Toe-/afname 0,25 kN tot 1 kN	19%	39%			
Toename groter dan 1 kN	23%	15%			
Afname groter dan 1 kN	49%	22%			



Figuur 3-7 Overzicht voorspanning eind Q1 2022



Figuur 3-8 Verandering voorspanning 2022 Q1

3.7.5.2 Voorspanning onder ondergrens

15% van de stabilisatoren hebben een gemeten voorspanning die lager is dan de ondergrens (30 kN). Aan het eind van de vorige periode, 31-12-2021, had 13,4% van de stabilisatoren een te lage voorspanning. Dat betekent dat er een toename in aantal is van 1,6%.

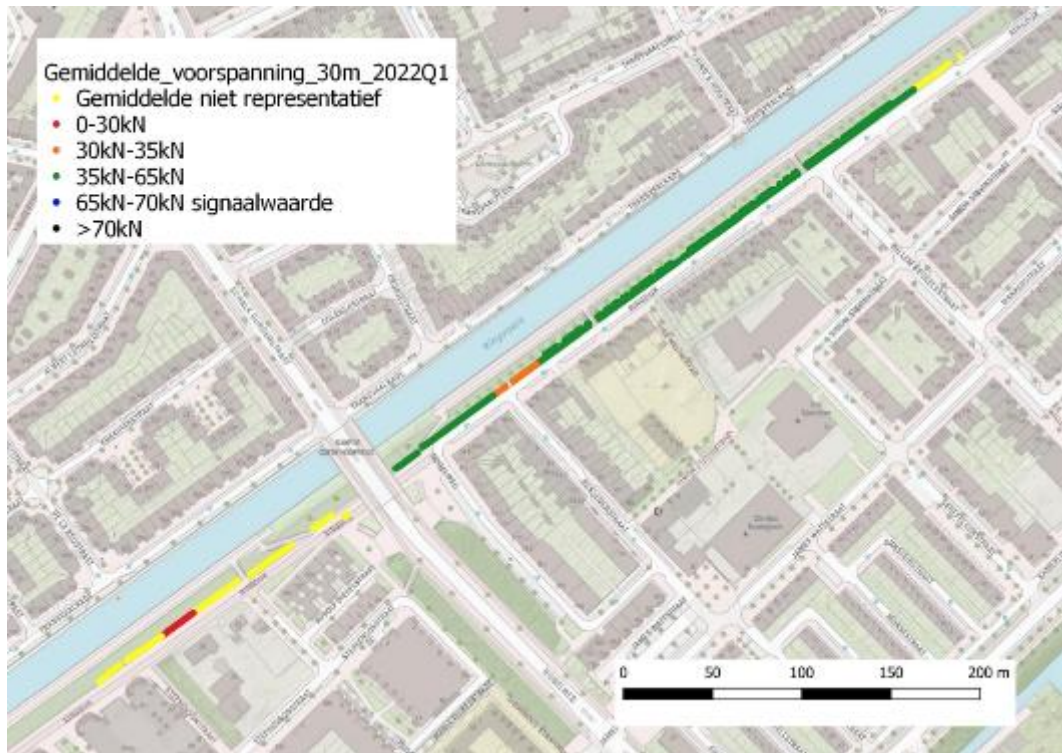
Conform het beheer- en onderhoudsplan [5] dient bij een te lage voorspanning van enkele stabilisatoren de gemiddelde voorspanning over een traject van 30 meter gecontroleerd te worden. Als hier uit volgt dat de gemiddelde voorspanning lager is dan 30 kN dan dienen de stabilisatoren nagespannen te worden. Als de gemiddelde voorspanning hoger is dan 30kN, maar lager dan 35 kN, dan dient het naspanssen ingepland te worden zodat deze niet onder de 30 kN zakt.

Uit de analyse volgt dat de gemiddelde voorspanning op 1 locaties in de categorie valt met een voorspanning tussen de 30 tot 35 kN. Daarnaast valt ook 1 locatie in de categorie van een gemiddelde voorspanning van lager dan 30 kN.

De locatie waar de gemiddelde voorspanning lager is dan 30 kN betreft de overgangszone aan de westzijde van het traject. Om de veiligheid van de dijk te waarborgen is de overgangsconstructie gepositioneerd in een zone waar de veiligheid van de groene dijk (zonder de versterking met de JLD-Dijkstabilisator) al voldoet aan de norm. De overgangsconstructie heeft hier enkel als doel om de voorspanning geleidelijk in de dijk te introduceren. Het feit dat de gemiddelde voorspanning hier lager is dan 30 kN heeft daarom geen significant effect op de waterveiligheid.

Conform het beheerplan is het naspanssen ingepland, namelijk in het begin van kwartaal 2 in 2022. Op basis van efficiëntie en bovenstaande argumentatie is het naspanssen van een deel van de stabilisatoren tegelijkertijd ingepland met de beheeractie omtrent het online krijgen van de nodes die nu geen data verzenden (Q2 2022).

Er zijn drie zones waarbij er niet voldoende nodes online zijn om een realistisch gemiddelde te bepalen, deze zijn geel gemarkeerd in de afbeelding. Tijdens de inspectie in Q2 2022 worden deze nodes terug online gebracht en wordt de voorspanning gecontroleerd.



Figuur 3-9 Overzicht gemiddelde voorspanning in een straal van 15 meter rondom elke stabilisator.

3.7.5.3 Voorspanning boven bovengrens

Er zijn 13 stabilisatoren waarbij de gemeten voorspanning hoger is dan de bovengrens (70 kN). Het betreft 6,5% van de stabilisatoren, dit percentage is nagenoeg gelijk aan de voorgaande periode.

Conform het beheer- en onderhoudsplan [5] dient bij een te hoge voorspanning van enkele stabilisatoren de gemiddelde voorspanning over een traject van 30 meter gecontroleerd te worden. Als hier uit volgt dat de gemiddelde voorspanning hoger is dan 70 kN dan dient direct nader onderzoek te worden uitgevoerd. Het betreft slechts enkele stabilisatoren met een te hoge voorspanning. De gemiddelde voorspanning is op alle locaties ruim onder de bovengrens van 70 kN (zoals in Figuur 3-9 is weergegeven). Het krachtverloop van de JLD-Dijkstabilisatoren met een te hoge voorspanning wordt conform het beheerplan maandelijks gecontroleerd¹.

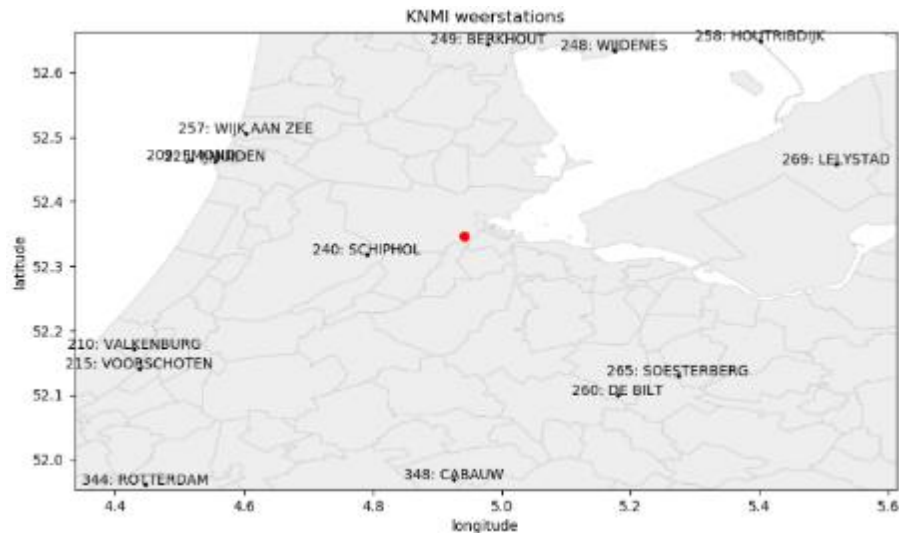
¹ De bovengrens van het systeem is berekend aan het eind van 100 jaar inclusief materiaaldegradatie en dijkophoging.

3.8 Neerslag

Het weerstation is in kwartaal 3 aangesloten op het dak van waternet, echter is er op dit moment nog geen data beschikbaar van dit weerstation. Voor de huidige analyse is data van het KNMI geraadpleegd.

3.8.1 Meetlocatie

Om tot representatieve data te komen zijn de weerstations van het KNMI geraadpleegd. In Figuur 3-10 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.



Figuur 3-10: Weerstations in de omgeving van Amsterdam. De projectlocatie is in rood weergegeven. (bron: KNMI)

3.8.2 Meetperiode

De meetgegevens omvatten de periode van 01-01-2022 tot en met 30-03-2022.

3.8.3 Apparatuur

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

3.8.4 Bijzonderheden

Op het dak van Waternet is een weerstation aanwezig, echter is er op dit moment nog geen data beschikbaar van dit weerstation. Om tot representatieve data te komen zijn de weerstations van het KNMI geraadpleegd. De verwachting is dat het weerstation op het dak van Waternet niet meer gebruikt kan worden voor het pilotproject te Watergraafsmeer.

3.8.5 Data

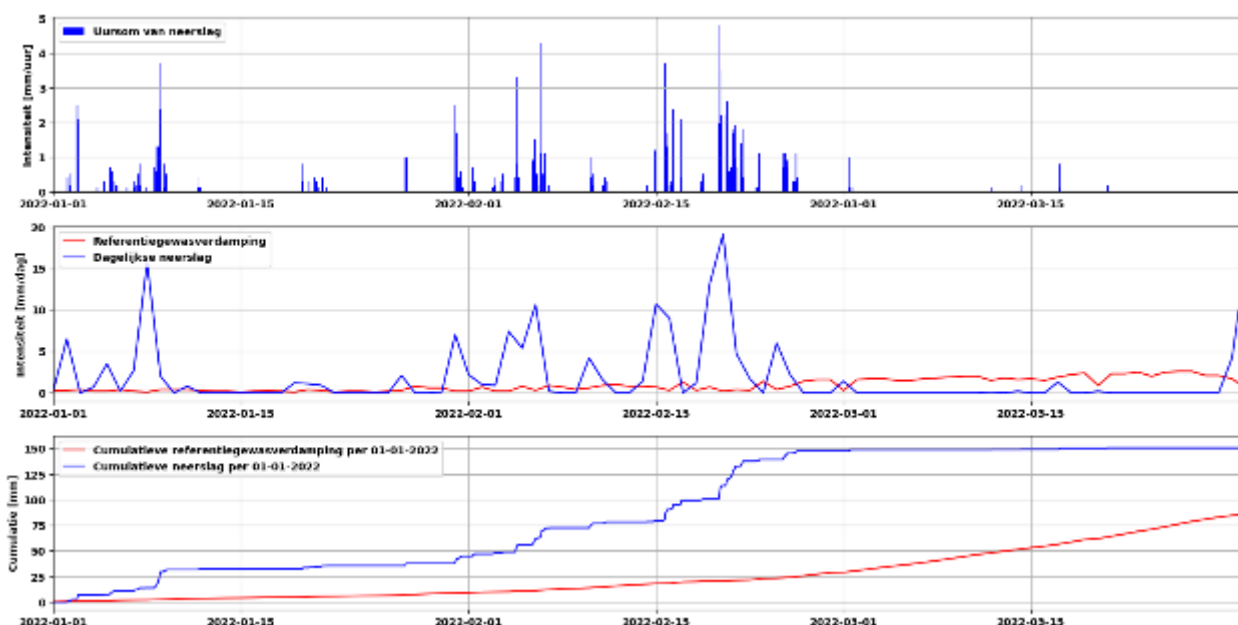
In Figuur 11 is neerslag- en verdampingsdata weergegeven van het weerstation Schiphol in de periode van 1-jan-2022 tot 31-mrt-2022.

Neerslag

In de bovenste grafiek van Figuur 11 is de uursom weergegeven van de neerslag. In de eerste twee weken van januari en de hele maand februari is er relatief veel neerslag gevallen. De maand maart was een zeer droge maand met slechts 23 mm neerslag, waarvan 20 mm in de laatste twee dagen van de maand maart is gevallen. Er hebben zich totaal vijf evenementen voorgedaan met een dagelijkse regenval van minimaal 10 mm (zie middelste grafiek). In de cumulatieve grafiek (onder) zijn de twee droge perioden van eind januari en maart terug te zien, de totale neerslag in deze periode betreft 170 mm.

Verdamping

De referentiegewasverdamping is een theoretische waarde voor verdamping. Het staat voor de hoeveelheid water die verdampt uit een grasveld dat goed voorzien is van water en nutriënten. De referentiegewasverdamping wordt door het KNMI bepaald uit onder meer de temperatuur en zonnestraling. De dagelijkse referentiegewasverdamping is weergegeven in de middelste grafiek van Figuur 11. Beging januari is de verdamping ca. 0 mm/dag, tot eind maart loopt de verdamping (met enige fluctuaties) langzaam op tot ca. 2,5 mm/dag.



Figuur 11: Neerslag en referentiegewasverdamping van het meetstation Schiphol (bron: KNMI)

Relatie neerslag-verdamping

In Tabel 4 is de wekelijkse neerslag- en verdamping weergegeven. In de eerste maanden van het jaar is de neerslag doorgaans substantieel groter dan de verdamping. In de weken dat er neerslag is gevallen is dat ook het geval. In de laatste drie weken van de maand januari is er vrijwel geen neerslag gevallen, de verdamping is ongeveer gelijk aan de hoeveelheid neerslag. In de maand maart was vrijwel geen neerslag, de verdamping is hier wel substantieel toegenomen t.o.v. januari en februari, in deze maand was daardoor een neerslagtekort van ca. 35 mm. Netto is er aan het eind van de periode een neerslagoverschot van ca. 86 mm.

Tabel 4: Wekelijkse neerslag en verdamping

Week	Van	Tot	Neerslag [mm]	Verdamping [mm]
52	01-jan	02-jan	7	1
1	03-jan	09-jan	25	2
2	10-jan	16-jan	1	2
3	17-jan	23-jan	3	2
4	24-jan	30-jan	2	3
5	31-jan	06-feb	35	3
6	07-feb	13-feb	6	5
7	14-feb	20-feb	55	4
8	21-feb	27-feb	15	6
9	28-feb	06-mrt	1	10
10	07-mrt	13-mrt	0	13
11	14-mrt	20-mrt	2	12
12	21-mrt	27-mrt	0	17
13	28-mrt	31-mrt	20	6

4 Monitoringsdata en analyse Purmerend

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 [6]. Onderstaand zijn de resultaten en eventuele vervolgacties opgenomen.

4.1 Concept resultaten

De volgende resultaten zijn behaald:

- Input verkregen voor de monitoring en bijbehorend beheer voor het ontwerp van Watergraafsmeer;
De analyse betrof de eerste praktijkervaringen opdoen met de monitoringssystemen en de JLD-Dijkstabilisator. Hierop is het monitoringssysteem, het ontwerp en beheer afgestemd van Watergraafsmeer.
- Onderzoeksvraag 7 & 11 Kwel- en pipinganalyse is beantwoord [7];
Dit betrof een onderzoek naar kwel en piping langs de JLD-Dijkstabilisator. Dit onderzoek is uitgevoerd door middel van infrarood metingen, visuele inspecties en waterspanningsmetingen. Dit is gerapporteerd in de beantwoording van onderzoeksvraag 7 en 11 van het ENW. Hierbij zijn metingen van Purmerend en Watergraafsmeer gebruikt. Er zijn geen piping situaties opgetreden. Tevens is er vrijwel geen kwelwater waargenomen tijdens de metingen. In het veld komt de stijghoogte niet boven maaiveld uit, de locatie is daarmee niet pipinggevoelig.
- Onderzoeksvraag 15 'Trillingen tijdens inbrengen van de JLD-Dijkstabilisator' is beantwoord [8];
Tijdens het inbrengen van de JLD-Dijkstabilisator zijn de trillingen gemeten in Purmerend. Aan de hand van de metingen in Purmerend is de uitvoeringswijze aangepast voor Watergraafsmeer. In de Watergraafsmeer zijn vervolgens opnieuw trillingsmetingen gedaan en op basis van deze trillingsmetingen is onderzoeksvraag 15 beantwoord;
- Onderzoeksvraag 16 'Maaiveld deformaties bij het inbrengen van de JLD-Dijkstabilisator en deformaties rondom kopplaten tijdens het afspannen' is beantwoord [9];
Tijdens het inbrengen en afspannen van de kopplaten zijn maaiveld deformaties opgetreden. Bij het inbrengen zijn de deformaties orde grootte 10 tot 70 mm en bij het afspannen bedroeg de zakking van de kopplaat ca 30 tot 70 mm. De effecten van deformaties reiken tot een straal van maximaal 1,5 m. De metingen zijn verwerkt in een rapportage voor onderzoeksvraag 16 van het ENW.
- Testen van de uitvoering is geslaagd;
Tijdens de proeven in Purmerend is de uitvoering getest met betrekking tot aanbrengen, materieel, monitorings- en logsystemen van de machine en afspannen van de JLD-Dijkstabilisator met de afspanunit. De ervaringen zijn meegenomen in de uitvoering voor Watergraafsmeer. Wijzigingen naar aanleiding van de proeven in Purmerend zijn veel kleine aanpassingen waardoor de uitvoering efficiënter gaat en daarnaast de vervanging van het trilblok om de trilling te minimaliseren.

4.2 Vervolgstappen

Een groot deel van de analyses zijn reeds uitgevoerd. Daarmee heeft de proef waardevolle informatie opgeleverd. Op basis van de in Purmerend verzamelde data zijn nog een aantal

analyses mogelijk die in een nadere postdictie uitgewerkt worden. Deze postdictie is gepland in 2024 samen met de postdictie van het pilotproject in Watergraafsmeer. Het betreft de volgende analyses:

- 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.

5 Advies

Op basis van het uitgevoerde onderzoek wordt advies opgenomen ten behoeve van de monitoring voor de resterende monitoringsperiode.

5.1 Algemeen

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

- **Kwel:**
Het advies is om in 2022 tijdens de herstelwerkzaamheden specifiek te monitoren op kwel. Op basis van de monitoring kan in de jaarrapportage van 2022 onderzoekvraag 7 worden afgerond.
- **Voorspanning**
De voorspanning van 27 stabilisatoren is in Q1 lager dan de ondergrens (exclusief de stabilisatoren met een voorspanning buiten het meetbereik). Het advies is om deze in 2022 na te spannen. De voorspanningen worden wekelijks gemonitord en er is een onderhoudsactie ingepland in Q2 2022 om de stabilisatoren na te spannen. Deze actie hoeft niet met spoed uitgevoerd te worden, dit omdat het traject waar de voorspanning onder de 30 kN is gezakt niet het maatgevende deel is van de ringdijk. Dit betekent dat de waterveiligheid nog steeds geborgd is.
 - Een aantal stabilisatoren hebben een voorspanning hoger dan de bovengrens. Deze worden maandelijks gemonitord. Bij de beheeractie m.b.t. de niet zendende nodes worden ook enkele stabilisatoren gecontroleerd op de te hoge voorspanning.
 - Op drie strekkingen is er te weinig meetdata om een gemiddelde voorspanning te bepalen. Tijdens de herstelactie in kwartaal 2 van 2022 moeten deze stabilisatoren online worden gebracht en moet de voorspanning gecontroleerd worden.
- **Waterspanning:**
 - De data van peilbuizen 2C-1, 2C-2 en 2C-4 vertonen een grillig verloop, het betreft peilbuizen die in het achterland staan. Het grillige verloop is in minimale mate terug te zien in de kruin, dit betreft de peilbuizen 2A-3 en 2A-4. In de jaarrapportage dient dit aspect nader geanalyseerd te worden. Tevens dient de status van de verschillende waterspanningsmeters gecontroleerd te worden.
- **Beheer:**
 - In het beheerplan een paragraaf opnemen dat de aan te brengen voorspanning bij het naspannen afgestemd moet worden op de tijd van het jaar. Voorkeur is naspannen in een natte periode (einde gesloten seizoen). Bij naspannen in een droge periode moet rekening worden gehouden met het feit dat de spanning in de natte periode weer iets op zal lopen.

6 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, JLD-Contracting, Waternet, „NOT_20200618_CN01_Beslisnotitie_IssueZendkastjes JLD_20.017487,” 2020.
- [4] Antea Group, „20201005 - 413509-WP opgraven nodes,” 2020.
- [5] Antea Group, „Beheer- en onderhoudsplan JLD-Dijkstabilisator Ringdijk Watergraafsmeer revisie 05,” 27-5-2019.
- [6] Antea Group, „Interactieproef Purmerend 2018-2020 JLD-Dijkstabilisator - overzicht data voor nadere analyse,” 02-12-2020.
- [7] Antea Group, „Pilot JLD-Dijkstabilisator Watergraafsmeer - Onderzoeksvragen 7 en 11: Piping en kwel,” 03-2019.
- [8] Antea Group, „Pilot JLD-Dijkstabilisator Watergraafsmeer, onderzoeksvraag 15: evaluatie trillingen,” maart 2019.
- [9] Antea Group, „Pilot JLD-Dijkstabilisator Watergraafsmeer - Onderzoeksvraag 16 - Grondverdringing tijdens het inbrengen,” 03-2019.

Bijlage 1 Voorspanning

Separaat geleverd

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.