NOTITIE

aan	Waterschap Brabantse Delta (WSBD)	PO Box 5094
t.a.v.	Jan Willem Baaijens	2600 GB Delft
van	Eline Heemskerk	The Netherlands
controle	Niels Overbosch, Yoeri Jongerius	Elektronicaweg 2
versie	2.0	2628 XG Delft
datum	27 juni 2022	T +31 88 99 04 500
referentie	NL202025707-N22-038	
onderwerp	Geohydrologisch systeem Standhazensedijk	

1 INLEIDING

De Standhazensedijk te Drimmelen heeft een lengte van 730 m. De dijkstrekking loopt van kilometer 13,75 tot kilometer 14,48. De kruin van de dijk ligt op circa NAP +4,50 m. De Standhazensedijk is een schaardijk met een grasbekleding en zonder een steenbekleding aan de buitenzijde. De dijk ligt in landelijk gebied en over de kruin van de dijk loopt een fietspad.

figuur 1.1: projectgebied Standhazensedijk tussen Drimmelen en de Amertak, inclusief dijkpalen

Ten behoeve van het ontwerp van de maatregel tegen piping bij de Standhazensedijk is een beschouwing gedaan van het geohydrologische systeem in de omgeving van de dijk. De beschouwing geeft een totaalbeeld van de geohydrologische situatie rondom de Standhazensedijk.

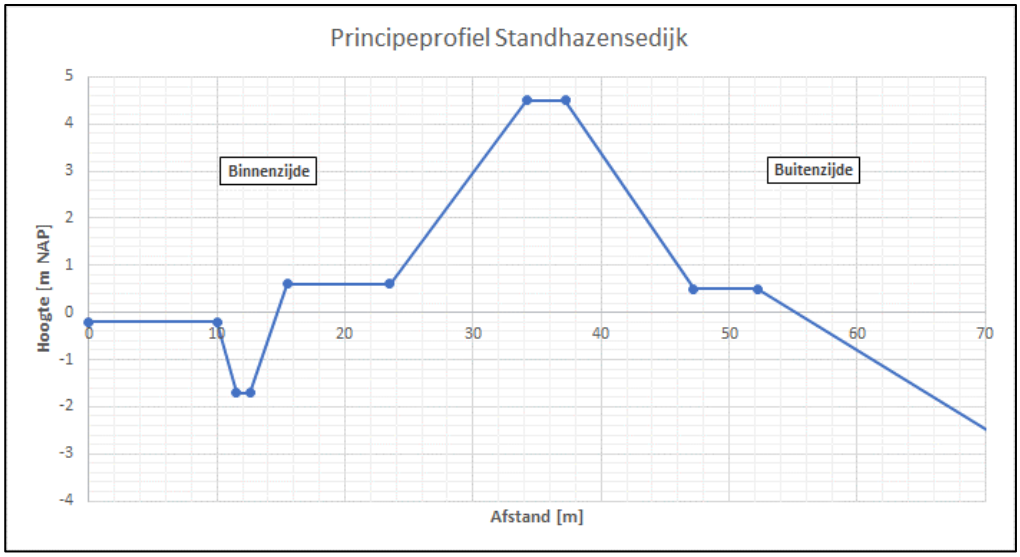
1.1 Leeswijzer

Hoofdstuk 2 bevat alle gegevens die gebruikt zijn voor de beschrijving van de geohydrologische situatie. In hoofdstuk 3 zijn twee dwarsprofielen opgenomen met gemeten stijghoogtes. De algemene geohydrologische beschrijving is opgenomen in hoofdstuk 4.

2 BESCHIKBARE GEGEVENS

2.1 Geometrie

Een schets van het principeprofiel van de Standhazensedijk is opgenomen in figuur 2.1.



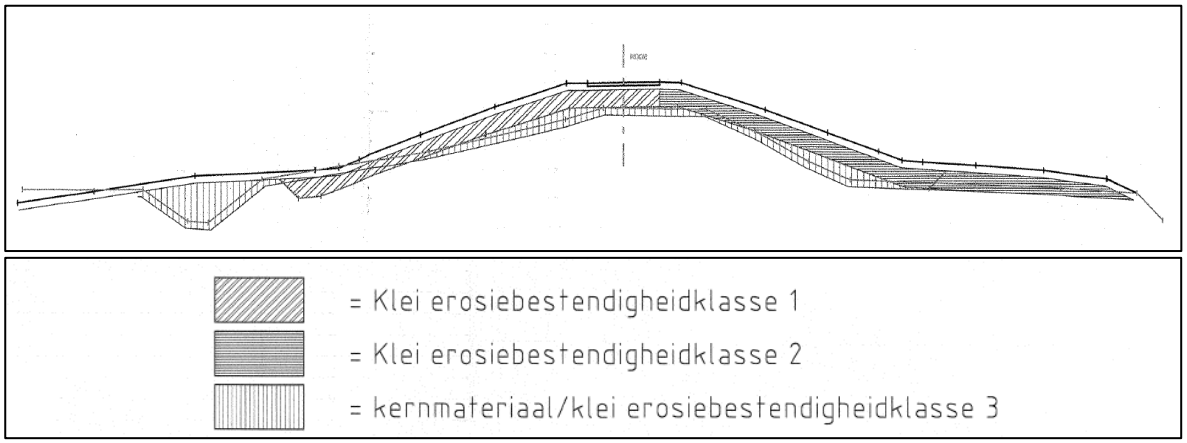
figuur 2.1: principeprofiel van de Standhazensedijk (uit: [Ref. 1])

De minimale kruinhoogte van de dijk is NAP +4,49 m ([Ref. 1]). Het maaiveld direct achter de dijk ligt globaal op circa NAP-0,10 m.

2.2 Bodemopbouw

2.2.1 Dijkopbouw

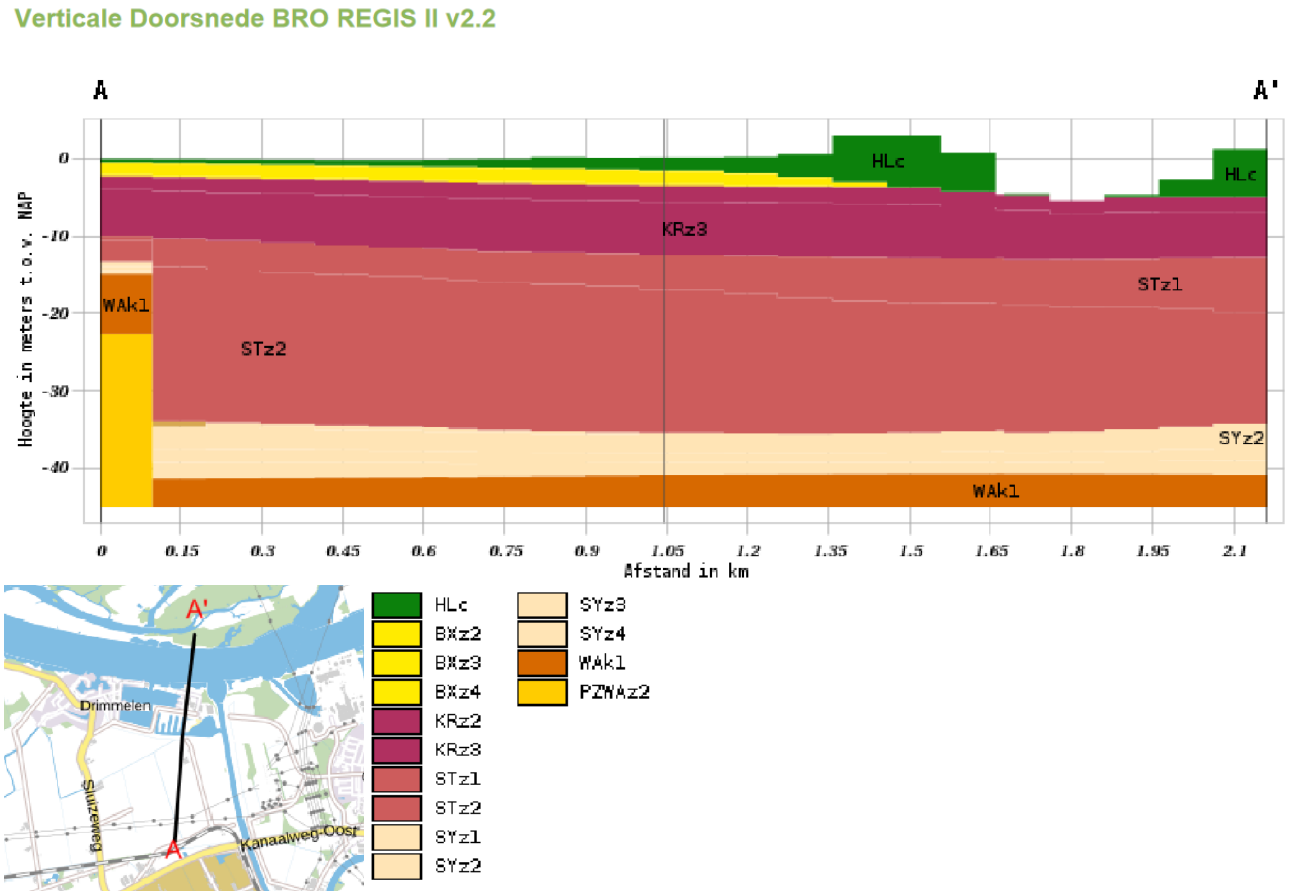
De Standhazensedijk betreft een kleidijk. De dijk is rond 2004 voor het laatst versterkt. Een representatieve doorsnede van deze dijkversterking is in figuur 2.2 getoond. Bij de versterking is de dijk met klei opgehoogd. Ook zijn daarbij zowel het binnen- als het buitentalud met klei verflauwd naar een helling van 1:3. Opgemerkt wordt dat bij deze dijkversterking tevens de buitenwaartse teensloot is gedempt. Later is direct naast deze teensloot aan de buitenwaartse zijde de huidige zwemplas gegraven.



figuur 2.2: representatieve doorsnede van de dijkversterking van de Standhazensedijk in 2004 (uit: [Ref. 1])

2.2.2 Geologie

Op basis van REGIS II (figuur 2.3) bestaat de ondergrond uit een dunne Holocene deklaag tot circa NAP -2,0 m met daaronder Pleistocene zandlagen tot NAP -40 m. Deze bodemopbouw wordt onderschreven door de uitgevoerde sonderingen en boringen op de projectlocatie, met uitzondering van de diepteligging van de WAk1-laag (eerste kleiige eenheid van de formatie van Waalre). Het niveau van deze laag lijkt variabeler te zijn. In HPT-sondering DKMP002 is de kleilaag aangetroffen op NAP -21 m. In sondering DKMP001 is deze laag tot NAP -24 m niet aangetroffen. Vermoedelijk is de kleilaag hier lager gelegen. Alle overige sonderingen en boringen zijn tot maximaal NAP -14 m uitgevoerd, waarbij de kleilaag ook niet is aangetroffen.



figuur 2.3: doorsnede uit REGIS II

De horizontale doorlatendheid per geologische eenheid is volgens REGIS II:

- BXz2 t/m BXz4: 5,8 m/dag (formatie van Boxtel, tweede t/m vierde zandige eenheid).
- KRz3: 42 m/dag (formatie van Kreftenheye, derde zandige eenheid).
- STz1: 39 m/dag (formatie van Sterksel, eerste zandige eenheid).
- STz2: 36 m/dag (formatie van Sterksel, tweede zandige eenheid).
- SYz2: 13 m/dag (formatie van Stramproy, tweede zandige eenheid).

De deklaag bestaat uit een siltige/zandige kleilaag met daaronder een veenlaag. De gemeten diktes van de verschillende grondlagen zijn opgenomen in tabel 2.1. De onderkant van de deklaag verloopt van ca. NAP -1,00 m à NAP -1,50 m aan de binnenzijde tot ca. NAP -1,50 m à NAP -1,75 m aan de buitenzijde.

tabel 2.1: gemeten grondlaagdiktes (uit: [Ref. 1])

Grondlaag [-]	Gemeten bandbreedte in de laagdikte bij Binnenzijde [m]	Kruin [m]	Buitenzijde [m]
Klei dijksmateriaal	-	ca. 5,3 à 5,8	-
Siltige/zandige klei	ca. 1,5 à 2,0	-	ca. 1,75 à 2,0
Veen	ca. 0,25 à 0,5	ca. 0,2 à 0,4	ca. 0,60
Eerste watervoerend zandpakket	ca. 19 à 22,5	minstens 9	minstens 11

In het watervoerend pakket zijn op variërende dieptes vanaf circa NAP -5 m stoorlaagjes of dunne kleilaagjes in de sonderingen aangetroffen.

Uit twee HPT-sonderingen waarbij op verschillende dieptes de horizontale doorlatendheid via slugtest is bepaald, blijkt het volgende ([Ref. 1]):

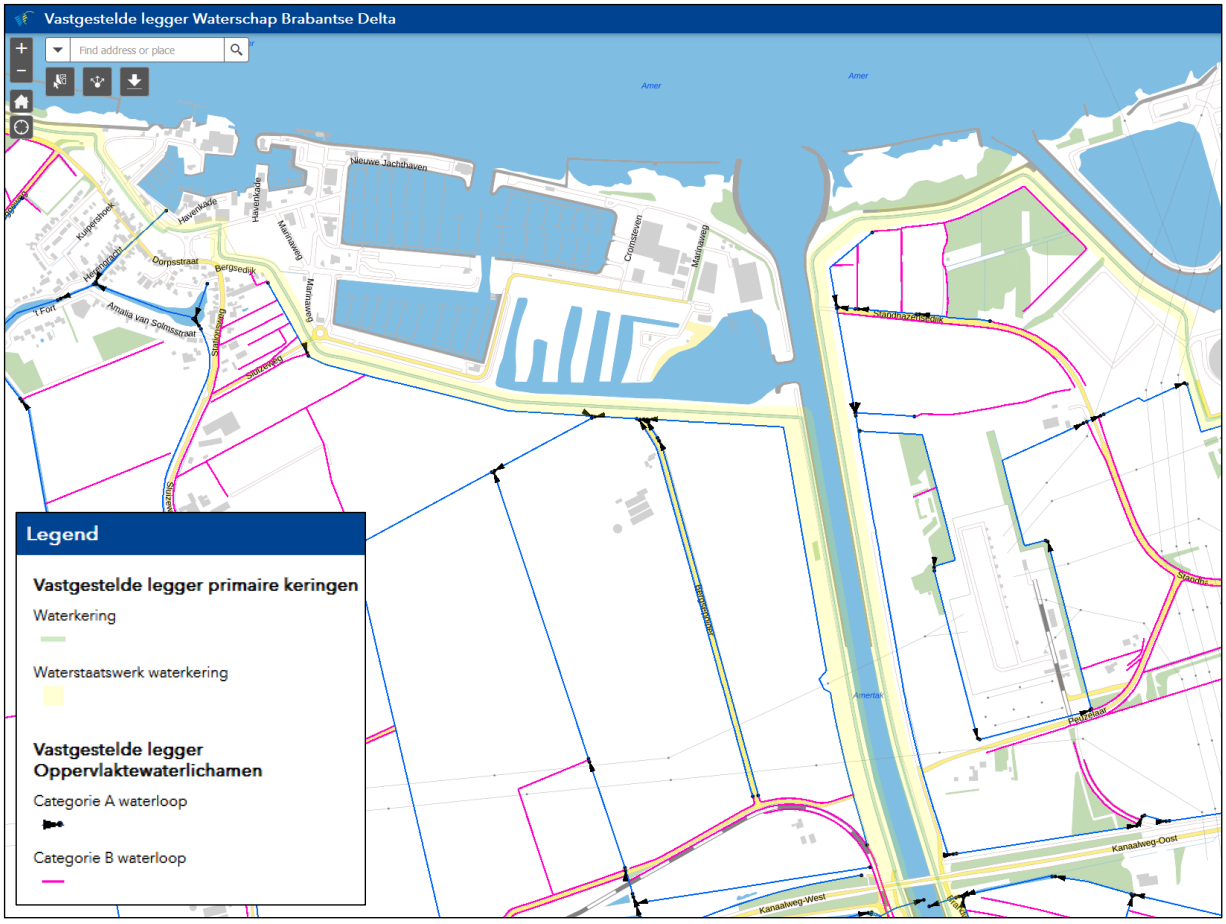
- De meting van de absolute doorlatendheid van ca. 3 m/dag van de formatie van Boxtel (ca. NAP -1,0 m tot ca. NAP -2,6 m) is lager uitgevallen dan verwacht, naar verwachting doordat het filter van de peilbuis waarin de slugtest is uitgevoerd te diep is weggezet. Als het filter ca. 0,50 m ondieper was geplaatst, dan was de doorlatendheid iets hoger uitgevallen wat strookt met de horizontale doorlatendheid van ca. 5 m/dag conform het REGIS II model.
- De 3 metingen van de absolute doorlatendheid van ca. 10 à 13 m/dag van de formatie van Kreftenheye (ca. NAP -2,6 m tot ca. NAP -11,7 m) wijken af van de horizontale doorlatendheid van ca. 40 m/dag conform het REGIS II model. Echter, binnen deze formatie zijn grote variaties in de relatieve doorlatendheid gemeten, welke tot een factor 25 kunnen verschillen. De verwachting is dan ook dat de horizontale doorlatendheid van het REGIS II model een bovengrens van de doorlatendheid is.
- De 2 metingen van de absolute doorlatendheid van ca. 28 à 32 m/dag van de formatie van Sterksel (ca. NAP -11,7 m tot ca. NAP -34,5 m) liggen iets onder de horizontale doorlatendheid van ca. 40 m/dag conform het REGIS II model. Een gemiddelde doorlatendheid van 30 m/dag lijkt hier redelijk. Doordat binnen de formatie echter grote variatie in de relatieve doorlatendheid is gemeten, lijkt de horizontale doorlatendheid van het REGIS II model een bovengrens van de doorlatendheid.

2.3 Hydrologische situatie

2.3.1 Watersysteem

Het oppervlaktewatersysteem is weergegeven in figuur 2.4. Aan de noordzijde van de figuur ligt de Amer, in het verlengde van de Maas. De Amer staat in open verbinding met de zwemplas en insteekhaven en met het kanaal de Amertak. In het achterland zijn enkele watergangen gelegen. Langs de gehele dijk ligt een teensloot.

Volgens informatie van WSBD watert de polder af aan de noordwestkant via een stuw.



figuur 2.4: oppervlaktewateren (bron: Legger WSBD)

2.3.2 Oppervlaktewaterstanden

De berekende normwaterstanden voor het buitenwater zijn opgenomen in tabel 2.2. De terugkeertijd voor deze waterstanden is gelijk aan 300 jaar.

tabel 2.2: normwaterstand bij de ondergrenswaarde van de norm voor verschillende zichtjaren ([Ref. 1])

Zichtjaar [-]	Buitenwaterstand [m NAP]
2050	+3,23
2075	+3,41
2100	+3,58

Het achterland is onderdeel van peilgebied Oud Drimmelen met zomerpeil NAP -1,0 m en winterpeil NAP -1,5 m.

2.3.3 Opzetten teensloot

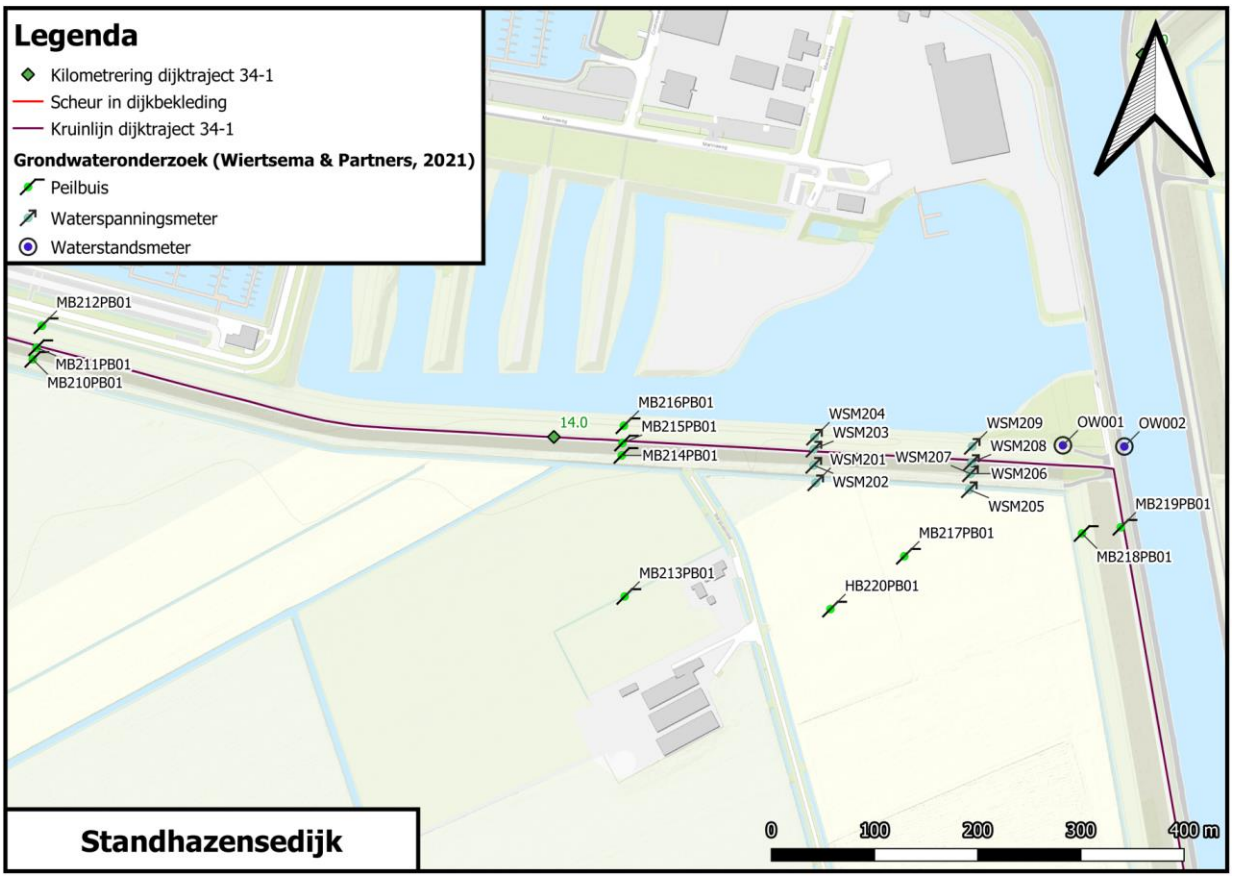
Op basis van de beoordelingsresultaten langs de Standhazensedijk zijn maatregelen getroffen om het risico op piping, voordat de waterkering versterkt is, te beheersen. Eén van deze maatregelen is het opzetten van het slootpeil bij verhoogde buitenwaterstanden.
Door WSBD is aangegeven dat bij voorspelde buitenwaterstanden bij meetstation Keizersveer boven NAP +1,4 m, het waterpeil in de teensloot wordt opgezet tot circa NAP -0,1 m.

2.3.4 Grondwaterstanden en stijghoogten

Voor de Standhazensedijk zijn de volgende grondwateronderzoeksgegevens beschikbaar:

- 11 peilbuizen, waarvan:
  - 4 peilbuizen (MB 210 t/m MB213) met meetdata van de stijghoogte vanaf medio oktober 2020 t/m heden;
  - 5 peilbuizen (MB 214 t/m 216, MB 218, MB 219) met meetdata van de stijghoogte vanaf medio november 2020 t/m heden;
  - 1 peilbuis (MB 217) met meetdata van de stijghoogte vanaf medio oktober 2020 t/m medio april 2021;
  - 1 peilbuis (HB 220) met meetdata van de stijghoogte vanaf medio april 2021 t/m heden.
- 9 waterspanningsmeters, waarvan:
  - 7 waterspanningsmeters (WSM 1 t/m 5, WSM 8, WSM 9) met meetdata van de stijghoogte vanaf medio oktober 2020 t/m heden;
  - 1 waterspanningsmeter (WSM 6) met meetdata van de stijghoogte vanaf eind november 2020 t/m heden;
  - 1 waterspanningsmeter (WSM 7) met meetdata van de stijghoogte vanaf medio november 2020 t/m heden;
- 2 waterstandsmeters, waarvan:
  - 2 waterstandsmeter (OW 001, OW 002) met meetdata van de buitenwaterstand vanaf begin augustus 2021 t/m heden.

Bovengenoemde meters en peilbuizen zijn in 2020 en 2021 geplaatst door Wiertsema & Partners.
In figuur 2.5 is het beschikbare grondwateronderzoek weergegeven.

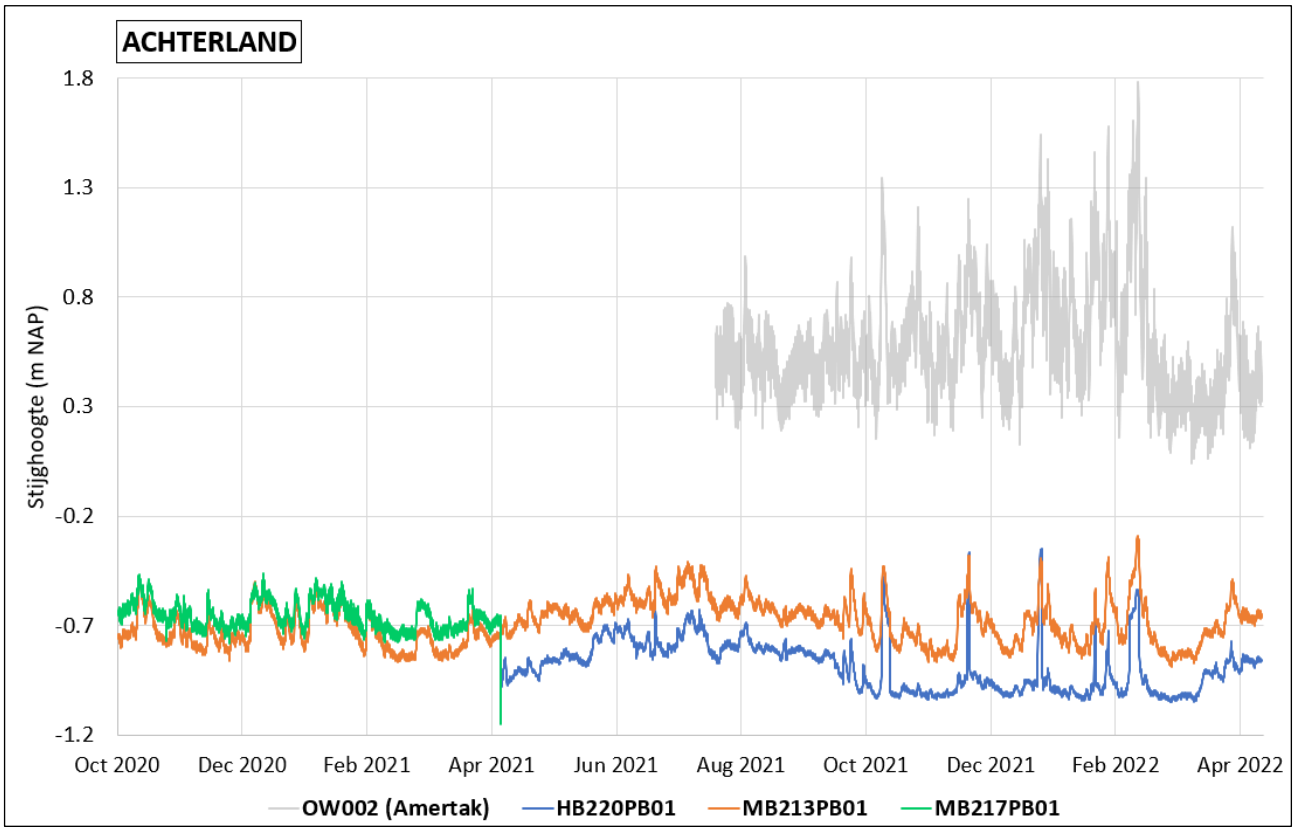


figuur 2.5: beschikbaar grondwateronderzoek. Getoonde hoogtes betreffen de sensordiepte in [m NAP].

De filters van de peilbuizen zijn allen geplaatst in de zandlaag direct onder de deklaag. Het betreffen dus metingen van de stijghoogte in het watervoerend pakket. Wel dient hierbij opgemerkt te worden dat de filters direct onder de deklaag staan, vermoedelijk in de formatie van Boxtel, waarin meer sprake is van stoorlaagjes en kleiige bijmenging. Hierdoor kunnen de gemeten stijghoogtes afwijken van de stijghoogtes dieper in het watervoerend pakket omdat er meer demping optreedt. De gemeten stijghoogtes geven wel een goed representatief beeld van de waterdruk op het freatische pakket.

2.3.4.1 Eerste watervoerend pakket

Peilbuismetingen
In de volgende figuren zijn de gemeten stijghoogtes in het eerste watervoerend pakket weergegeven.

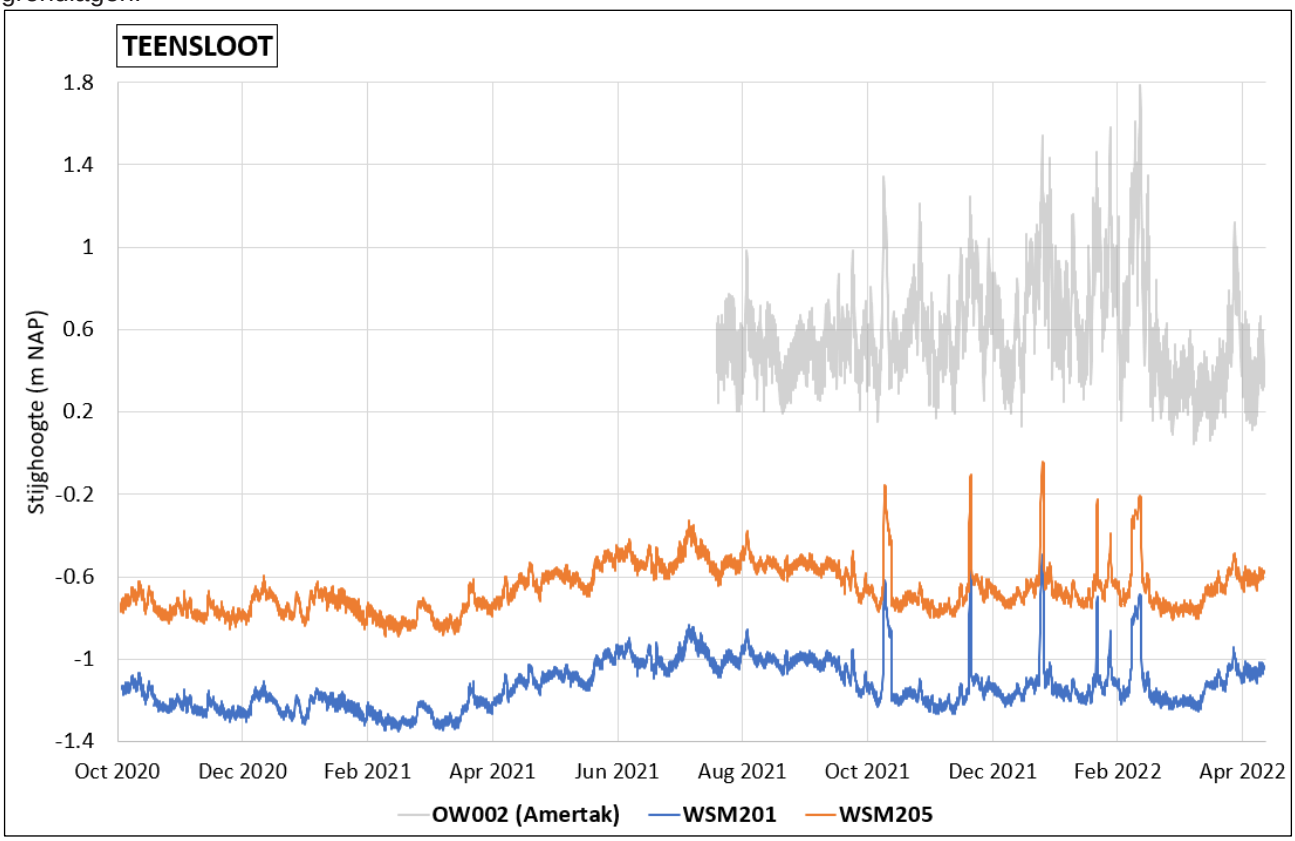


figuur 2.6: gemeten stijghoogtes in het achterland.

Discussie
In de grafiek is de invloed van het zomer- en winterpeil op de stijghoogte goed te zien. De getijdenwerking is nog wel merkbaar in het achterland, maar het verschil tussen de stijghoogte bij hoog- en laagtij is slechts nog maar circa 2 cm. Bij de dichtst bij de rivier gelegen peilbuis MB217PB01 lijkt het effect van het getij het grootst en is tevens de hoogste stijghoogte gemeten. Wel valt op dat de stijghoogtes de rivierwaterstanden enigszins volgen. Bij pieken in de rivierwaterstand zijn ook pieken in de stijghoogtes zichtbaar. Dit geldt in ieder geval in het winterseizoen. Of hier ook sprake van is in het zomerseizoen is niet duidelijk omdat de meetreeks van OW002 hiervoor te kort is. Tussen oktober 2021 en maart 2022 zijn er een vijftal hogere pieken bij hoge rivierwaterstanden die verklaard kunnen worden door het opzetten van het slootpeil.

Het verschil tussen de resultaten van peilbuis HB220PB01 en peilbuis MB213PB01 (ongeveer 0,2 m verschil) kan niet direct worden verklaard vanuit de afstand tot de rivier en/of de Amertak. Deze peilbuizen

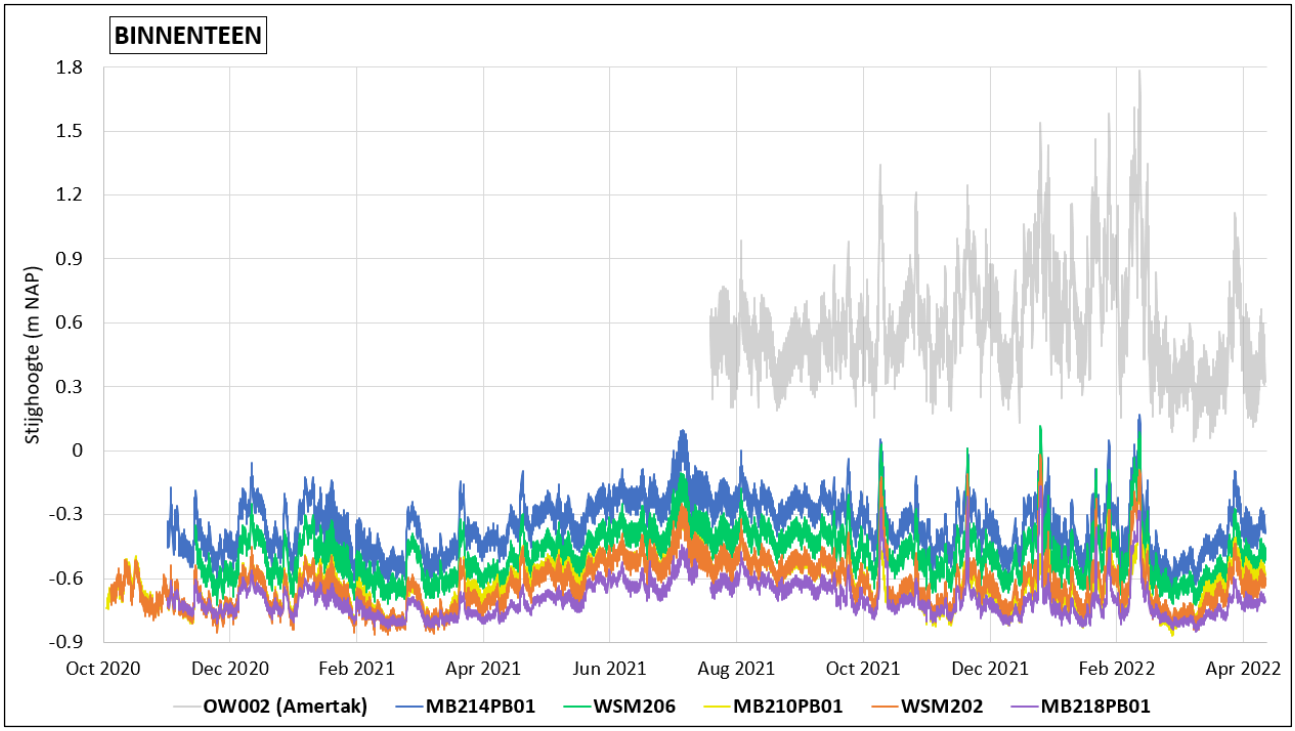
liggen op gelijke afstand tot de zwemvijver, maar HB220PB01 ligt dichter bij de Amertak. Op basis van de afstanden zou men verwachten dat de stijghoogte in HB220PB01 hoger is dan MB213PB01, echter is dit niet het geval. Mogelijk variëren de stijghoogtes in het achterland door variaties en anisotropie van de grondlagen.



figuur 2.7: gemeten stijghoogtes ter hoogte van de teensloot.

Discussie

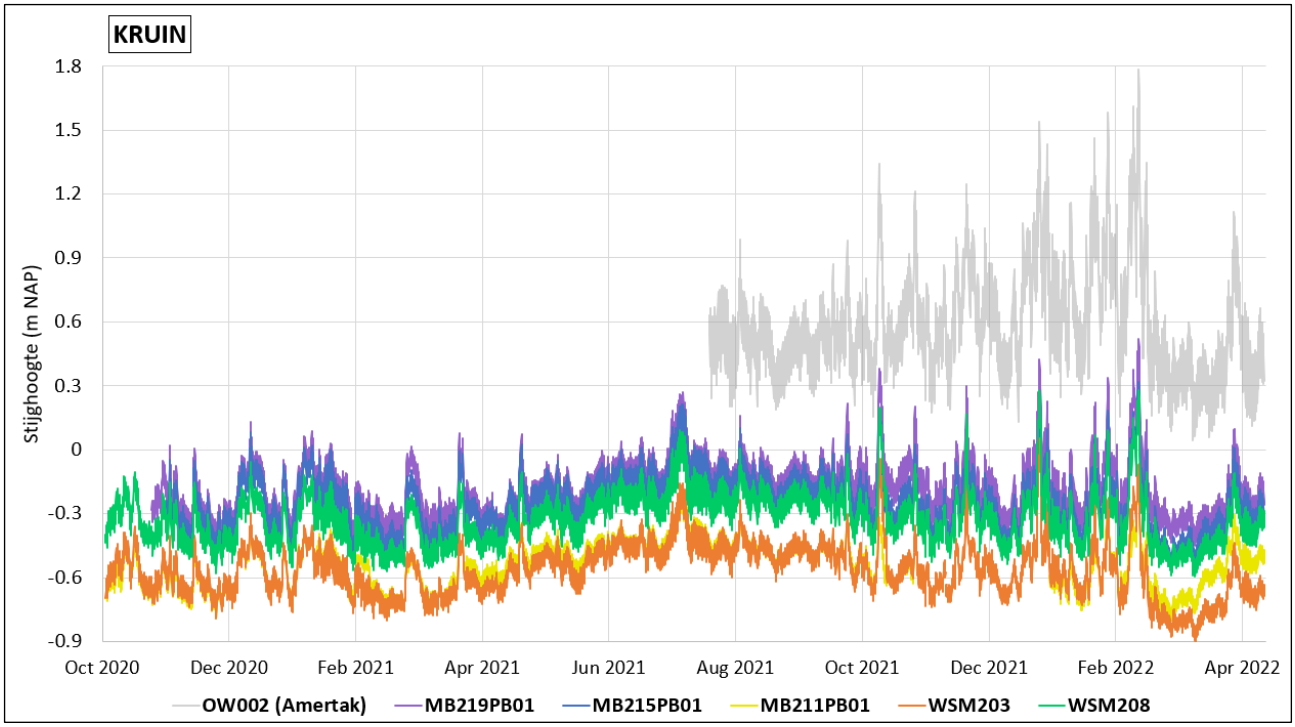
Opvallend is het grote verschil tussen de absolute stijghoogtes van WSM201 en WSM205. Vermoedelijk is de poldersloot iets dieper of is de deklaag onder de slootbodem of sliblaag in de sloot dunner waardoor de grondwaterstroming naar de sloot toe verschilt. Bij beide peilbuizen is de invloed van de rivierwaterstanden en het getij zichtbaar en is het verloop van de stijghoogte bijna identiek. Tevens is ook hier het zomer- en winterpeil duidelijk merkbaar. De vijf hoge pieken in de stijghoogte tussen oktober 2021 en maart 2022 kunnen mogelijk verklaard worden door het opzetten van het slootpeil tot NAP -0,1 m vanwege de hoge rivierwaterstanden.



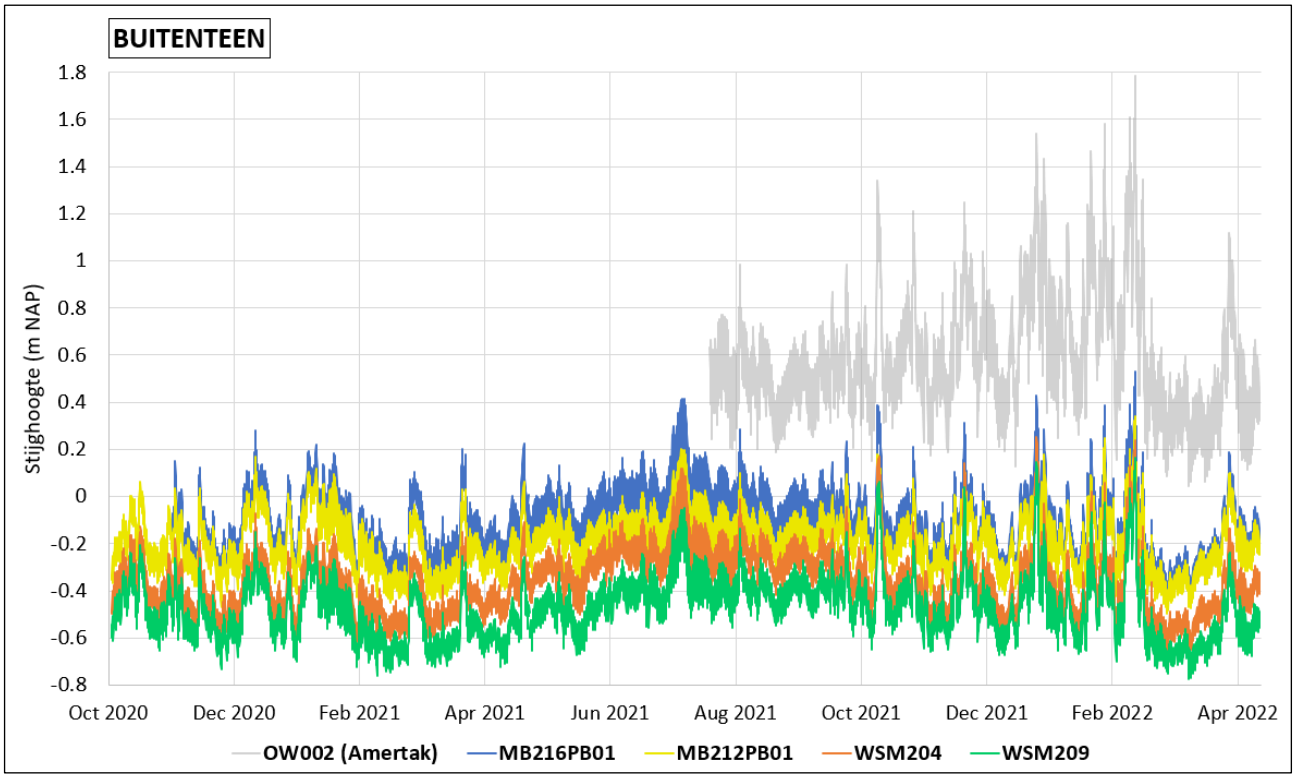
figuur 2.8: gemeten stijghoogtes ter hoogte van de binnenteen.

Discussie

De gemiddelde stijghoogte ligt ter plaatse van de binnenteen nog ongeveer een meter lager dan de rivierwaterstand. Wel is een sterke invloed van het getij merkbaar. Weer zijn er grote verschillen tussen de peilbuizen onderling, terwijl de stijghoogtelijnen wel evenwijdig blijven lopen. Dit betekent dat de reactie op rivierwaterstanden en het polderpeil overal ongeveer gelijk is. Bij MB218PB01 (de peilbuis langs de Amertak), is de amplitude tussen hoog- en laagwater kleiner dan bij de andere peilbuizen. Mogelijk is de ondergrond hier kleiiger waardoor er meer demping optreedt.



figuur 2.9: gemeten stijghoogtes ter hoogte van de kruin.



figuur 2.10: gemeten stijghoogtes ter hoogte van de buitenteen.

Discussie

Ook ter hoogte van de buitenteen is de invloed van het zomer- en winterpeil nog merkbaar. Tevens zijn er weer opvallende verschillen tussen de absolute stijghoogtes. Hier is niet direct een verklaring voor te geven.

Ook valt er geen patroon op. Er is geen raai waar alle stijghoogtes hoger of lager uitvallen. Ook zijn in de sonderingen geen duidelijke stoorlagen of grote variaties te onderscheiden. Vermoedelijk zijn vrijwel alle verschillen tussen de peilbuizen te verklaren door plaatselijke variaties en anisotropie in de ondergrond aangezien de filterstelling van de peilbuizen in het deel van de watervoerende laag staan waar meer sprake is van kleiige bijmenging.

Isohypsen TNO
Gezien de isohypsenkaart van het eerste watervoerend pakket [Ref. 2] is de grondwaterstroming vanaf de dijk gezien lichtelijk naar het zuidwesten gericht.

2.3.4.2 Tweede watervoerend pakket

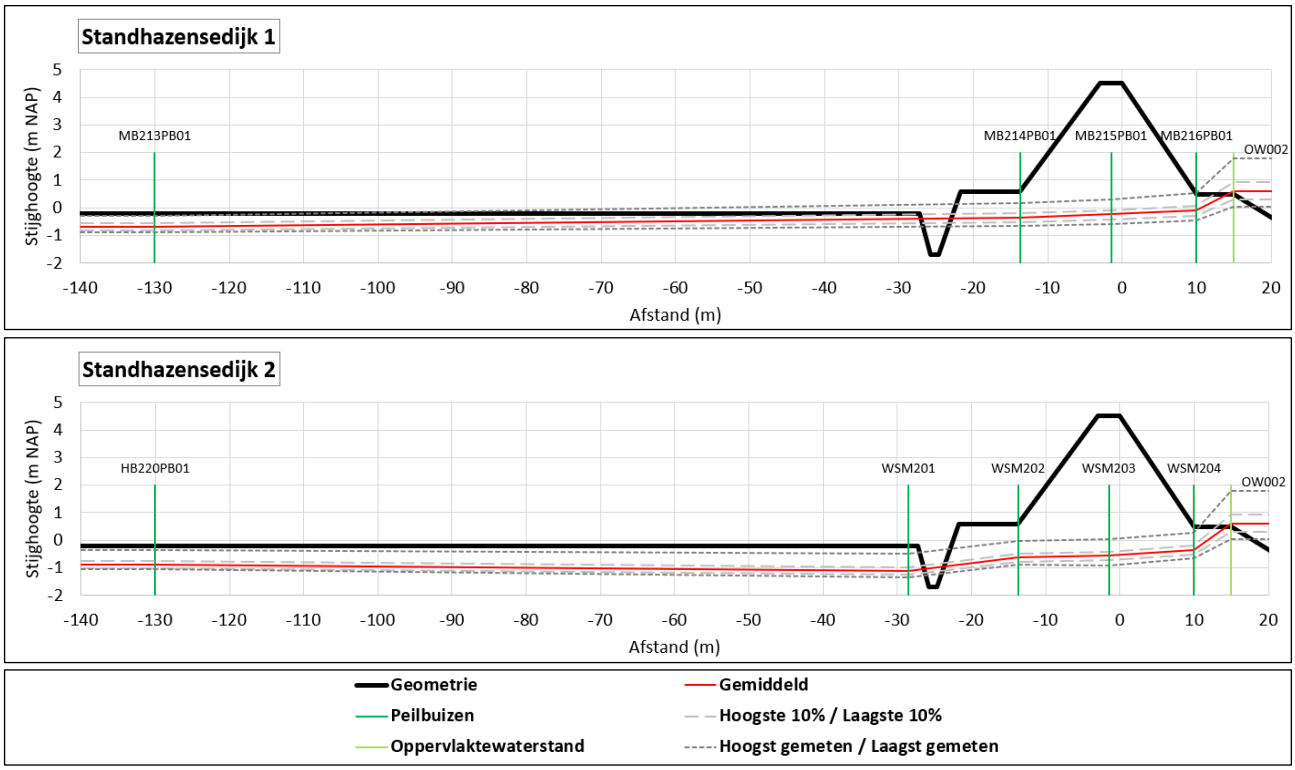
Het tweede watervoerend pakket is de zandlaag die aanwezig is onder de kleilaag behorend tot de formatie van Waalre (WAk). Deze zandlaag ligt op NAP -30 m of dieper. Er zijn geen peilbuizen in dit zandpakket beschikbaar. Op de isohypsenkaart van het tweede watervoerend pakket [Ref. 2] ligt de stijghoogte op de projectlocatie tussen NAP -1,0 m en NAP -2,0 m. Er is sprake van een naar het zuiden gerichte grondwaterstroming.

2.3.4.3 Freatische grondwaterstand

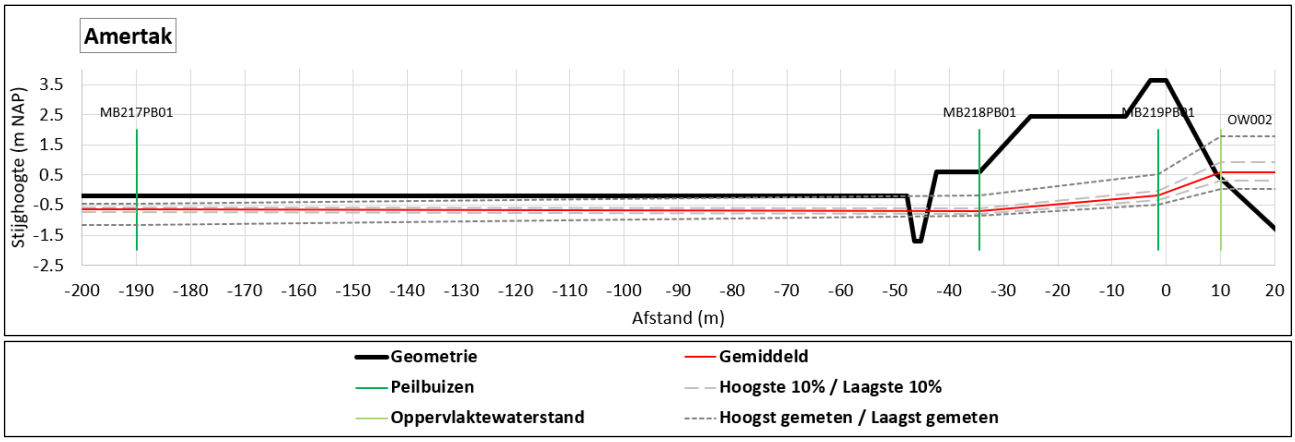
Er zijn geen freatische peilbuizen beschikbaar. Vanwege de dunne deklaag is het plaatsen van een freatische peilbuis op veel locaties niet mogelijk. Vermoedelijk wijkt de werkelijke freatische grondwaterstand wel af van de stijghoogte in het watervoerend pakket. Als gevolg van neerslag kan de freatische grondwaterstand tijdelijk hoger staan dan de stijghoogte in het watervoerend pakket. De getijdenwerking in het watervoerend pakket zal in het freatisch pakket vermoedelijk niet of nauwelijks merkbaar zijn.

3 DWARSPROFIELEN STIJGHOOGTES

Om inzicht te krijgen in het verloop van de stijghoogtes, zijn dwarsprofielen gemaakt ter plaatse van de Standhazensedijk en ter plaatse van de dijk langs de Amertak. De dwarsprofielen zijn weergegeven in de volgende figuren.



figuur 3.1: dwarsprofielen met gemeten stijghoogtes Standhazensedijk



figuur 3.2: dwarsprofiel met gemeten stijghoogtes Amertak

De dwarsprofielen geven vergelijkbare resultaten. In het achterland ligt de stijghoogte onder maaiveld. Bij de Amertak is het afschot in de dijk wat groter, terwijl bij de Standhazensedijk het afschot voor een groot deel achter en voor de dijk wordt gerealiseerd. Ter hoogte van de kruin ligt de stijghoogte bij de Amertak iets hoger (gem. NAP -0,17 m) dan bij de Standhazensedijk (gem. NAP -0,24 m resp. NAP -0,56 m). Nabij de binnenteen is dit verschil juist weer omgedraaid. Uit dwarsprofiel Standhazensedijk 2 blijkt dat in de waterspanningsmeter achter de teensloot een lagere stijghoogte is gemeten dan bij de waterspanningsmeter

in het achterland. De gemiddelde stijghoogte is ruim 0,20 m hoger in het achterland. Dit kan het effect zijn van opbolling in de freatische deklaag, echter zou dit effect in droge periodes kleiner moeten zijn terwijl de laagste 10% waarde hetzelfde stijghoogteverschil laat zien. Daarnaast heeft de teensloot waarschijnlijk een drainerend effect op de stijghoogtes in het watervoerend pakket doordat de slootbodem in contact staat met de watervoerende zandlaag. Al met al lijken er geen significante verschillen tussen de dwarsprofielen van de Standhazensedijk en de Amertak te zijn.

4 GEOHYDROLOGISCH SYSTEEM STANDHAZENSEDIJK

Op basis van de beschikbare gegevens is het algemene geohydrologische beeld van de Standhazensedijk en de omgeving als volgt:

- In het achterland is sprake van een dunne deklaag gevolgd door een relatief goed doorlatend eerste watervoerend zandpakket. Dit zandpakket wordt gevoed door het oppervlaktewater (de Amer, de zwemplas en de Amertak). Ook bij lage rivierwaterstanden is sprake van voeding vanaf de rivier.
- In het eerste watervoerend zandpakket stroomt het grondwater richting het zuidwesten af.
- Het polderpeil ligt een halve meter tot een meter lager dan de gemiddelde stijghoogte. Daardoor is ook sprake van kwel van het eerste watervoerend pakket naar het freatische pakket.
- De stijghoogte in het tweede watervoerend pakket ligt ook iets lager dan de stijghoogte in het eerste watervoerend pakket. Er is dus zowel sprake van horizontale stroming richting het zuidwesten, kwel naar het freatisch pakket als inzijging naar het tweede watervoerende pakket.
- Tussen de peilbuizen onderling zijn relatief grote verschillen in de absolute stijghoogtes. Bij de peilbuizen in het achterland is het verschil tussen de peilbuizen onderling circa 0,2 m (hoogste - laagste). Bij de peilbuizen ter hoogte van de buitenteen is het verschil tussen de peilbuizen onderling circa 0,4 m (hoogste - laagste). Wel geven de peilbuizen eenzelfde beeld, waarbij de getijdenvariatie gelijkwaardig is tussen de peilbuizen en waar zowel de stijging en daling door het zomer- en winterpeil, het opzetten van het slootpeil en rivierwaterstanden een identiek verloop geven. De verschillen in absolute hoogte kunnen niet direct worden verklaard. Vermoedelijk is sprake van een relatief grote mate van anisotropie in de bodem.
- De stijghoogtes in de raaien aan de Standhazensedijk geven hetzelfde beeld als de stijghoogtes in een raai aan de Amertak. Er lijken geen significante verschillen tussen de raaien te zijn. Omdat de stijghoogtes vanaf de teensloot gezien naar het achterland stijgen, heeft de teensloot waarschijnlijk een drainerend effect op het watervoerend pakket doordat er sprake is van wellen naar de teensloot en doordat de slootbodem tot in het watervoerend pakket reikt. De duiding van de stijghoogtes van verschillende raaien wordt enigszins bemoeilijkt door de absolute variaties tussen de peilbuizen (vorige punt).

5 REFERENTIES

[Ref. 1] RPS advies- en ingenieursbureau bv. (2022). *Eindrapport verbeteringsopgave - verkenningsfase - Standhazensedijk*. NL202025707-R22-091, Versie C 0.6 - 13 april 2022.

[Ref. 2] Grondwaterkaarten TNO - isohypsenkaart o.b.v. stijghoogtemetingen van 28 april 1995