

## Notitie / Memo

HaskoningDHV Nederland B.V.  
Industry & Buildings

Aan: Waternet  
Van: Erik Tijdeman  
Datum: 3 maart 2023  
Kopie: Stijn Schoen  
Ons kenmerk: BH8180-RHD-ZZ-XX-NT-N-0008  
Classificatie: Projectgerelateerd  
Goedgekeurd door: Martijn Asschert  
Vrijgave: Thad van der Bruggen  
**Onderwerp: Quickscan effecten geohydrologie t.p.v. damwandconstructie A1**

---

## 1 Inleiding

### 1.1 Aanleiding

Ten behoeve van de dijkversterking Stammerdijk wordt ter plaatste van dijktraject A02-136C dijkvak A1 een zelfstandige waterkerende damwand langs de oever geplaatst als vervanging van de huidige regionale kering die ter plaatse van de Stammerdijk ligt. Huidig is een variabele verticale houten constructie aanwezig. Het is niet zeker wat de kwaliteit van deze constructie is. Ten behoeve van de opwaardering tot regionale waterkering dient deze constructie vervangen te worden voor een zwaardere stalen damwand.

### 1.2 Probleemstelling

Het vervangen van de verticale constructie zorgt voor verandering in eigenschappen in het huidige ondergrond- en grondwatersysteem. Het materiaal wijzigt van diverse houten (potentieel lekke) damwanden naar een ondoorlatende stalen damwand tot op een diepte van maximaal NAP -15,0 meter onder maaiveld. Deze wijzigingen hebben potentieel een effect op het grondwatersysteem.

### 1.3 Doelstelling

Het doel van het memo bestaat uit drie onderdelen:

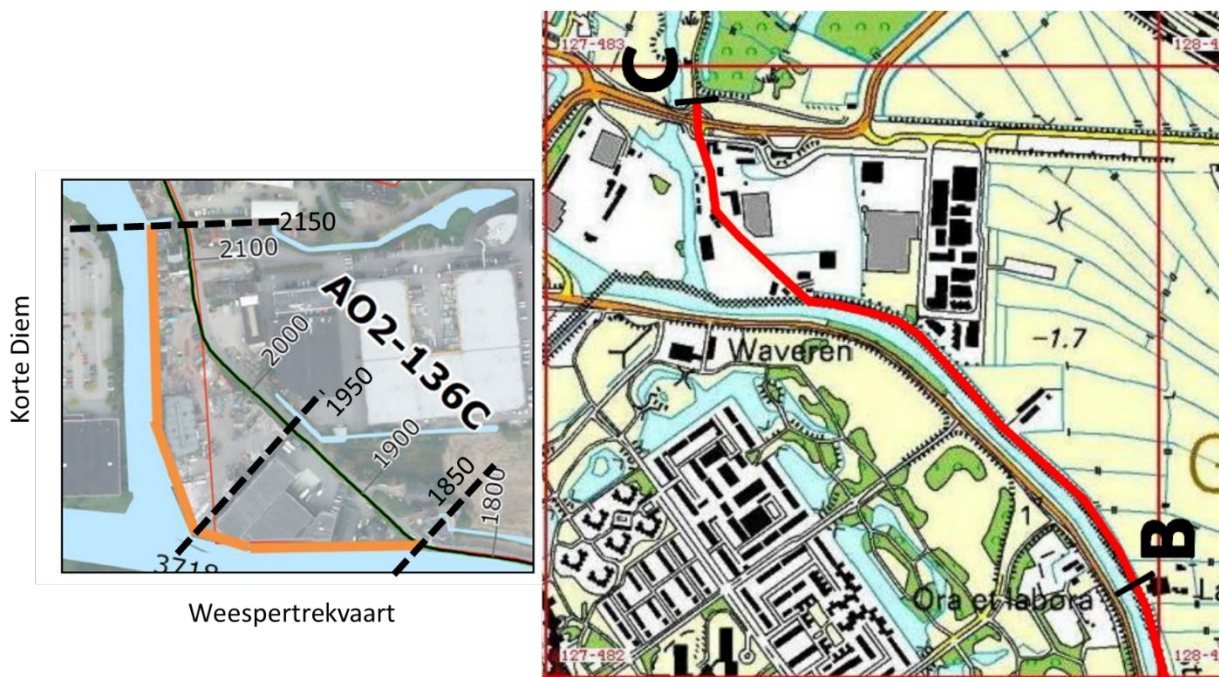
1. Het huidige systeem in kaart brengen aan de hand van geologische informatie en grondwatermetingen, inclusief het effect van de huidige houten constructie.
2. Potentiële effecten op het grondwatersysteem in kaart brengen na aanbreng van de nieuwe stalen verticale constructie.
3. Een voorstel doen voor mitigerende maatregelen en voorzetting van de monitoring.

## 2 Project locatie, grondgebruik en hoogteligging.

De project locatie bevindt zich ter plaatse van Stammerdijk op een industrieterrein. Dit ligt ten zuidoosten van Diemen. Het gebied is aan de zuidzijde omgeven door de Weespertrekvaart en aan de westzijde door de Korte Diem. Circa 3 kilometer ten noordoosten bevindt zich het IJmeer. Een overzicht is weergegeven in Figuur 1. De groene lijn in het linker kaartje en de rode lijn in het rechter kaartje geven hier de ligging van het dijktraject (de waterkering) aan. De oranje lijn in het linker kaartje is de locatie van de nieuwe verticale constructie. Deze ligt dus vóór de huidige waterkering (lengte 5 à 6 m). De totale lengte van de nieuwe verticale constructie komt tot een diepte van maximaal NAP -15,0 m.

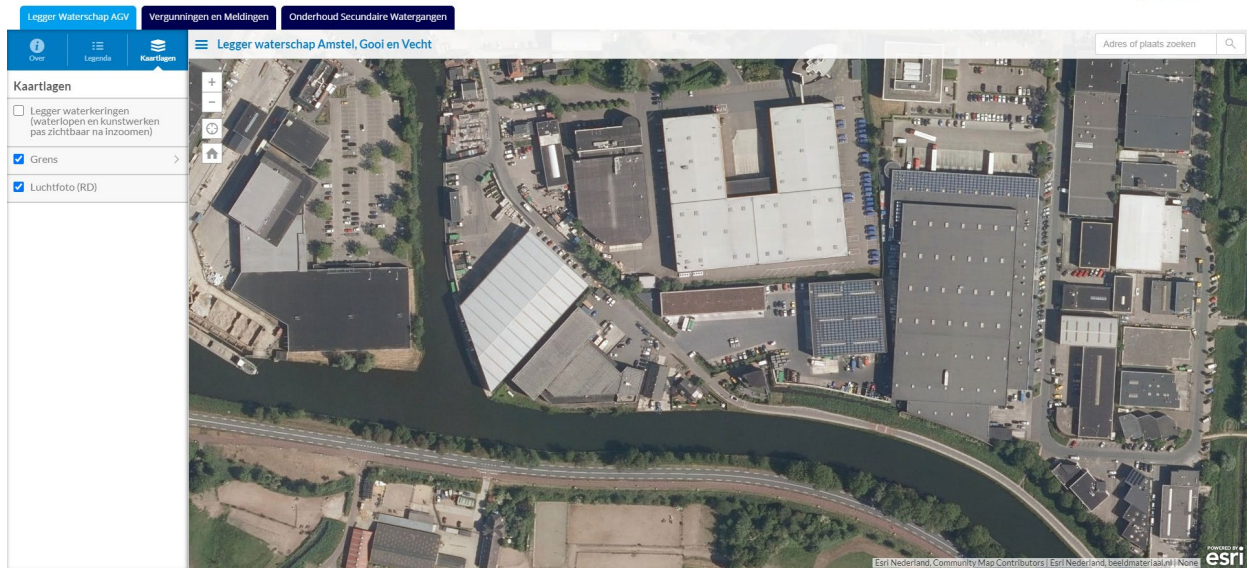
Het terrein tussen de Stammerdijk en de Weespertrekvaart/Korte Diem is vrijwel volledig verhard en grotendeels bebouwd (zie Figuur 2 en 3).

De formele kruinhoogte van de Stammerdijk is volgens de Legger van Hoogheemraadschap AGV NAP+0,10 m. Uit de hoogtemetingen van de AHN3 blijkt dat de dijk ter plaatse van de weg (Stammerdijk) een hoogte heeft van circa NAP-0,6, en dat het terrein tussen de dijk en de Weespertrekvaart/Korte Diem een hoogte heeft maximaal circa NAP+0,3 m.



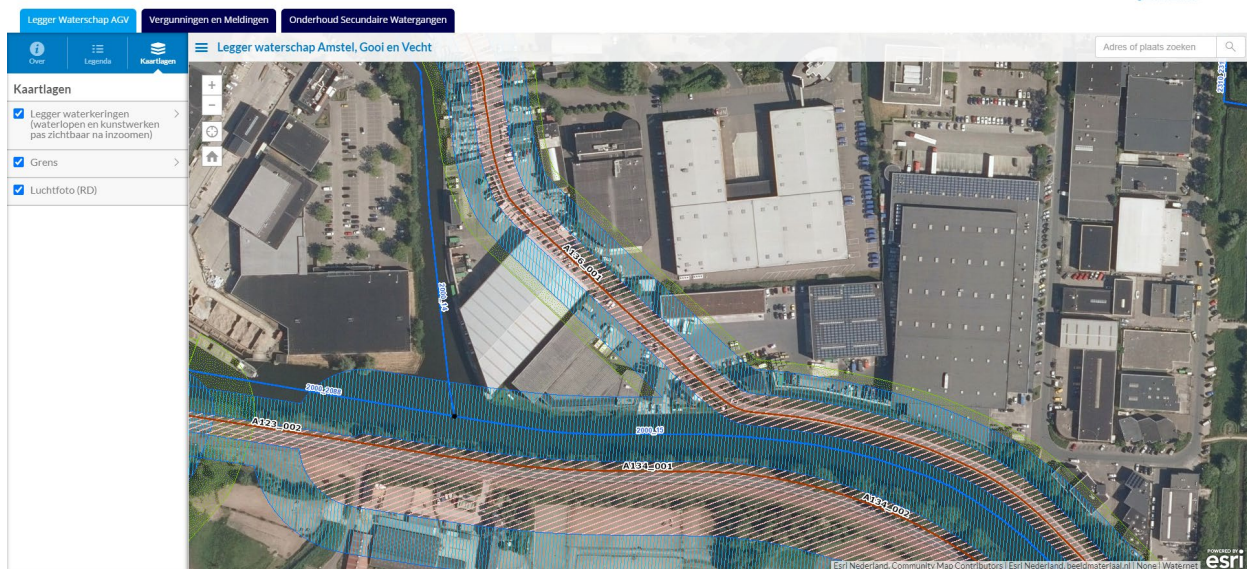
Figuur 1 - Project locatie met oranje de locatie van de nieuwe damwand (links) en rood de locatie van de Stammerdijk.

Kaartlagen behorend bij de regelgeving van het waterschap



Figuur 2 - Luchtfoto

Kaartlagen behorend bij de regelgeving van het waterschap



Figuur 3 - Legger



### 3 Ondergrond- en watersysteem

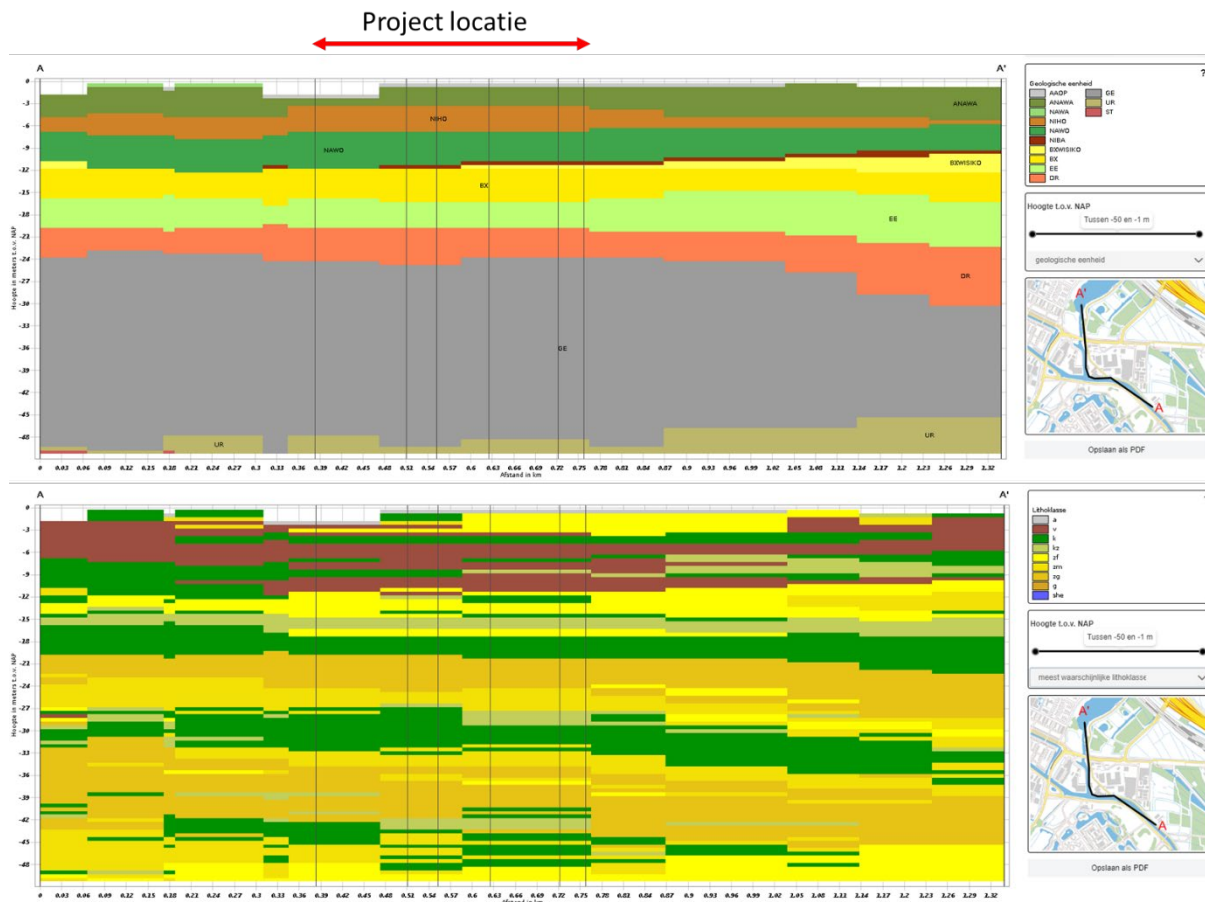
#### 3.1 Bodemopbouw

Een schematisatie van de laagopbouw van de ondergrond is gegeven in Tabel 1. Op de projectlocatie bevindt zich een dikke deklaag. De eerste 4 meter bestaan uit antropogeen materiaal, waarvan de toplaag overwegend bestaat uit zandig materiaal en/of puin ten behoeve van funderingen of historische ophoging. Daaropvolgend wordt een dikke laag zettingsgevoelig materiaal gevonden bestaande uit klei en veen. Onder de deklaag bevindt zich een watervoerend pakket van circa 7,5 meter, welke sporadisch klei- of veenlenzen bevat. Daaronder bevindt zich de slecht doorlatende Eem Formatie. In Figuur 4 is met behulp van GeoTOP een overzicht gegeven van de bodemopbouw over de lengte van de toekomstig beoogde verticale constructie. In Bijlage I zijn bijbehorende langsprofielen uit lokaal grondonderzoek gegeven.

In Figuur 5 wordt een overzicht van de maaiveldhoogte gepresenteerd. Het achterland behoort tot een polder, waarbij de oppervlaktewaterstanden van de boezem significant hoger liggen dan de waterstanden in het achterland. Een deel ligt relatief hoog, doordat er industriepanden aanwezig zijn die in het verleden opgehoogd zijn met zand en/of puin.

Tabel 1 - Schematisatie bodemopbouw op de project locatie

| Globale diepte (m N.A.P.) | Geohydrologische schematisatie       | Geologische afzetting / formatie                 | Lithologische samenstelling  |
|---------------------------|--------------------------------------|--|--|
| 0,0 tot -4,0              | Deklaag                              | Antropogeen materiaal                            | Overwegend zand, zeer/matig fijn tot matig grof<br>Plaatselijk klei/grind/zwak zandig puin/slakken |
| -4,0 tot -7,0             |                                      | Formatie van Naaldwijk, Laagpakket van Walcheren | Veen, matig slap tot vast  |
| -7,0 tot -9,5             |                                      | Formatie van Nieuwkoop                           | Klei, matig slap tot vast en zwak tot sterk zandig   |
| -9,5 tot -10,5            |                                      | Formatie van Naaldwijk, Laagpakket van Wormer    | Veen, matig vast tot vast  |
| -10,5 tot -17,5           | 1 <sup>ste</sup> watervoerend pakket | Formatie van Bostel                              | Zand, zeer fijn, zwak tot sterk siltig, plaatselijk sterk humeus of kleilig.                       |
| -17,5 tot -20,0           | 1 <sup>ste</sup> scheidende laag     | Eem Formatie                                     | Klei   |



Figuur 4 - Doorsnede formaties en meest waarschijnlijke lithoklasse. Bron: BRO GeoTOP v1.4



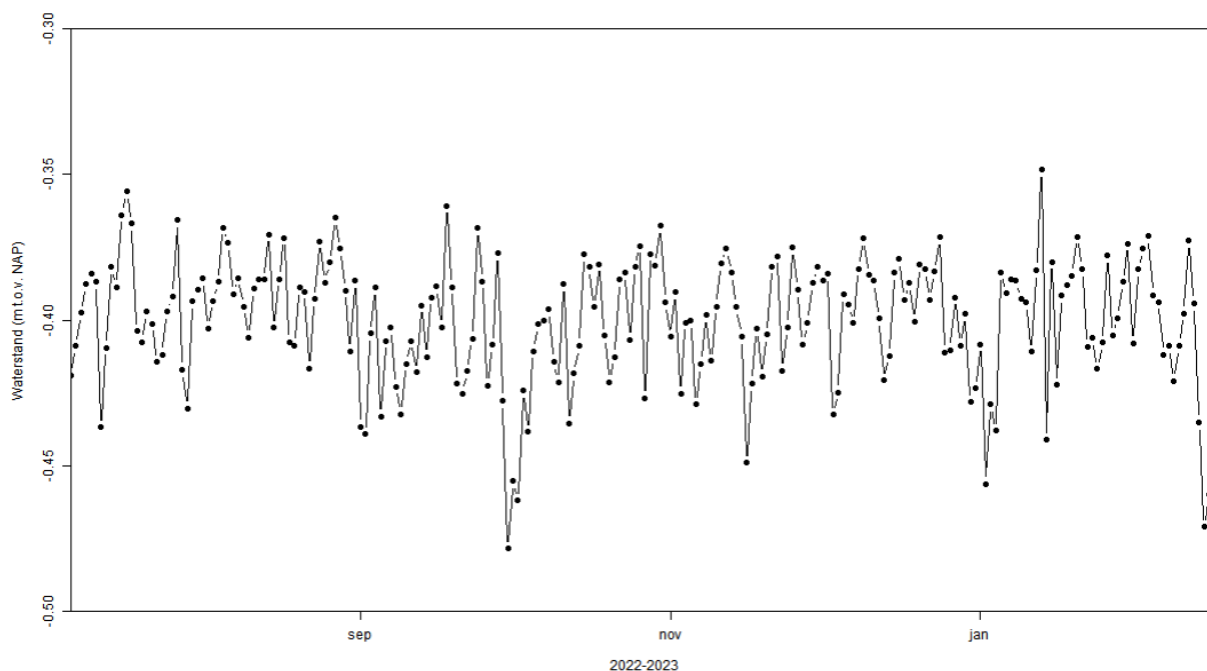
Figuur 5 - Maaieldhoogte op project locatie (Bron: AHN3)

## 3.2 Neerslagafvoer en grondwateraanvulling

Het terrein tussen de te vervangen oeverconstructie en de Stammerdijk is vrijwel volledig verhard en bebouwd. Neerslag wordt hoofdzakelijk over de verharding afgevoerd naar riolering en naar oppervlaktewater (sloten), aan de noordoostzijde van de dijk. Waarschijnlijk is er op het terrein dus nauwelijks sprake van grondwateraanvulling.

## 3.3 Grondwaterstanden en oppervlaktewaterpeilen

De projectlocatie is aan de westzijde en zuidzijde omgeven door respectievelijk de Korte Diem en de Weespertrekvaart. Deze waterlopen worden gekarakteriseerd door een boezempeil. Gemiddeld wordt een boezempeil van NAP -0,40 meter gehandhaafd. Dit is ook te zien aan de waterstandmeting van het dichtstbijzijnde observatiepunt in het Amsterdam-Rijnkanaal bij Weesp, die in directe verbinding staat met de Weespertrekvaart/Korte Diem (Figuur 6). Waterstanden op dit punt fluctueren tussen de -0.35 en -0.45 t.o.v. NAP.



Figuur 6 – waterstanden Amsterdam Rijnkanaal bij Weesp tussen Juli 2022 en Februari 2023.

Ten Noorden en oosten van het interessegebied (tussen de Stammerdijk en de Weespertrekvaart) ligt peilgebied 10.2-8 (geel gemarkeerd). Dit peilgebied heeft een vast peil van -2.3 m t.o.v. NAP. Dit peil is een stuk lager dan het Boezempeil. Mogelijk beïnvloedt dit lagere peil de grondwaterstanden in/op de grens van het interessegebied.

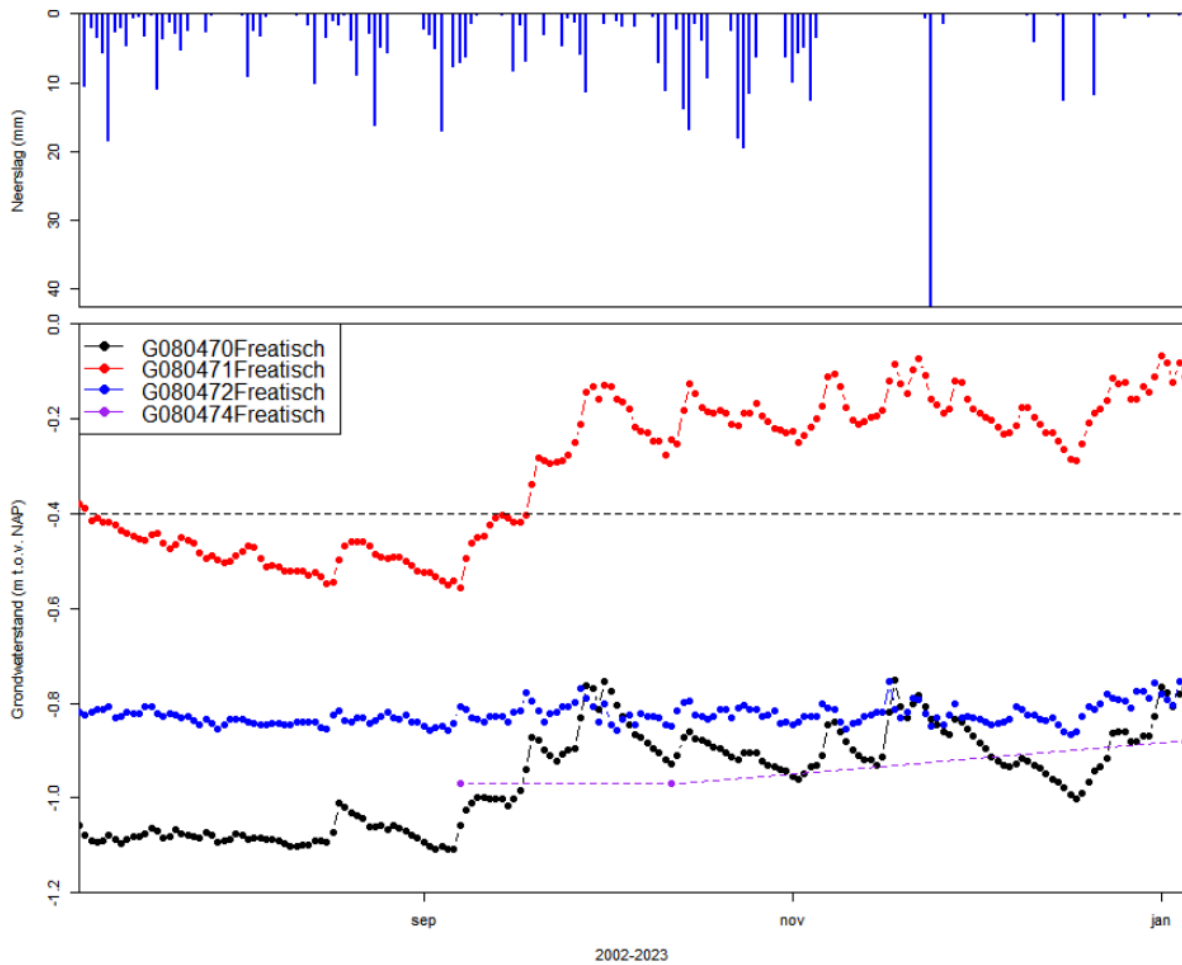
In het kader van dit onderzoek zijn 4 peilbuizen in het gebied geplaatst (Figuur 7). Vier van deze peilbuizen meten het freatisch pakket (peilbuis G080470, G080471, G080472, peilbuis G080474). De eerste drie van deze peilbuizen hebben dagelijkse metingen voor de periode Juli 2022 tot Februari 2023. Voor deze laatste peilbuis zijn slechts 3 metingen beschikbaar.



*Figuur 7 – Locaties waar voor dit onderzoek peilbuizen zijn aangelegd die freatische grondwaterstanden meten.*

Grondwaterstanden voor deze peilbuizen tonen verschillende signalen (Figuur 8).

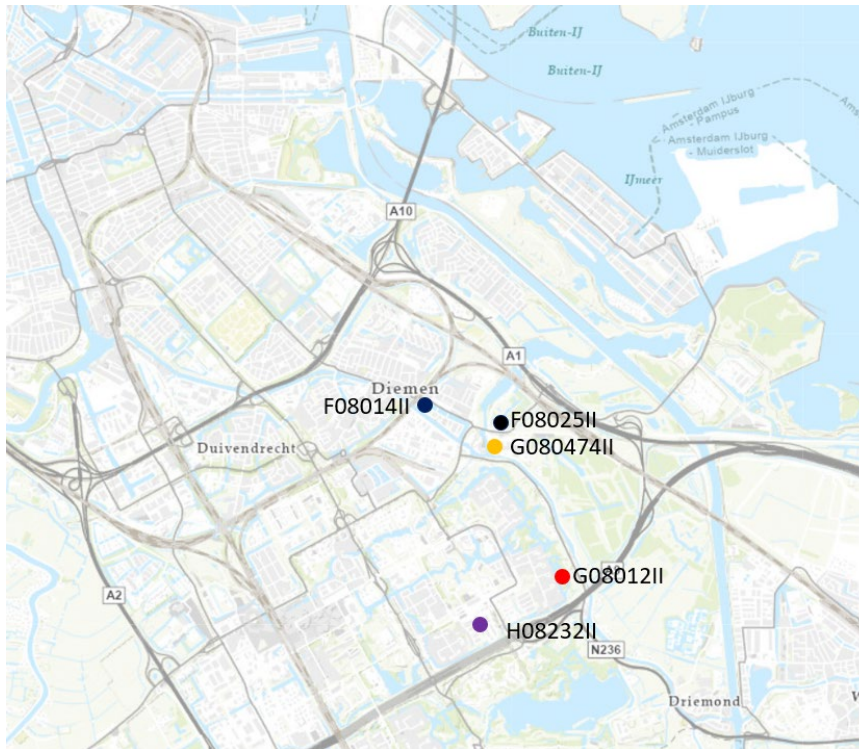
- Metingen voor peilbuis G080470 variëren tussen de -1.1 en -0.8 m t.o.v. NAP, en liggen daarmee aanmerkelijk lager dan Boezempeil. De metingen laten zowel fluctuaties op korte termijn zien in de vorm van piekjes en recessies, alsook fluctuaties op lange termijn (de overgang van lagere naar hogere grondwaterstanden voor/na September 2022).
- Metingen voor peilbuis G080471 liggen hoger en variëren tussen de -0.5 en -0.1 m t.o.v. NAP en zijn daarmee vergelijkbaar met Boezempeil. Ook deze metingen laten zowel fluctuaties op korte als lange termijn zien.
- Metingen voor peilbuis G080472 fluctueren weinig en liggen op een constant niveau van circa -0.8 m t.o.v. van NAP.
- Voor peilbuis G080474 zijn slechts drie metingen aanwezig, die een stuk lager liggen dan het peil in de boezem.



Figuur 8 – Freatische grondwaterstanden voor verschillende peilbuizen in het interessegebied.

Peilbuis G080474 heeft naast filter voor het meten van de freatische grondwaterstanden als enige locatie in het interessegebied ook een filter om de stijghoogte in het eerste watervoerende pakket te meten. Ook zijn er enkele reeds bestaande peilbuizen aanwezig in de directe omgeving die de stijghoogte meten in het eerste watervoerende pakket/ zandlaag (peilbuis F08025II, G08003II, G080474II en H08232II; Figuur 9).

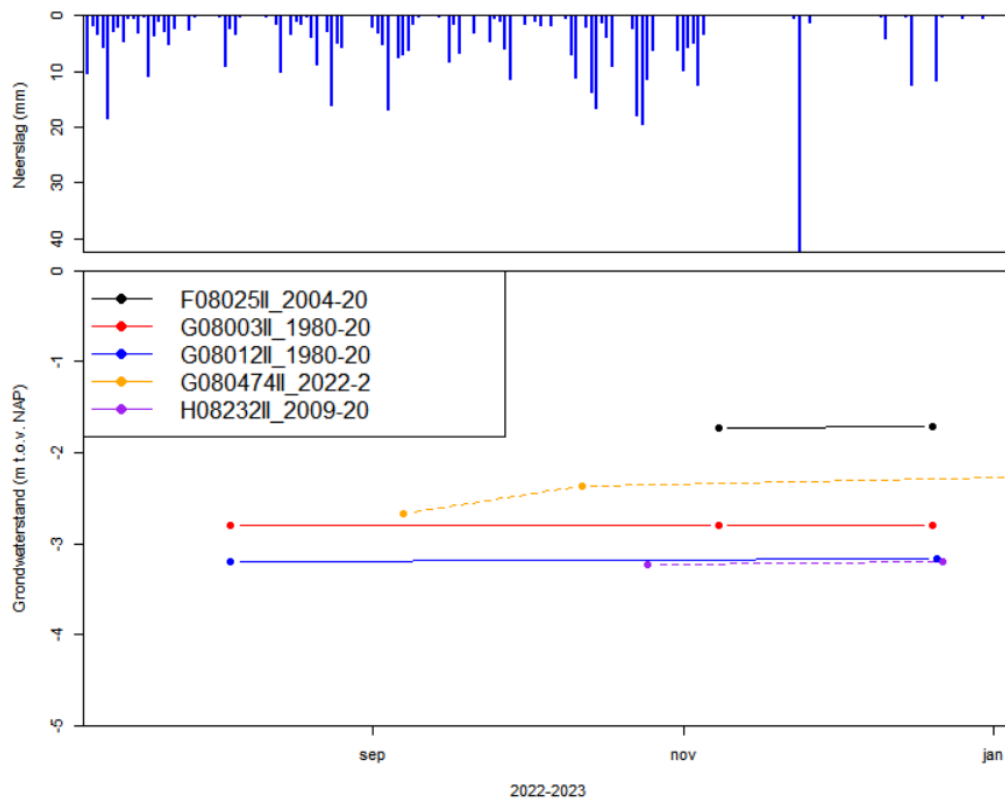




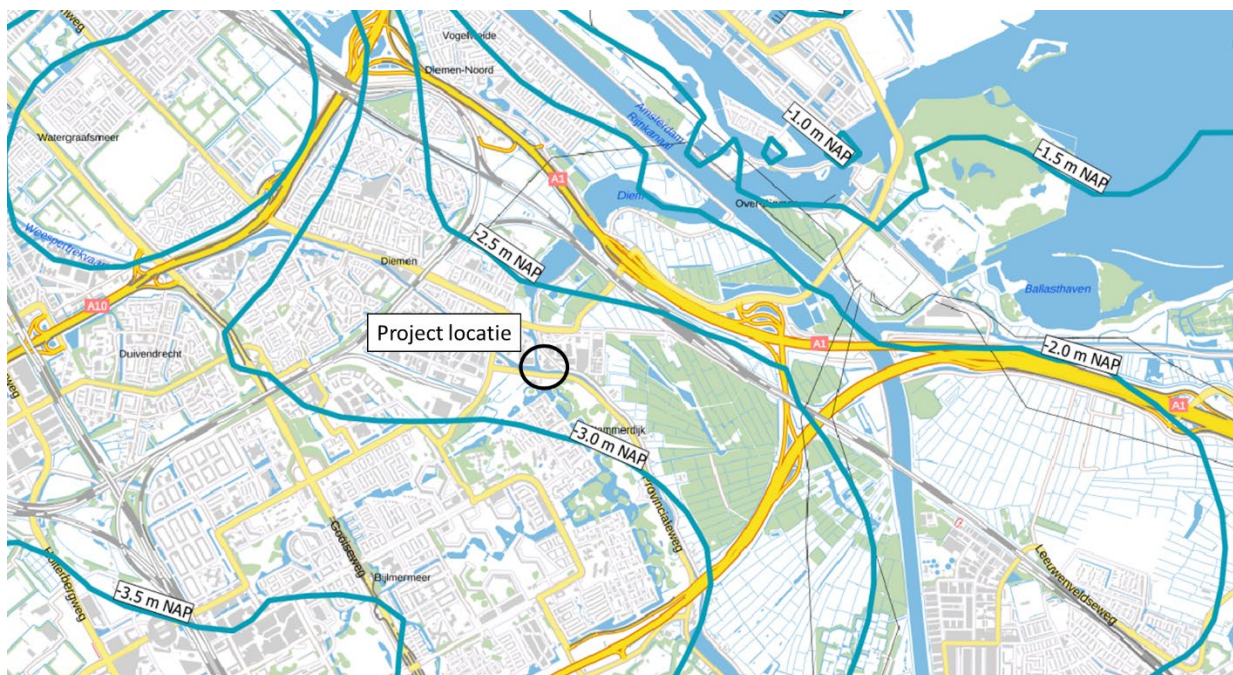
*Figuur 9 – locaties van reeds bestaande peilbuizen in het eerste watervoerende pakket rondom de projectlocatie met een of meer recente metingen in 2022/2023.*

De stijghoogte in het eerste watervoerende pakket ter plaatse van het interessegebied (peilbuis G080474II) varieert tussen de -2.3 en -2.7 meter t.o.v. NAP (Figuur 10). Het is niet mogelijk om aan de hand van deze stijghoogten fluctuaties op de korte termijn te zien (slechts drie metingen). Wel laten deze drie metingen een overgang zien van lagere naar hoger grondwaterstanden voor/na September 2023, die ook voor de metingen in het freatisch pakket zichtbaar waren. Hierbij moet wel de kanttekening geplaatst worden dat het om de interpretatie van slechts 3 metingen gaat, en dat het onzeker is wat er tussen deze metingen is gebeurd. De stijghoogte in een watervoerend pakket fluctueert echter een stuk trager dan de grondwaterstand in het freatisch pakket, waardoor tussen deze metingen geen grote toename of afname van de stijghoogte in het eerste watervoerend pakket wordt verwacht.

De stijghoogte in de omgeving is hoger in het Noorden (peilbuis F08025II) en lager in het zuiden/westen (peilbuis G08012II, H08232II en F08014II). Dit duidt op een verhang van hogere naar lagere stijghoogten vanuit het IJsselmeer richting het Zuidwesten. Dit verhang is vergelijkbaar met het verhang dat zichtbaar is in de Isohypsen van de eerste watervoerende laag die beschikbaar zijn op grondwatertools en het Dinoloket (Figuur 11).



Figuur 10 – Stijghoogte in het eerste watervoerende pakket/zandlaag ter plaatse van het interessegebied (G080474II) en in de nabije omgeving.



Figuur 11 - Isohypsens eerste watervoerend pakket (Bron: Grondwatertools.nl & Dinoloket)

### 3.4 Verticale constructie

Op de locatie van de toekomstige verticale constructie is nu een houten beschoeiing/damwand aanwezig met een verwachte diepte van circa 5 à 6. Ter plaatse van de scheepskraan aan de Weespertrekvaart is bekend dat een damwand aanwezig is.

Er zijn verwachting over de staat van de beschoeiingen/damwand op verschillende plekken in het interessegebied. Deze zijn:

- In zuidoostelijke hoek (bij peilbuis G80470) is de beschoeiing redelijk tot goed.
- In de zuidwestelijke hoek (bij peilbuis G80471) is de beschoeiing goed. Richting noorden (perceelnr 16) goed in 2019 houten damwand aangebracht. Richting Oost (peilbuis G80470) redelijk tot goed vergelijkbaar met situatie ter plaatse van peilbuis G80470.
- In de Noordoostelijke hoek (bij peilbuis G80472) is beschoeiing slecht. Verschillende eigen bouwsels. Drainage aanwezig bij het pand, waarvan de eigenaar aangeeft dat deze niet zo diep als het grondwater zit.

In de toekomst wordt een stalen damwand geplaatst. Deze damwand zal het freatische pakket volledig gaan afsluiten (voor zover dit niet al met de huidige damwand/beschoeiing het geval is). Deze wand komt tot een diepte van maximaal NAP -15,0 meter. De nieuwe constructie gaat dus een significant stuk dieper steken dan in de huidige situatie. Dit wordt meegenomen in de beschouwing voor het verwacht toekomstige effect van het vervangen van deze houten wand door een nieuwe verticale constructie.

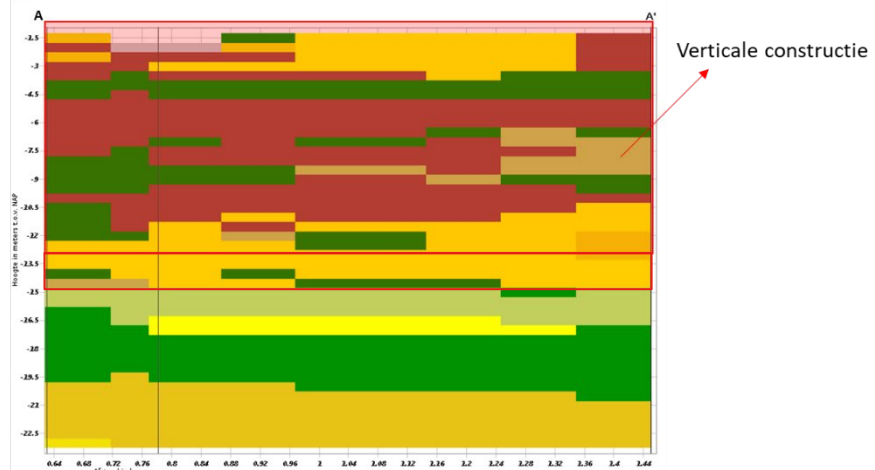
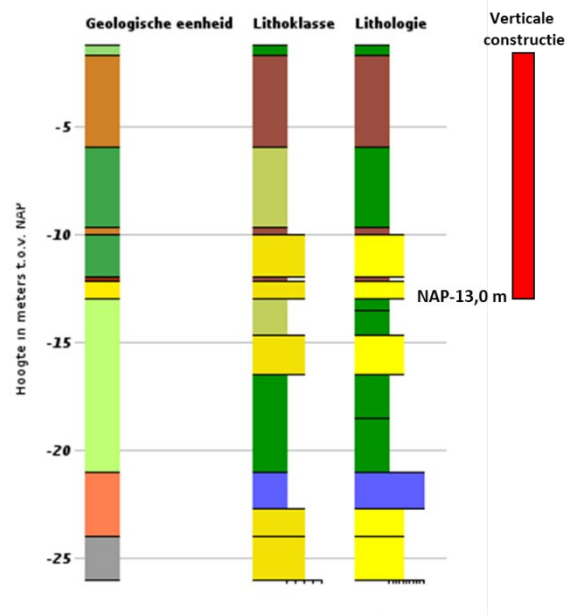
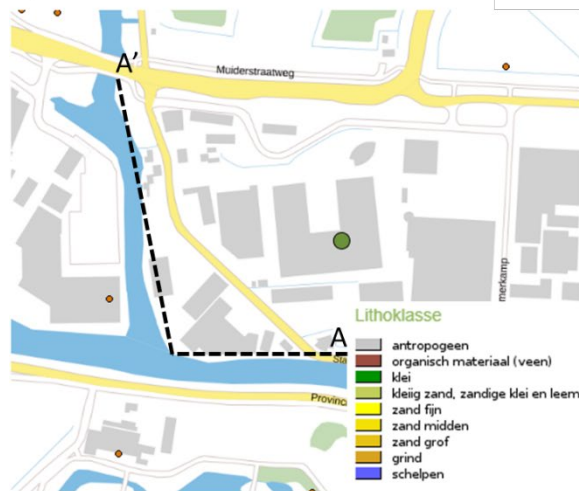
In Figuur 12 is weergegeven hoe de toekomstige stalen damwandconstructie in het ondergrond systeem valt. Dit is bekeken met behulp van boring B25G0798 uit DinoLoket en een langsdoorsnede vanuit GeoTOP. In de boring wordt halverwege het watervoerend pakket een kleilens gevonden. Ter plaatse van de boring wordt het watervoerend pakket in twee lagen opgesplitst, waardoor de damwand de bovenste laag van het watervoerende pakket volledig zou blokkeren. Deze kleilaag komt, gezien de weergave van het langsprofiel uit GeoTOP en vanuit de sonderingen uit Bijlage I, waarschijnlijk slechts over een beperkte strekking voor. Het watervoerend pakket functioneert dus wel als één laag met lokaal eventuele storing van kleilensen. De nieuwe damwand zal dit watervoerende pakket dus niet volledig afsluiten.

Voor het langsprofiel uit Bijlage I (gebaseerd op sonderingen van Waternet) wordt verwacht, dat de stalen damwand een blokkade gaat vormen van 50%-70% van de dikte van het eerste watervoerend pakket. Er dient te worden opgemerkt, dat de onderste helft van het watervoerend pakket uit fijner zand bestaat dan de bovenste helft (kleinere conusweerstand en groter frictie getal).

De damwand gaat daarnaast, net zoals in de huidige situatie, het gehele antropogene onderdeel van de deklaag afsluiten. Dit betekent dat in het geval de huidige houten damwand lekkage bevat richting het achterland, deze infiltratie vanuit het oppervlaktewater in de toekomst niet meer plaats gaat vinden.

**Boormonsterprofiel en interpretatie BRO GeoTOP v1.4**

Identificatie: B25G0798  
 Coördinaten: 127450, 482740 (RD)  
 Maaveld: -1.25 m t.o.v. NAP  
 Diepte t.o.v. maaveld: 0.00 m - 24.75 m



Figuur 12 - Overzicht locatie en diepte beoogde verticale constructie.



## 4 Interpretatie

De huidige beschoeiing/damwand heeft een verwachte lengte van circa 5 à 6 meter en is op diverse plaatsen mogelijk in slechte staat. De nieuwe damwand gaat zich bevinden tot op een significant grotere diepte van maximaal NAP -15,0 meter. Het materiaal wijzigt ook van (potentieel lichtelijk doorlatend) hout naar staal. De verticale constructie wordt daarmee zo goed als ondoorlatend. De stalen damwand gaat een significant grotere obstructie vormen voor het grondwater, waardoor het freatische grondwater in het achterland slechter gevoed wordt. Voor de antropogene toplaag betekent dit een complete obstructie van de freatische grondwaterstroming vanuit de boezem, wat zal leiden tot verdroging. Het is nu de vraag in hoeverre dit met de huidige damwand niet al gebeurt, en hoeveel de nieuwe damwand de verdroging in het freatische pakket gaat verslechteren. Deze vraag wordt beantwoord voor verschillende plekken in het gebied door het analyseren van vier aangelegde freatische peilbuizen.

- **Peilbuis G080470** ligt in de zuidoostelijke hoek van het gebied. Het is de verwachting dat hier de damwand/beschoeiing in een goede staat is (zie paragraaf 3.4). De metingen van deze peilbuis zijn aanmerkelijk lager dan boezempeil en bevestigen daarmee de verwachting. Dit suggereert namelijk dat grondwaterstanden voor deze peilbuis weinig worden beïnvloed door de waterstanden in de boezem en daarmee dat de damwand in de huidige situatie een goede afsluiting vormt en voor verdroging zorgt. Het verdrogende effect is dus al aanwezig. Een nieuwe damwand kan dit effect mogelijk nog iets versterken als hij de freatische laag nog beter/vollediger afsluit. Metingen voor peilbuis G080470 tonen verder een natuurlijk verloop met pieken en dalen (recessies) op de korte termijn en langzamere overgangen op de langere termijn. Dit suggereert dat de grondwaterstand voor deze peilbuis reageert op neerslag en binnen de bemeeten diepten niet wordt beïnvloed door andere factoren die eventueel voor verdroging kunnen zorgen (bijv. drainageconstructies).
- **Peilbuis G080471** ligt in de zuidwestelijke hoek van het gebied. Het is de verwachting dat hier de damwand/beschoeiing in een goede staat is (zie paragraaf 3.4). De metingen laten een ander verhaal zien. Deze metingen zijn vergelijkbaar met boezempeil. Dit suggereert dat grondwaterstanden voor deze peilbuis sterk worden beïnvloed door de waterstanden in de boezem en daarmee dat de damwand geen goede afsluiting vormt en niet/slechts beperkt voor verdroging zorgt. Dit is niet volgens de verwachting van de huidige situatie voor de damwand/beschoeiing. Het plaatsen van een nieuwe damwand zal naar alle waarschijnlijkheid lijden tot verdroging, en grondwaterstanden zullen mogelijk vergelijkbaar worden met die van metingen voor peilbuis G080470 in de huidige situatie (of lager). Net als metingen voor peilbuis G080470 tonen metingen een natuurlijk verloop met pieken en dalen (recessies) op de korte termijn en langzamere overgangen op de langere termijn. Dit suggereert dat de grondwaterstand voor deze peilbuis reageert op neerslag en binnen de bemeeten diepten niet wordt beïnvloed door andere factoren die eventueel voor verdroging kunnen zorgen (bijv. drainageconstructies).
- **Peilbuis G080472** ligt in de Noordwestelijk hoek. Metingen voor deze peilbuis liggen consequent beneden boezempeil. Dit zou op een goed afsluitende damwand kunnen duiden wat niet overeenkomt met de verwachting (Sectie 3.4). Echter tonen grondwatermetingen ook bijna geen fluctuaties. Dit doet vermoeden dat op deze locatie de damwand lek is, en dat het water vanuit de boezem het grondwater aanvult en daarna meteen weer wordt weggevoerd door drainage. Dit rijmt wel met de verwachtingen van een slechte staat van de damwand en een aanwezigheid van drainage op het nabijgelegen perceel. Deze drainage zorgt op dit moment al voor verdroging. Het plaatsen van een damwand zal naar verwachting tot verdere verdroging leiden, resulterend in grondwaterstanden die mogelijk vergelijkbaar zijn met die van GB08470 in de huidige situatie (of lager).
- **Peilbuis G080474 (freatisch)** ligt in het midden van het gebied. Op dit moment zijn metingen van deze peilbuis schaars: er zijn slechts drie metingen aanwezig voor dit meetpunt, wat te weinig is voor een sterke conclusie. Wel zijn de drie meting een stuk lager dan het peil in de boezem, wat



suggereert dat ze niet sterk worden beïnvloed door het boezempcil. Eventueel is er ook een invloed op de peilbuis vanuit naastgelegen peilvak met een flink lager streefpeil (-2.3 m t.o.v. NAP).

De stijghoogte in het eerste watervoerend pakket gemeten in G080474 ligt lager dan de oppervlaktewaterstanden in de boezem en freatische grondwaterstanden, wat duidt op wegzijging van het freatische grondwater. Het watervoerende pakket in het interessegebied wordt verder gevoed door infiltratie vanuit de waterlopen en neerslag van elders. Gezien de gradiënt in de stijghoogten zal aanvoer vanuit het Noordwesten zijn die richting het zuidwesten afstroomt.

In de huidige situatie bevindt zich geen verticale constructie in het eerste watervoerend pakket. Met de nieuwe verticale constructie wordt verwacht dat 50-70% van de diepte van het watervoerend pakket wordt afgesloten. Het grondwater heeft daardoor nog de mogelijkheid via de resterende diepte van het watervoerend pakket onder de stalen damwand door te stromen afhankelijk van de mate van kleilenzen en de eigenschappen van het zand aan de onderzijde van het watervoerend pakket. Dit sluit niet uit, dat dit geen (significant) effect op de stijghoogte in het achterland heeft. Dit resulteert in een potentiële opstuwning van de stijghoogte tegen de verticale constructie in het watervoerend pakket in het achterland. Dit resulteert in een toename van de stijghoogte, een afname van de wegzijging en vervolgens op de lange termijn in een verhoging van de freatische grondwaterstand in het interessegebied. Aan de buitendijkse zijde van de damwand (westen/zuiden) resulteert de obstructie van de grondwaterstromen in het eerste watervoerende pakket potentieel in een verlaging in de stijghoogte.

Met een potentiële verdroging in het achterland en een potentiële opstuwning van de stijghoogte in het watervoerend pakket onder het achterland treedt een tegenovergesteld effect op in de ondiepe versus de diepe bodemlaag. De stijghoogte neemt potentieel toe, waar de freatische grondwaterstand waarschijnlijk afneemt.

Er is een risico aanwezig op een verdroging van de freatische grondwaterstand. De opstuwning in het eerste watervoerend pakket heeft maar een (klein) vernattend effect, aangezien een kleine afname van de wegzijging plaats gaat vinden in de toekomstige situatie. Het huidige verschil tussen freatische grondwaterstand en stijghoogte is van een dergelijke grootte (1,0 tot 1,5 meter), dat er met een afsluiting van iets meer dan 50-70% van het watervoerend pakket geen omslag van een situatie met wegzijging naar kwel plaats gaat vinden. De opstuwning zorgt voor een kleine compensatie op de verdroging van de freatische grondwaterstand resulterend uit het plaatsen van de nieuwe damwanden. Er is geen maatregel nodig voor de plaatsing van de damwanden als deze het watervoerend pakket niet meer dan 50-70% van de dikte afsluiten. Ter plaatse van Stammerdijk betekent dit, dat bij een punt van de damwand tot NAP - 14,0 meter geen mitigerende maatregelen in het watervoerend pakket nodig is.

## 5 Monitoring en mitigerende maatregelen

Uit de analyse volgt, dat het plaatsen van de nieuwe damwanden leidt tot de verlaging van de freatische grondwaterstand achter deze nieuwe verticale constructie. Dit resulteert door de aanwezigheid van slappe lagen (veen en klei) vervolgens in een groot zettingsrisico.

Er zijn peilbuizen geplaatst om inzicht te krijgen in het functioneren van het grondwatersysteem (nulmeting). Deze peilbuizen moeten gemonitord worden gedurende eventuele werkzaamheden en voor minimaal 2 jaar na de werkzaamheden. Daarmee kunnen de effecten van de werkzaamheden en de constructie goed in beeld worden gebracht.

Benodigde mitigerende maatregelen om ontoelaatbare effecten in het achterland te mitigeren zijn als volgt:

- Het staffelen van de damwandplanken om het blokkeren van de grondwaterstroming in het watervoerend pakket te verkleinen. Als gevolg van het functioneren van het systeem wordt bepaald dat bij een damwanddiepte dieper dan NAP -14,0 meter (>50-70% blokkade van het watervoerend pakket) een staffeling van de damwand benodigd is. De gestaffelde planken mogen maximaal een diepte van de punt hebben van NAP -14,0 meter (hoe ondieper, hoe beter).

Geohydrologisch heeft de voorkeur de damwandplanken 1 op 1 staffelen, dit is voor het damwandtype dieper dan NAP -14,0m geotechnisch echter niet haalbaar. Hier is 1 korte op 2 lange (dubbele) planken wel mogelijk waarbij de korte plank tot ca. NAP -12,0m komt.

- Creëren van doorlaten/openingen in de damwand om obstructie van infiltrerend water vanuit de Diem/Weespertrekvaart freatisch naar het achterland te compenseren. Voorstel voor de volgende eigenschappen:
  - Sleuven in elke damwandplank van 20mm breed en 500 mm hoog.
    - Bij een groot risico op verdroging 2 sleuven naast elkaar per damwandplank.
    - Bij een klein risico op verdroging 1 sleuf per damwandplank.
  - Sleuven ruim onder het oppervlaktewaterpeil aanbrengen (minimaal 0.5 meter onder oppervlaktewaterpeil, maar gelieve zo diep mogelijk).
  - Indien mogelijk voorkomen dat de diepte van de sleuven onder de bodem van de Diem/Weespertrekvaart terecht komen. Anders ontstaat een risico voor beperking van infiltratie door de sleuven in de damwand (weerstand waterbodem en verstopping).
  - Minimaal 0,5 meter drainagezand aan de landzijde van de damwand aanbrengen om een goede toestroom van het infiltrerend oppervlaktewater in het grondwater te waarborgen.

## 6 Conclusie en advies

Ten behoeve van de dijkversterking Stammerdijk wordt ter plaatste van dijktraject A02-136C, dijkvak A1 een zelfstandige waterkerende damwand geplaatst tot een diepte van maximaal NAP -15,0 meter. Huidig is een verticale houten constructie van enkele meters diepte aanwezig. Het is onzeker wat de kwaliteit is van deze huidige constructie en of er mogelijk water doorheen kan lekken. Het ondergrondsysteem wordt gekarakteriseerd door een dikke deklaag met antropogene ophoging en slappe lagen (veen en klei). Daaronder bevindt zich een watervoerend pakket van circa 7,5 meter dikte afgesloten door de slecht doorlatende Eems Formatie.

Uit de systeemanalysen en metingen worden de volgende conclusies getrokken:

- Het freatische grondwatersysteem wordt gekarakteriseerd door een stroming van het oppervlaktewater vanuit de boezem richting het achterland. Deze stroming wordt in de huidige situatie (deels) tegengehouden door bestaande beschoeiing/damwanden.
- De toekomstige stalen damwandconstructie, die de bestaande beschoeiing/damwanden gaat vervangen, gaat een volledige obstructie vormen voor de grondwaterstroming richting de antropogene toplaag. Er is hierdoor een groot risico aanwezig voor het uitzakken van de freatische grondwaterstand (verdroging) achter de nieuwe verticale constructie.
- Het risico op verdroging is vooral aanwezig bij peilbuis G080471 (Zuidwesten) en peilbuis G080472 (Noordwesten). Grondwaterstanden bij deze peilbuizen doen vermoeden dat de huidige beschoeiing lek is, waardoor een nieuwe beschoeiing een groot effect zal hebben. Door de aanwezigheid van slappe lagen (veen en klei) heerst een groot risico op zettingen.
- Bij peilbuis G080470 wordt een significant lagere grondwaterstand gemeten ten opzichte van het oppervlaktewaterpeil van de Weespertrekvaart/Korte Diem wat duidt op een goed afsluitende damwand/beschoeiing. Het risico op verdroging door het plaatsen van de nieuwe damwand is hier dus kleiner. Er kan echter niet uitgesloten dat er een klein risico is op verdere verdroging van de grondwaterstand en daarmee een risico op zettingen door het plaatsen van een nieuwe damwand. Er kan wel geconcludeerd worden dat de huidige verticale constructie zorgt voor een obstructie van grondwater richting het achterland.
- De grondwaterstroming in het eerste watervoerende pakket gaan in tegengestelde richting (van het IJsselmeer richting het Westen/Zuiden). De toekomstige stalen damwandconstructie vormt een gedeeltelijke obstructie van deze stroming voor het eerste watervoerend pakket (verwacht minimaal 50%), wat potentieel resulteert in een toename van de stijghoogte in het achterland (opstuwing). Deze opstuwing zorgt voor een (kleine) afname van de verdroging van de freatische grondwaterstanden, omdat het verschil tussen deze grondwaterstanden en de stijghoogte kleiner wordt. Bij het doorsnijden van het eerste watervoerende pakket met de damwand voor maximaal 50-70% (NAP -14,0) is geen aanvullende maatregel benodigd. Deze doorsnijding zorgt namelijk niet voor aanvullende negatieve effecten op de grondwaterstand en stijghoogte op. Bij een punt van de damwand op een diepte onder NAP -14,0 meter dient een mitigerende maatregel te worden toegepast.
- De bestaande grondwatermonitoring heeft inzichten gegeven in het functioneren van het huidige grondwatersysteem. Er wordt geadviseerd deze monitoring door te zetten tot 2 jaar na de uitgevoerde werkzaamheden. Zo worden de effecten tijdens en na afronding van de werkzaamheden ook in beeld worden gebracht en kan indien nodig tijdig worden ingegrepen. Geadviseerd wordt om met digitale loggers te blijven meten.

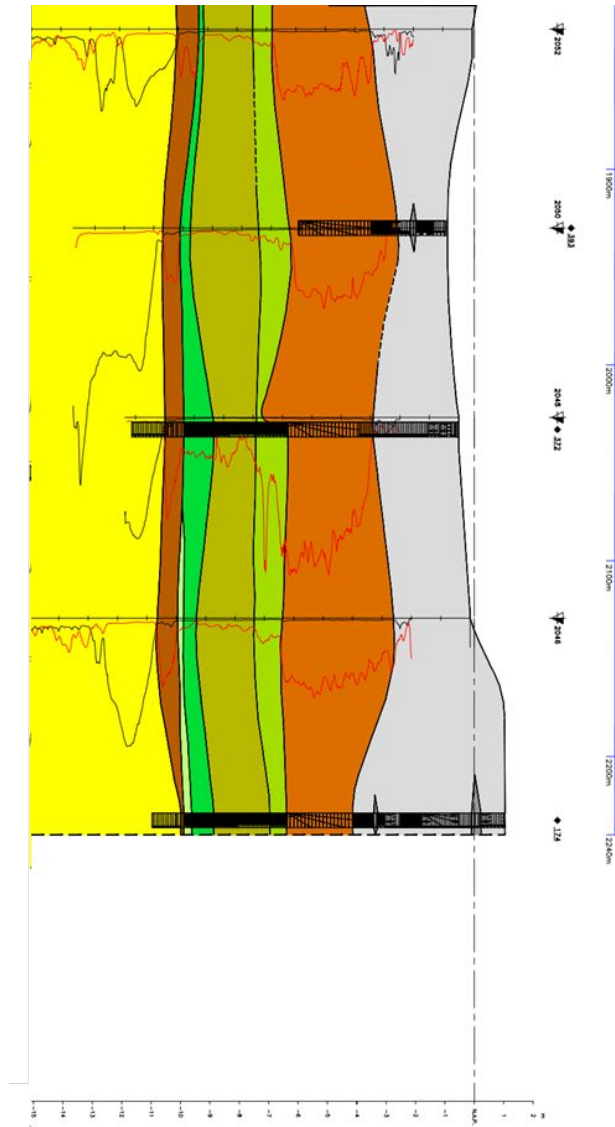
Uit de peilbuismetingen volgt dat er een significant risico is voor verdroging en zettingen. Er wordt geadviseerd de volgende mitigerende maatregelen toe te passen:

- Het toepassen van doorlaten/openingen in de damwandplanken. In het Noord- en Zuidwesten van het gebied heerst een groot risico op verdroging. In het oosten van het gebied is er een klein risico op verdroging aanwezig. Daarmee wordt het volgende geadviseerd (zie ook Figuur 13):
  - Het toepassen van twee sleuven per damwand volgens de specificatie uit Hoofdstuk 5 in het Noord- en Zuidwesten van het projectgebied.
  - Het toepassen van één sleuf per damwand volgens de specificatie uit Hoofdstuk 5 in het Oosten van het projectgebied.
- Het staffelen van de damwanden in het watervoerend pakket indien de diepte van de punt van de damwand tot dieper dan NAP -14,0 meter reikt. In dat geval kan (geotechnisch) een staffeling van 1 om 2 dubbele planken toegepast worden, met een diepte van de gestaffelde plank van ca NAP - 12,0m (maximaal NAP -14,0 meter, des te ondieper, des te beter).

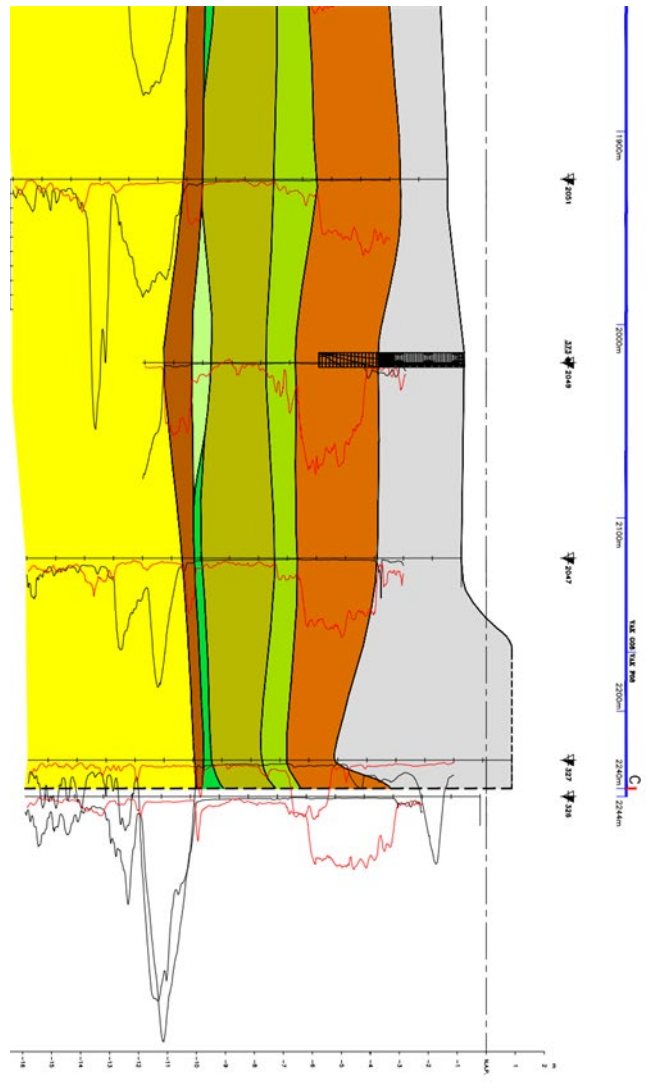


Figuur 13: Indicatieve locatie toepassing hoeveelheid sleuven per damwandplank volgens de specificaties uit Hoofdstuk 5.

## Bijlage I – Lengte profielen bodemopbouw



|  |
|--|
| Artisoonopbouw materiaal:<br>- Zand; matig fijn en plaatselijk zeer fijn of matig grof, zwak tot sterk siltig, plaatselijk zwak kleiig of sterk grofzandig, plaatselijk zwak tot sterk humus, met één of meer van de volgende bestanddelen: veenvezel, veenbuis, houtresten, klei, silt, slakken, siltsporen, schelpresten, pun, slakken (gebonden met klei), matig siltig tot vast, zwak siltig tot sterk zandig, plaatselijk zwak grofzandig, zwak tot sterk humus, met één of meer van de volgende bestanddelen: plantenresten, een enkel zanddeeltje, siltsporen, een enkel siltdeeltje, schelpresten, pun (plaatselijk zeer grof), slakken (gebonden met cement), siltklei, Pun, zwak zandig<br>- Slakken |
| Artisoonopbouw materiaal:<br>- Zand; matig fijn en plaatselijk zeer fijn of matig grof, zwak tot sterk siltig, plaatselijk zwak kleiig of sterk grofzandig, plaatselijk zwak tot sterk humus, met één of meer van de volgende bestanddelen: veenvezel, veenbuis, houtresten, klei, silt, slakken, siltsporen, schelpresten, pun, slakken (gebonden met klei), matig siltig tot vast, zwak siltig tot sterk zandig, plaatselijk zwak grofzandig, zwak tot sterk humus, met één of meer van de volgende bestanddelen: plantenresten, een enkel zanddeeltje, siltsporen, een enkel siltdeeltje, schelpresten, pun (plaatselijk zeer grof), slakken (gebonden met cement), siltklei, Pun, zwak zandig              |
| Veen, matig siltig tot vast, plaatselijk zwak tot sterk kleiig, met plaatselijk (veel) houtresten  |
| Klei, matig siltig tot matig vast, zwak tot sterk siltig, plaatselijk sterk humus, met één of meer van de volgende bestanddelen: veenvezel, veenbuis, houtresten, slakken, siltsporen, schelpresten  |
| Klei, zeer siltig tot vast, zwak siltig, met één of meer van de volgende bestanddelen: veenvezel, een enkel veenblaadje, siltsporen, schelpresten  |
| Klei, matig siltig tot matig vast, zwak siltig of zwak zandig, met één of meer van de volgende bestanddelen: veenvezel, een enkel veenblaadje, siltsporen, zandsporen, een enkel zanddeeltje, een enkel zanddeeltje, schelpresten  |
| Klei, matig siltig of matig vast, zwak tot sterk zandig, plaatselijk zwak siltig, met sporen zand en schelpresten  |
| Klei, matig vast tot vast, zwak siltig, met schelpresten   |
| Veen, matig vast tot vast, zwak tot sterk kleiig of sterk zandig, met plaatselijk één of twee deeltjes van de volgende bestanddelen: houtresten, slakken, een enkel kleideeltje, sporen zand, zanddeeltjes, zandsporen   |
| Zand; zeer fijn, zwak tot sterk siltig, plaatselijk sterk humus, met één of meer van de volgende bestanddelen: veenvezel, houtresten, siltsporen   |



|  |
|--|
| Artisoonopbouw materiaal:<br>- Zand; matig fijn en plaatselijk zeer fijn of matig grof, zwak tot sterk siltig, plaatselijk zwak kleiig of sterk grofzandig, plaatselijk zwak tot sterk humus, met één of meer van de volgende bestanddelen: veenvezel, veenbuis, houtresten, klei, silt, slakken, siltsporen, schelpresten, pun, slakken (gebonden met klei), matig siltig tot vast, zwak siltig tot sterk zandig, plaatselijk zwak grofzandig, zwak tot sterk humus, met één of meer van de volgende bestanddelen: plantenresten, een enkel zanddeeltje, siltsporen, een enkel siltdeeltje, schelpresten, pun (plaatselijk zeer grof), slakken (gebonden met cement), siltklei, Pun, zwak zandig<br>- Slakken |
| Artisoonopbouw materiaal:<br>- Veen, matig siltig tot matig vast, zwak tot sterk siltig, plaatselijk sterk humus, met één of meer van de volgende bestanddelen: veenvezel, veenbuis, houtresten, slakken, siltsporen, schelpresten   |
| Klei, zeer siltig tot vast, zwak siltig, met één of meer van de volgende bestanddelen: veenvezel, een enkel veenblaadje, siltsporen, schelpresten  |
| Klei, matig siltig tot matig vast, zwak siltig of zwak zandig, met één of meer van de volgende bestanddelen: veenvezel, een enkel veenblaadje, siltsporen, zandsporen, een enkel zanddeeltje, een enkel zanddeeltje, schelpresten  |
| Klei, matig vast tot vast, zwak siltig, met schelpresten   |
| Veen, matig vast tot vast, zwak tot sterk kleiig of sterk zandig, met plaatselijk één of twee deeltjes van de volgende bestanddelen: houtresten, slakken, een enkel kleideeltje, een enkel kleideeltje, zandsporen   |
| Zand; zeer fijn, zwak tot sterk siltig, plaatselijk sterk humus, met één of meer van de volgende bestanddelen: veenvezel, houtresten, siltsporen   |

LEGENDA Lengteprofiel: