Deltares

Waterdunen monitoring grondwater

Eindrapportage Meetresultaten 2010 t/m 2024

Waterdunen monitoring grondwater
Eindrapportage Meetresultaten 2010 t/m 2024

Waterdunen monitoring grondwater
Eindrapportage Meetresultaten 2010 t/m 2024

Opdrachtgever	Provincie Zeeland

Documentgegevens

Versie	1.0
Datum	27-02-2025
Projectnummer	11203311-001
Document ID	11203311-001-BGS-0048
Pagina's	172
Classificatie	
Status	definitief

Auteur(s)

	Perry de Louw Eva Schoonderwoerd	

Samenvatting

Het Plan ‘Waterdunen’ houdt in dat een gedempt getijdengebied is ingericht in de historische polder Oud-Breskens, ten westen van Breskens. Deze verandering van polder, voornamelijk landbouwgebied, naar een gedempt getijdengebied, heeft geleid tot een andere waterhuishoudkundige situatie. Het getijdengebied van Waterdunen staat niet in verbinding met de omliggende oppervlaktewatersystemen van de polder eromheen. Waterdunen zou mogelijk gevolgen op het grondwatersysteem in het aangrenzende gebied kunnen hebben, zoals veranderingen in stijghoogte, grondwaterstand en het zoutgehalte van het grondwater.

De inrichting van Waterdunen is er echter op gericht deze eventuele uitstralingseffecten te compenseren zodat er geen nadelige gevolgen zijn voor de landbouw en bebouwing in het aangrenzende gebied. Daartoe is onder andere een ringsloot rondom Waterdunen gegraven. De grondwatermonitoring van Waterdunen is erop gericht om aan te tonen of er wel of geen nadelige effecten voor het aangrenzende gebied zijn. Bij deze monitoring is gemeten aan de grondwaterstanden, stijghoogte en de zoet-zoutverdeling in de ondergrond.

De grondwatermonitoring is gestart in 2010 en er kunnen drie fasen worden onderscheiden:

- *Nulfase (tot 2014):* de periode tot 2014 geldt als nulfase oftewel de situatie voorafgaand aan de implementatie van aan Waterdunen waarin nog geen ingrepen in de hydrologie van het plangebied waren uitgevoerd. In deze fase diende de grondwatermonitoring om de nul-situatie van het grondwatersysteem vast te leggen. De nulfase eindigde eind december 2013.

- *Uitvoeringsfase Waterdunen (2014-september 2019):* In deze fase werd het grondwerk voor Waterdunen uitgevoerd waarbij onder andere de ringsloot is gegraven, de kreken zijn aangelegd, lokaal sloten zijn gegraven om voldoende ontwatering van bebouwde percelen in en langs het plangebied te garanderen en bij ’t Killetje is de getijdenduiker gebouwd die het peil in het getijdengebied gaat reguleren.

- *Eindfase Waterdunen (vanaf 19 september 2019)*: In de eindfase is de getijdenduiker in bedrijf genomen en vindt er sinds de opening gecontroleerd in- en uitstroom van zout zeewater (Westerschelde) plaats.

Naast de visuele analyse van de meetgegevens is ook een tijdreeksanalyse uitgevoerd om mogelijke effecten van Waterdunen in beeld te krijgen. Bij een tijdreeksanalyse kunnen kleine structurele veranderingen (als gevolg van Plan Waterdunen) beter herkend worden, omdat er in het tijdreeksmodel al rekening gehouden wordt met neerslag en verdamping, welke een grote invloed hebben op de dynamiek van de grondwaterstand en stijghoogte.

Uit de analyse van de metingen van grondwaterstanden, stijghoogte en het zoutgehalte van het grondwater (dikte zoetwaterlens door middel van metingen in de peilbuizen) uitgevoerd in de periode van 2010 tot en met 2024, kan het volgende worden geconcludeerd:

- De metingen in het landbouwgebied laten nauwelijks tot geen significante veranderingen in de stijghoogte en geen afname in de zoetwatervoorraad zien als gevolg van het Plan Waterdunen. Hieruit kan worden geconcludeerd dat er geen nadelige gevolgen voor de landbouw zijn te verwachten zoals grondwateroverlast, droogte of verzilting, zowel in de actuele situatie als in de toekomst.

- De metingen in het Vakantiepark Het Heem en omgeving laten nauwelijks tot geen significante veranderingen van de grondwaterstand zien als gevolg van het Plan Waterdunen. Hieruit kan worden geconcludeerd dat er geen nadelige gevolgen voor de bebouwing zijn te verwachten zoals grondwateroverlast of droogte, zowel in de actuele situatie als in de toekomst.
- Voor de metingen bij de overige bebouwing zijn veranderingen van de grondwaterstand in het plangebied in de eindfase ten opzichte van de nul-situatie klein te noemen waarbij de meeste meetpunten een verlaging of geen verandering laten zien.

Inhoud

Samenvatting **4**

1 Aanleiding en doel grondwatermetingen **8**

1.1 Aanleiding grondwatermetingen 8

1.2 Doel en fasering grondwatermetingen 10

2 Meetnet **13**

3 Resultaten grondwatermonitoring **14**

3.1 Meteorologie en getijde 14
3.1.1 Meteorologie 14
3.1.2 Gedempt getij in Waterdunen 15

3.2 Grondwaterstanden en stijghoogten 19
3.2.1 Inleiding 19
3.2.2 Ruimtelijk beeld van gemeten grondwaterstand en stijghoogte 20
3.2.3 Dynamiek van gemeten grondwaterstand en stijghoogte 22
3.2.4 Veranderingen door uitvoeringswerkzaamheden en opening duiker 26

3.3 Zoet en zout grondwater 38
3.3.1 Ruimtelijk beeld 38
3.3.2 Variaties in de tijd 42
3.3.3 Veranderingen door uitvoeringswerkzaamheden en opening getijdenduiker 44

4 Conclusies **46**

5 Referenties **49**

A De opbouw van ondergrond (bron: Geotop: www.dinoloket.nl) **50**

B Enkele karakteristieken van de meetpunten **51**

C De vlieglijnen door en rondom Waterdunen van de EM-helikoptermetingen 2015 (FRESHEM) **57**

D Metingen per locatie **58**

D.1 EC01 58

D.2 EC02 62

D.3 EC03 66

D.4 EC04 70

D.5 EC05 73

D.6 EC06 75

D.7 EC07 78

D.8 EC08 81

D.9	EC09	84
D.10	EC10	87
D.11	EC11	90
D.12	EC12	93
D.13	EC13	97
D.14	EC14	100
D.15	EC15	103
D.16	EC16	106
D.17	H1	108
D.18	H2	111
D.19	KB6.1	113
D.20	KB6.2	116
D.21	KB08.2	119
D.22	KB10.1	122
D.23	LB103	125
D.24	NB09.1	128
D.25	NB11.2	131
D.26	PG01.1	134
D.27	S3	137
D.28	S4	140
D.29	S5	143
D.30	S6	146
D.31	S7	149
D.32	SB5.1	151
D.33	SB5.2	154
D.34	W8	157
D.35	WG02.1	160
D.36	WG04.3	163
D.37	ZB17.1	166
D.38	ZB19.1	169

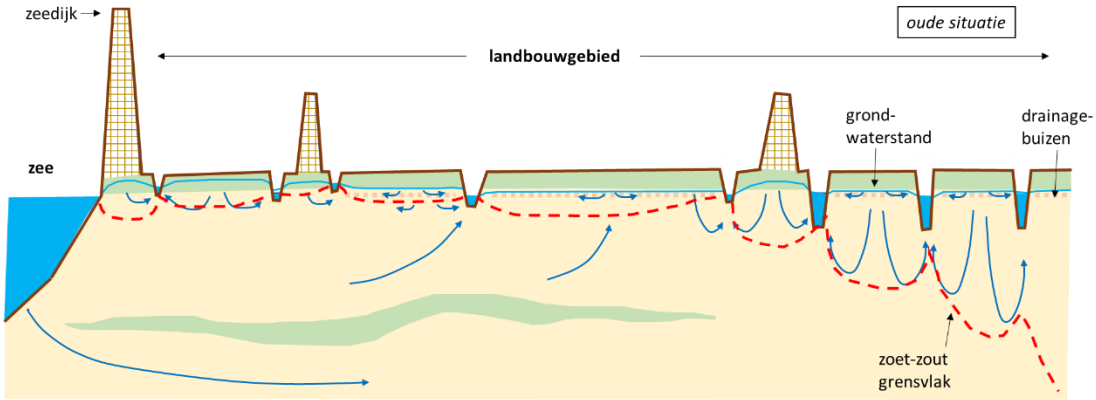
1 Aanleiding en doel grondwatermetingen

1.1 Aanleiding grondwatermetingen

Het Plan 'Waterdunen' houdt in dat een gedempt getijdengebied is ingericht in de historische polder Oud-Breskens, ten westen van Breskens (Figuur 1.1). Deze verandering van polder, voornamelijk landbouwgebied, naar een gedempt getijdengebied, leidt tot een andere waterhuishoudkundige situatie. Het getijdengebied heeft geen verbinding met het omliggende polderwatersysteem, Mogelijk zijn er gevolgen op het grondwatersysteem in het aangrenzende gebied. De grondwatermonitoring Waterdunen was er eerst op gericht om voor het aangrenzende gebied de nulsituatie vast te leggen en vervolgens om eventuele veranderingen in het grondwater langs de randen van Waterdunen als gevolg van de herinrichtingen te volgen. Daarmee kan vastgesteld worden in hoeverre er veranderingen via het grondwater plaatsvinden naar de omgeving.

Figuur 1.1 Linksboven: Plangebied Waterdunen voor uitvoer (begrensd door de rode lijn). Rechtsboven: het Inrichtingsplan Waterdunen (2009). Onder: Waterdunen op 23 juni 2024 (bron: Google Earth)

In Figuur 1.2 is het gebied Waterdunen en omgeving van vóór uitvoering van het plan schematisch weergegeven. De ondergrond bestaat uit een afwisseling van zand- en kleilagen (zie ook Bijlage A). Aan de top bevindt zich een deklaag bestaande uit zware klei en kleiig zand die varieert in dikte en deze laag is slecht doorlatend. Daaronder wordt matig fijn zand en kleiig zand aangetroffen die lokaal op ongeveer 10 meter diepte wordt begrensd door een kleilaag (0.5 tot 2 m dik). Onder deze kleilaag bevindt zich goed doorlatend zand tot een diepte van ongeveer 30 tot 40 meter onder maaiveld. In de zandpakketten kan grondwaterstroming door de betere doorlatendheid veel makkelijker plaatsvinden dan door de minder goed doorlatende kleilagen. De zandlagen worden daarom ook ‘watervoerende lagen’ genoemd. De watervoerende laag is niet overal even goed ontwikkeld en ook de diepte van voorkomen varieert. In Figuur 1.2 is met rood het grensvlak tussen zoet en zout grondwater schematisch weergegeven.



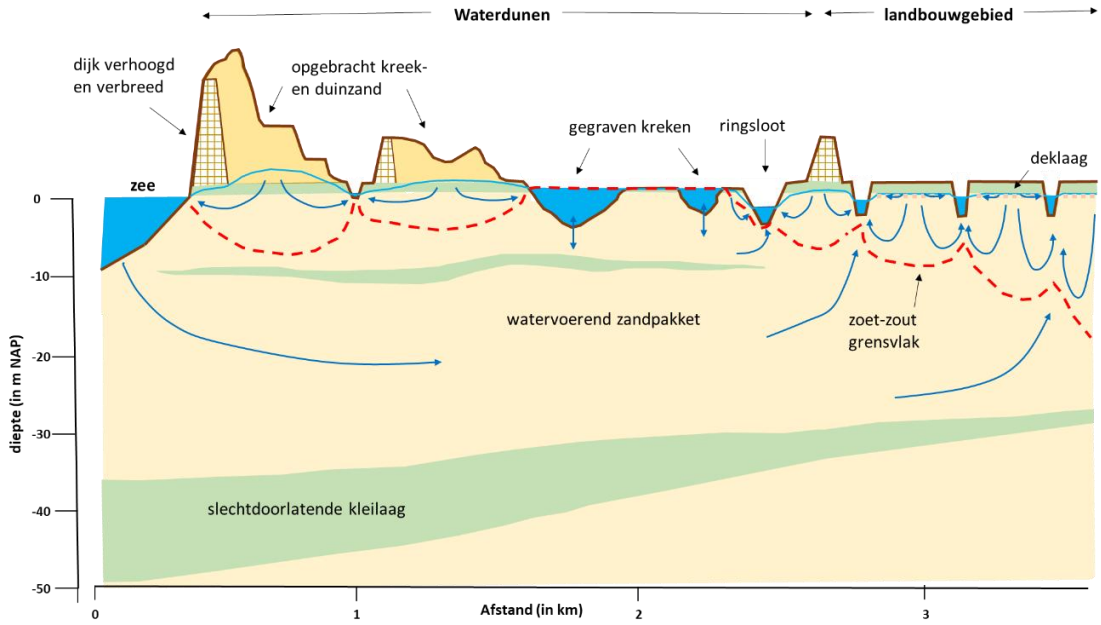
Figuur 1.2 Schematische weergave (noord-zuid profiel) van de grond- en oppervlaktewatersituatie in Waterdunen en omgeving, vóór uitvoering van Plan Waterdunen met aangegeven grondwaterstromingsrichtingen, grondwaterstanden en het zoet-zout grensvlak.

De waterhuishoudkundige veranderingen die gepaard zijn gegaan met de inrichting van Waterdunen zijn in grote lijnen als volgt (zie ook Figuur 1.3):

(1) Verandering naar een afgesloten gedempt getijdengebied waarbij het totaal aan oppervlaktewater (gegraven kreken) is vergroot. Er is bodemmateriaal weggegraven voor de aanleg van de dijkversterking en de kreken waarbij delen van de kleiige deklaag zijn weggehaald. Deze grond is gebruikt in de ophoging en landschappelijke vormgeving t.b.v. de waterkering en het recreatiepark. De gecontroleerde in- en uitstroom van zout zeewater geschiedt via de getijdenduiker waardoor Waterdunen in verbinding staat met de Westerschelde. Het zoute systeem van de kreken staat op geen enkele wijze in verbinding met het omliggende agrarische poldersysteem, ook alle drainage in het krekengebied van Waterdunen is niet meer functioneel en alle randen zijn afgesloten van ont- en afwateringsmiddelen. De afwatering van het recreatiepark verloopt via Waterdunen en niet via de polderafwatering.

(2) Aanleg van een ringsloot en verbetering van de afwatering van het rondom Waterdunen gelegen agrarische gebied en bebouwing. Hiertoe is tevens een nieuw gemaal gerealiseerd. De ringsloot en polderafwatering hebben een vast winter- en vast zomerpeil.

Deze veranderingen hebben geleid tot een andere waterhuishoudkundige situatie in Waterdunen dan voorheen in het oorspronkelijke agrarische gebied. Deze veranderingen zouden effect kunnen hebben op het grondwatersysteem buiten Waterdunen en de monitoring is erop gericht dit te kunnen vaststellen.



Figuur 1.3 Schematische weergave (noord-zuid profiel) van de waterhuiskundige situatie na uitvoering van Plan Waterdunen.

Het monitoringprogramma was er specifiek op gericht om veranderingen van de grondwaterstanden en zoutgehaltes aan de rand van Waterdunen te volgen t.o.v. van de situatie van vóór de aanleg van Waterdunen. Daarmee kan vastgesteld worden of er uitstraling via het grondwater naar de omliggende regio plaatsvind. Voor de monitoring is in opdracht van de Provincie Zeeland rond Waterdunen een grondwatermonitoringsnetwerk ingericht door Deltares, zodat na realisatie van Waterdunen eventuele veranderingen aangetoond kunnen worden en of veranderingen ook gerelateerd kunnen worden aan Waterdunen.

1.2 Doel en fasering grondwatermetingen

De doelstellingen van de grondwatermonitoring waren:

1. Vastlegging van de nulsituatie van het grondwatersysteem, zowel grondwaterstanden als zoutgehaltes in de bodem;
2. Signaleren van veranderingen in deze grondwatersituatie;
3. Inzicht in het grondwatersysteem rond Waterdunen vergroten.

De grondwatermonitoring is gestart in 2010 en er kunnen drie fasen worden onderscheiden:

- *Nulfase (tot 2014):* de periode tot 2014 geldt als nulfase oftewel de oorspronkelijke situatie waarin nog geen ingrepen in het plangebied waren uitgevoerd. In deze fase diende de grondwatermonitoring om de nul-situatie van het grondwatersysteem vast te leggen. De nulfase eindigde eind december 2013.
- *Uitvoeringsfase Waterdunen (2014-september 2019):* In deze fase werd het grondwerk voor Waterdunen uitgevoerd waarbij de volgende veranderingen in de waterhuishouding in Waterdunen zijn opgetreden:

    - Er is een nieuwe ringsloot gegraven rondom het gehele plangebied om de afwatering van het gebied ten oosten en de bebouwing ten noorden te garanderen en eventuele effecten buiten (aan de rand van) Waterdunen te compenseren. Hiertoe is tevens een nieuw gemaal 'Nieuwe Sluis' gerealiseerd dat het polderwater naar de Westerschelde pompt. Het waterpeil in de nieuwe ringsloot is eind 2014 ingesteld op het huidige polderpeil: -0,6 m NAP in de zomer en -0,9 m NAP in de winter.
    - Een deel van de deklaag bestaande uit zware klei en fijne kleiige zanden is afgegraven om de kreken van het getijdengebied op de gewenste diepte te realiseren. Deze grond is gebruikt bij de dijkversterking.
    - Het peil in de kreken is tijdens de uitvoering in fasen ingesteld op maximaal +0,2 m NAP in natte winterperioden. De waterpeilen zakken in de zomerperiode uit naar -0,6 m NAP, gelijk aan het zomerpeil in de ringsloot.
    - In 2018 en 2019 zijn de peilen in de kreken door de droogte zelfs gezakt tot -0,8 m NAP.
    - Om voldoende afwatering en ontwatering van (particuliere) percelen met bebouwing in en langs het plangebied te garanderen, zijn lokaal ondiepe sloten gegraven langs de perceelscheidingen (bij ’t Killetje en 2 percelen nabij Walendijk, Puijendijk). Deze sloten liggen buiten de ringsloot en zijn hierop aangesloten. Het zijn veelal droogvallende sloten omdat bodemhoogte boven polderpeil is aangelegd, waardoor er alleen perceel afvoer plaatsvindt in neerslagrijke perioden.
    - Alle drainage in het krekengebied van Waterdunen is onklaar gemaakt en niet meer functioneel.
    - Her en der zijn er sloten gedempt in het plangebied t.b.v. de realisatie van het krekengebied. De functie van deze sloten verviel na de aanleg van aanleg van de ringsloot.
    - Bij ’t Killetje is de inlaatduiker gebouwd die het peil in het getijdengebied reguleert.
- *De eindfase Waterdunen (vanaf 19 september 2019)*: In de eindfase vonden de volgende waterhuishoudkundige veranderingen plaats:
    - In september 2019 is de getijdenduiker in bedrijf genomen. In de fase na de opening (testfase van de getijdenduiker en het gehele gebied) werden diverse waterpeilen in de kreken van het getijdengebied gerealiseerd door handmatige bediening en was er geen sprake van gedempt getijde.
    - Vanaf april 2020 is de getijdenduiker handmatig ingesteld op vaste openingen waardoor in Waterdunen een gedempt getij is ontstaan afhankelijk van en volgend op de waterstanden in de Westerschelde. Daarmee wordt nog niet de volledig fluctuatie van het beoogde getij in Waterdunen bereikt zoals is voorgenomen. De waterpeilen fluctueren in deze periode van maximaal +0,75 m NAP tot -0,40 m NAP, gemiddeld varieert het dagelijkse maximale en minimale peil van +0,40 m NAP tot -0,25 m NAP. Sinds oktober 2024 werkt de getijdenduiker volautomatisch
    - De gecontroleerde in- en uitstroom van zout water uit de Westerschelde geschiedt via de getijdenduiker waardoor er in het plangebied zout water in de kreken stroomt.
    - Het zoute systeem van de kreken staat niet in verbinding met het omliggende agrarische poldersysteem en alle randen zijn afgesloten van ont- en afwateringsmiddelen.
    - De afwatering van het recreatie park Molecaten in het plangebied verloopt via Waterdunen en niet via de polderafwatering.

Figuur 1.4 Het gedempt getijdengebied. Waterdunen met duidelijk het gegraven krekenpatroon en de ringsloot (foto augustus 2021, provincie Zeeland).

In de voorliggende rapportage worden de resultaten van de grondwatermonitoring van de gehele periode beschreven; van nulmeting (nulfase) en de uitvoeringsfase (vanaf 2010 tot september 2019), het moment dat de getijdenduiker in de testfase in werking is gesteld, en de periode daarna tot en met september 2024. De metingen laten dus de resultaten tot opening van de duiker zien en vijf jaar na opening.

2 Meetnet

Het monitoringsnetwerk is weergegeven in Figuur 2.1. Het meetnet omvat zowel meetpunten buiten het plangebied Waterdunen in het landbouwgebied en bebouwd gebied als binnen het plangebied Waterdunen waar vooral rond bebouwing is gemeten. De meetpunten met code EC staan veelal aan de rand van Waterdunen en dienen om eventuele veranderingen in het landbouwgebied goed te kunnen volgen. Ze bestaan uit een ondiepe (freatische grondwaterstand) en diepe (stijghoogte in watervoerend pakket) grondwaterbuis. Het filter van de ondiepe buis zit op een diepte van 2 á 3 meter onder maaiveld en hier wordt de grondwaterstand handmatig gemeten. De diepe buis heeft het filter op een diepte van 5 tot 12 m onder maaiveld en hier wordt de stijghoogte continue (meetfrequentie elk uur) gemeten met druksensoren (zogenaamde ‘divers’).
In negen van deze diepe EC-buizen (aangegeven met rood in Figuur 2.1) is jaarlijks de positie van het zoet-zout grensvlak (diepteprofiel van het zoutgehalte) gemeten met de zogenaamde EM-SlimFlex. In 2010, 2020 en 2024 zijn daarnaast ook extra EM-SlimFlex metingen gedaan in enkele andere meetpunten (EC01, EC02, EC07, EC08, EC10).
De overige meetpunten liggen rond bebouwing in Waterdunen of net er buiten (vakantiepark Schoneveld) en zijn over het algemeen ondiepe meetpunten waar de freatische grondwaterstand met druksensoren (‘divers’) is gevolgd.
In bijlage 5B staan enkele kenmerken van alle meetpunten samengevat.

Figuur 2.1 Meetnet grondwatermetingen Waterdunen. In de rode meetpunten wordt naast de grondwaterstand (of stijghoogte) ook het zoet-zout grensvlak met de EM-SlimFlex gemeten.

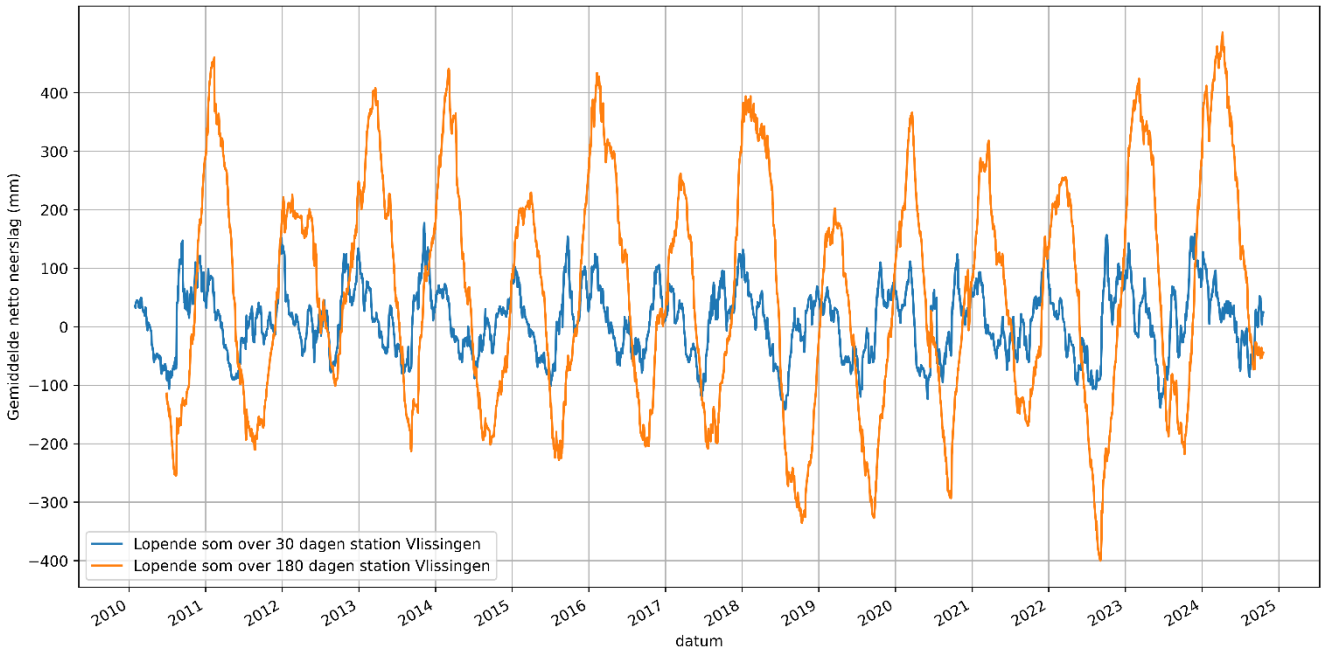
3 Resultaten grondwatermonitoring

In dit hoofdstuk worden de resultaten van de grondwatermonitoring in en rondom Waterdunen besproken. Eerst wordt in paragraaf 3.1 de meteorologische data en getijdegegevens gedurende de monitoringsperiode besproken. Daarna wordt in paragraaf 3.2 de monitoring van de grondwaterstanden en stijghoogte besproken en in paragraaf 3.3 de monitoring van het zoet en zout grondwater. Daarbij zal ook worden ingegaan op eventuele veranderingen als gevolg van de inrichting van het gedempt getijdegebied. Alle metingen per meetpunt (en de tijdreeksanalyse) zijn ook terug te vinden in bijlage D. In dit hoofdstuk wordt ook toegelicht wat de eventuele consequenties zijn voor het naburige landgebruik van de eventuele veranderingen van Waterdunen.

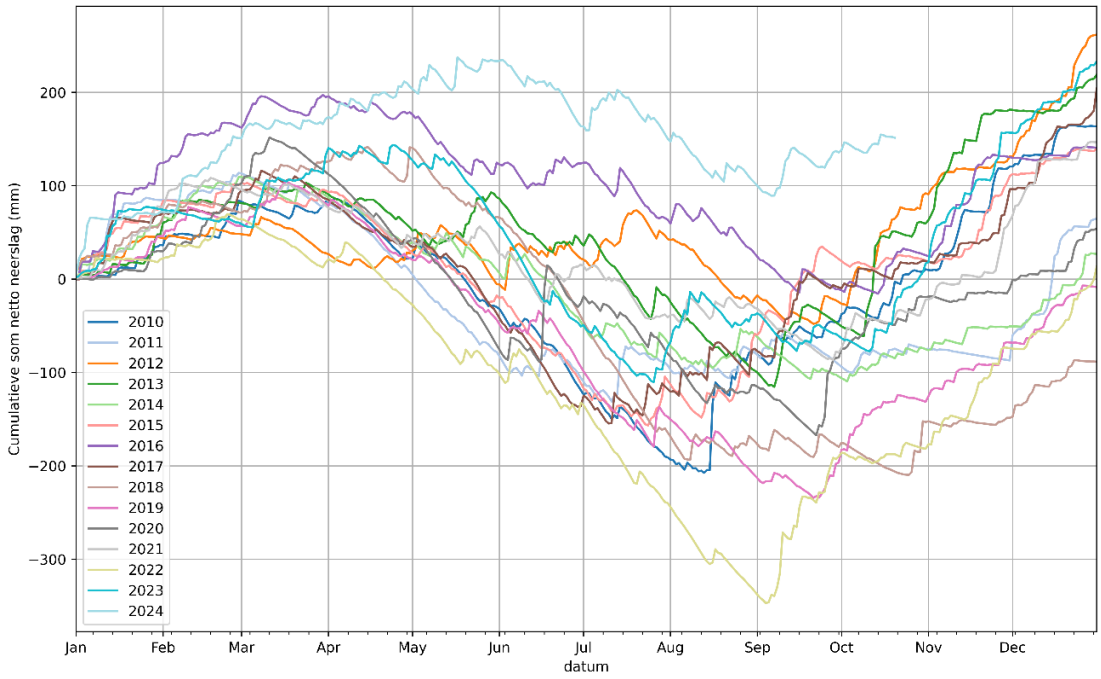
3.1 Meteorologie en getijde

3.1.1 Meteorologie

Figuur 3.1 laat het lopend gemiddelde zien van de netto neerslag (neerslag minus verdamping) van KNMI weerstation Vlissingen sinds 2010. In de winterperiode is er altijd sprake van een neerslagoverschot (meer neerslag dan verdamping). In de zomer is er een neerslagtekort: ongeveer vanaf eind maart – begin april tot eind september-begin oktober is er dagelijks meer verdamping dan neerslag. Figuur 3.2 toont per jaar in de periode 2010 – 2024 de jaarlijkse cumulatieve som van de netto neerslag, welke in de winter positief is en in de loop van het voorjaar of zomer negatief wordt.
De winters van 2015-16, 2017-18, 2022-23 en 2023-24 zijn duidelijk natter dan de andere winters en dit is ook terug te zien in de grondwaterstandsmetingen (dit wordt verder besproken in paragraaf 3.2). 2018, 2019, 2020 en 2022 hadden zeer droge zomers. De droge zomer van 2019 werd gevolgd door een natte winter (zie Figuur 3.2) waardoor het grondwatersysteem zich enigszins kon herstellen. 2022 was het gehele jaar erg droog, met het grootste cumulatieve neerslagtekort op jaarbasis in Figuur 3.2. 2024 was een zeer nat jaar, met het grootste cumulatieve neerslagoverschot.



Figuur 3.1 Lopende gemiddelden van de netto neerslag (neerslag minus verdamping), afgeleid uit neerslagmetingen en potentiële verdamping in Vlissingen. Bron originele data: KNMI.



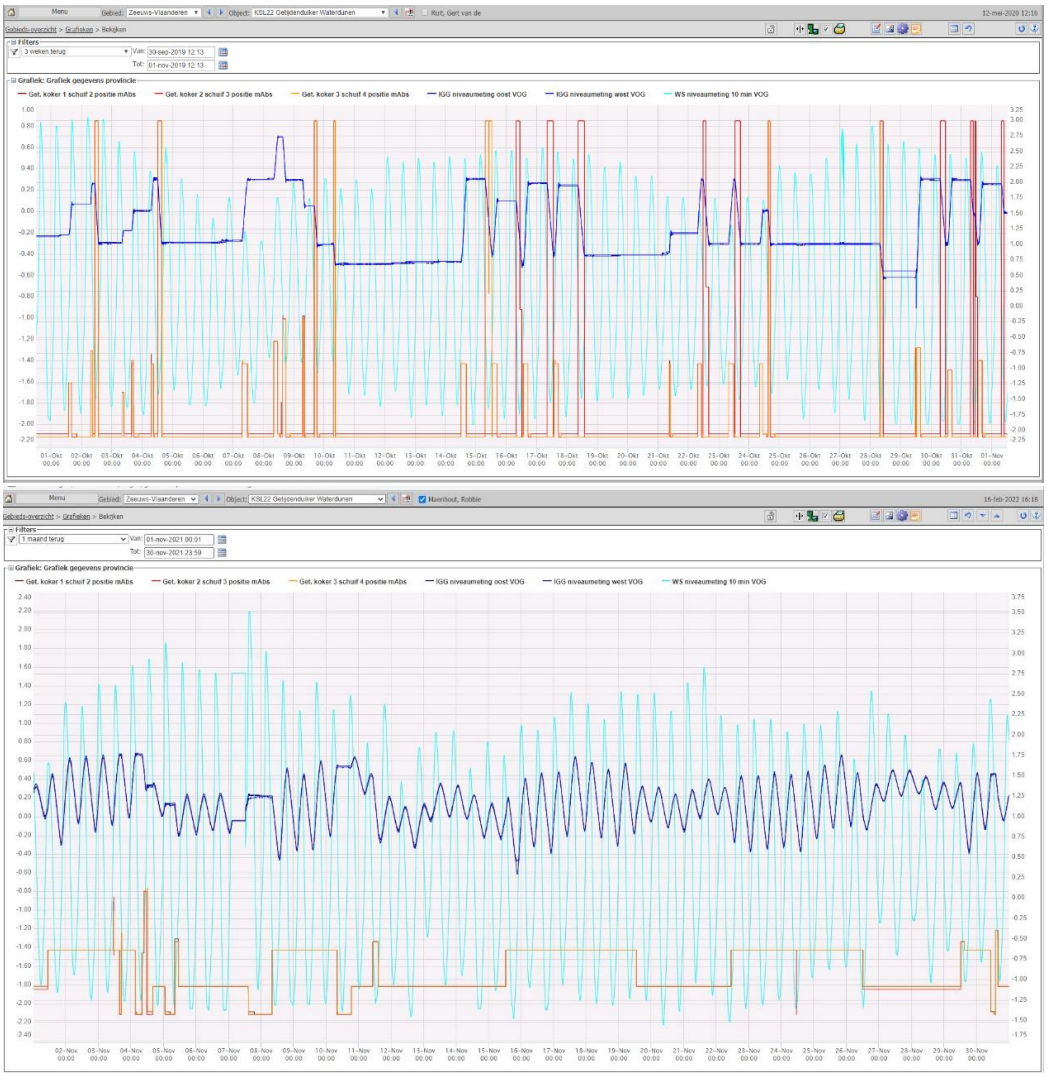
Figuur 3.2 Cumulatieve som van de netto neerslag (neerslag minus verdamping), afgeleid uit de neerslagmetingen en potentiële verdamping in Vlissingen. Bron originele data: KNMI

3.1.2 Gedempt getij in Waterdunen

Het peil van de kreken in Waterdunen bedroeg tijdens de uitvoerfase maximaal +0,2 m NAP gedurende natte perioden in de winter met uitzakkende peilen tot -0,6 en -0,8 m NAP in de zomerperiode. Tijdens de uitvoerfase werd het peil in de kreken gefaseerd en in deelgebieden aangepast.

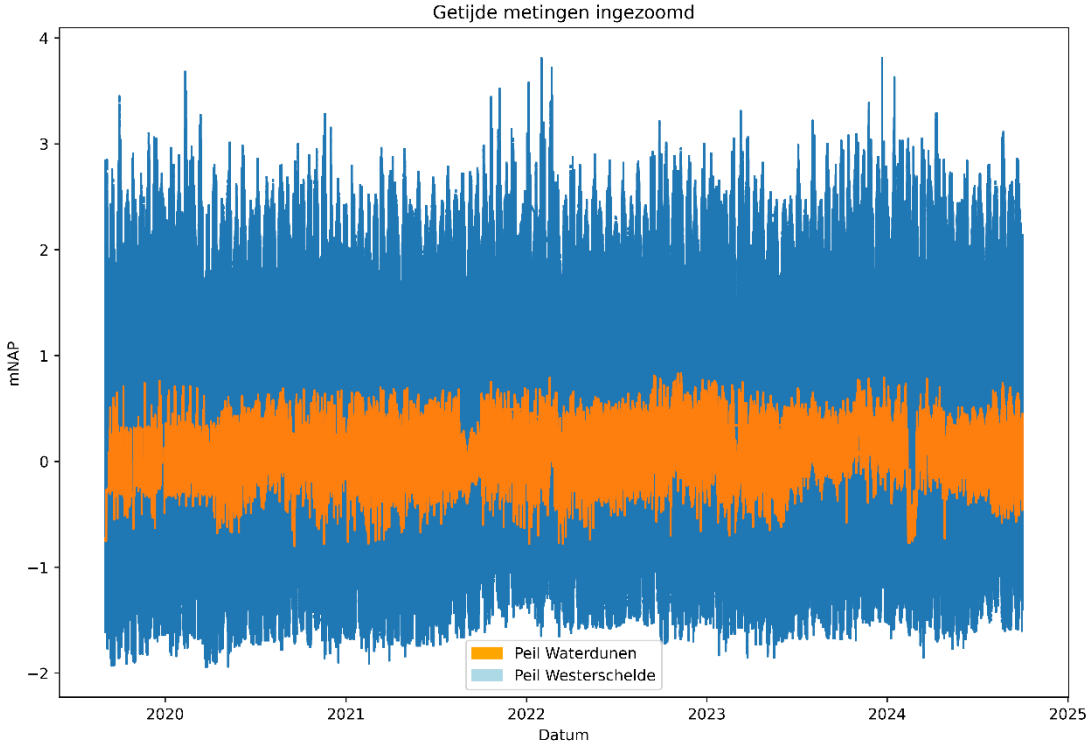
Vanaf september 2019 begon de testfase van het openen en sluiten van de schuiven van de getijdenduiker (zie bovenste grafiek, Figuur 3.3). Hierdoor kon water vanuit de Westerschelde bij hoogwater het getijdengebied instromen en bij laagwater weer uitstromen. Hierdoor ontstaan wisselende waterstanden in Waterdunen. Figuur 3.3 (onderste grafiek) laat het gedempt getij in Waterdunen (donkerblauwe lijn) zien na de testfase met een veel natuurlijker verloop dan tijdens de testfase (bovenste grafiek). Door de vaste opening van de schuifstanden lopen de waterpeilen in Waterdunen gedempt mee met het getijde van de Westerschede. De schuiven worden in de weekenden op een kleinere opening ingesteld en dus minder getijde in het gebied.

Vanaf begin 2024 is er aan de optimalisatie van de getijdenduiker gewerkt door het Waterschap. In februari 2024 is Waterdunen met de hand bediend en expres op lage peilen gehouden i.v.m. werken in Waterdunen. De peilen zijn toen gerealiseerd van -0,75 NAP tot maximaal -0,50 NAP. Vanaf eind mei/juni 2024 is er gewerkt aan de getijdenduiker waarbij 2 kokers open zijn en die via de automatische besturing zijn aangestuurd, die vanaf juli permanent zijn ingeschakeld op automatische bediening. Hierdoor wordt ook een duidelijker spring- en doodtij in Waterdunen gerealiseerd. Vanaf augustus 2024 zijn het merendeel van de werken aan de schuiven gereed en is het geheel op automatische bediening met 3 kokers ingesteld. Als gevolg van de een-derde hogere capaciteit is er een vergroting van de getijdeslag, met een nog duidelijker spring- en doodtij.

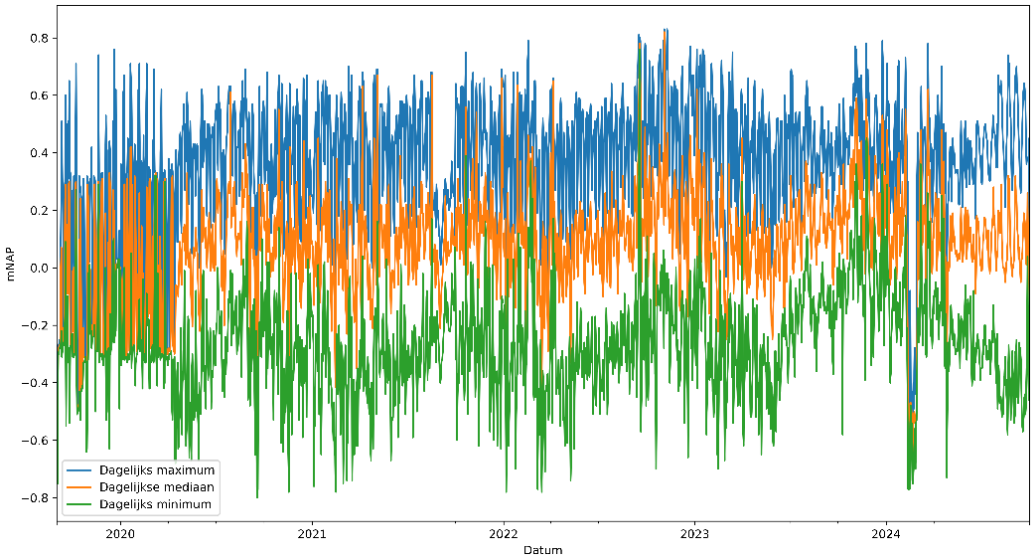


Figuur 3.3 De schuifstanden van de duiker (oranje en rood), het waterpeil in Waterdunen (twee donkerblauwe vrijwel overlappende lijnen in westelijk en oostelijk meetpunt, linker y-as) en het Westerscheldepeil (lichtblauw, rechter y-as) voor een maand in de testfase (oktober 2019, boven) en de operationele fase (november 2021, onder). Bron: Waterschap Scheldestromen.

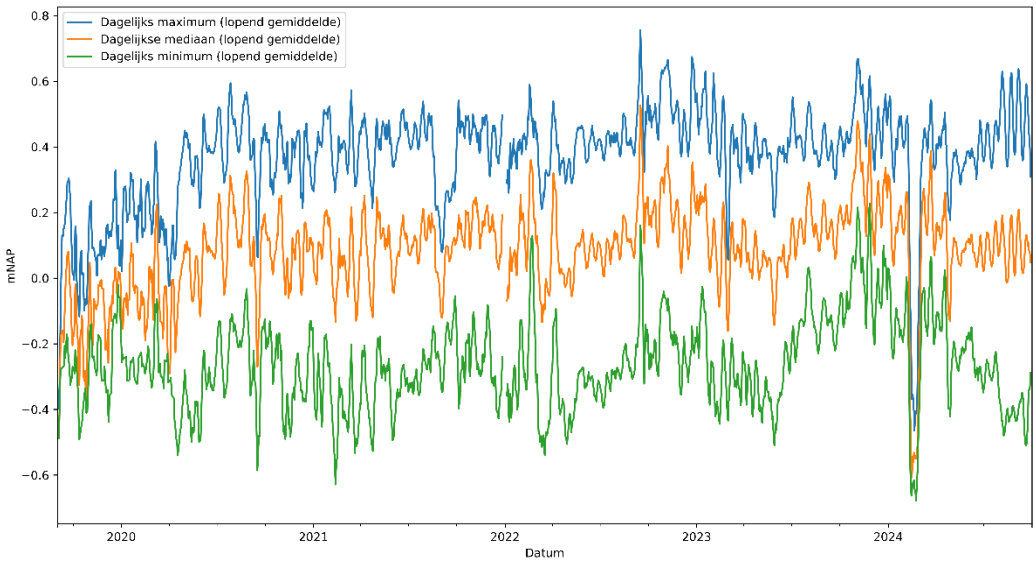
Figuur 3.4 laat het waterpeil van de Westerschelde bij de getijdenduiker en het waterpeil in Waterdunen (bij het oostelijk meetpunt) zien vanaf het openen van de getijdenduiker tot en met september 2024. Het waterpeil op de Westerschelde fluctueert tussen circa -2 m NAP en +3 m NAP. De hogere pieken en diepere dalen komen twee keer per maand voor en zijn de perioden met springtij en worden afgewisseld met doodtij wanneer het verschil tussen eb en vloed het kleinst is. Het waterpeil in Waterdunen (gedempt getij) fluctueert gemiddeld tussen circa -0,25 m NAP en +0,50 m met uitschieters naar -0,60 tot +0,60 m NAP en een gemiddelde waterstand van +0,07 m NAP. Dit is duidelijker zichtbaar in Figuur 3.5 waar de maximale, mediane en minimale waterstand in Waterdunen is geplot en in Figuur 3.6 met het voortschrijdend gemiddelde (per week) hiervan. In Figuur 3.7 staat het gemiddelde peil per maand weergegeven dat sinds de zomer van 2020 varieert tussen -0,02 en 0,12 m NAP, maar het laatste half jaar van 2023 komen nog iets hogere peilen voor met een gemiddeld maandelijks peil van maximaal 0,32 m NAP. In de figuren zijn ook duidelijk de aanpassingen van het waterpeil in 2024 te zien, met tijdelijk lage peilen in februari 2024 en een duidelijkere sinus vanaf juni 2024.



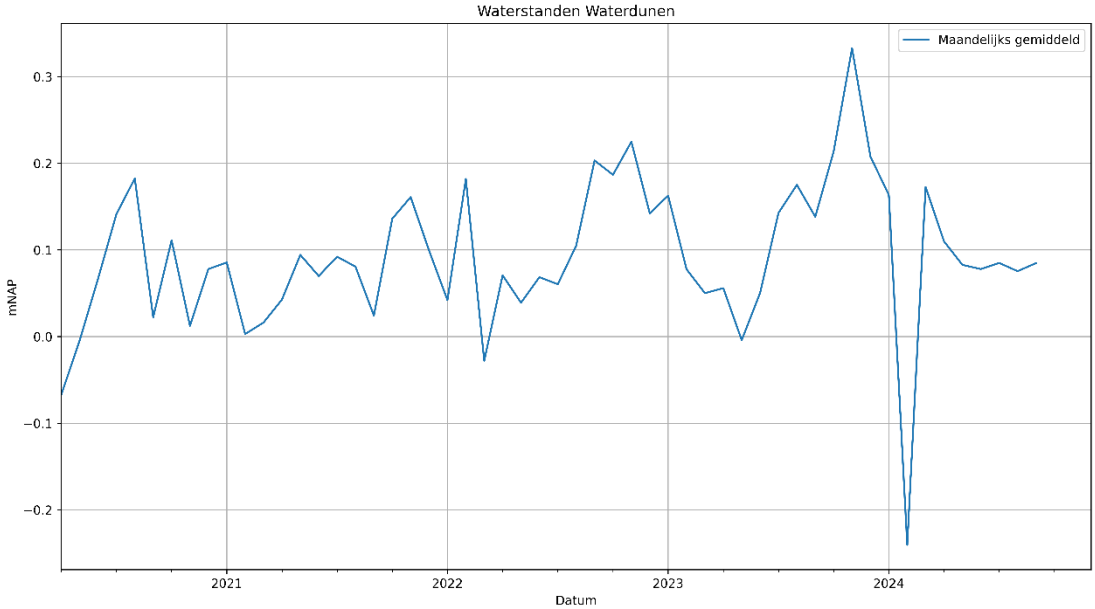
Figuur 3.4 Het peil van de Westerschelde in blauw (getijde) en het gedempt getij in Waterdunen (oostelijk meetpunt) in oranje. Bron data: Waterschap Scheldestromen



Figuur 3.5 Het gedempt getij (waterpeil) in Waterdunen weergeven met het maximale (blauw), mediane (oranje) en minimale peil (groen) per dag. Bron data: Waterschap Scheldestromen



Figuur 3.6 De waarden van figuur 3.5 als voortschrijdend gemiddeld per week. Bron data: Waterschap Scheldestromen



Figuur 3.7 Het gemiddeld waterpeil per maand in Waterdunen sinds april 2020. Bron data: Waterschap Scheldestromen

3.2 Grondwaterstanden en stijghoogten

3.2.1 Inleiding

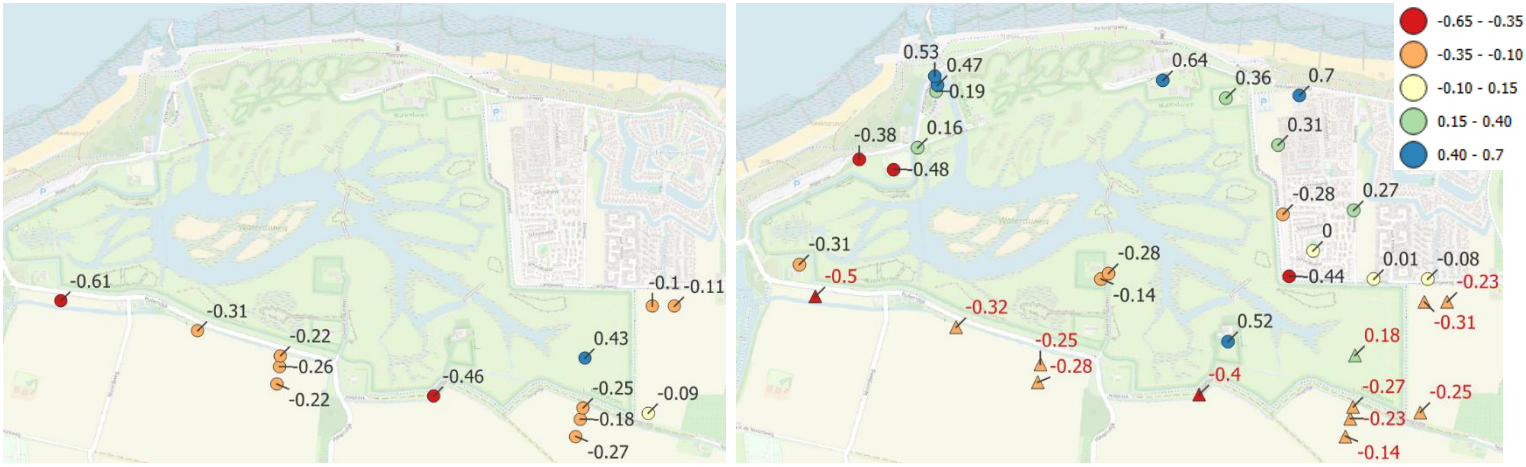
Een eventuele uitstraling van veranderingen van het (grond)waterpeil in Waterdunen naar het gebied er omheen, vindt plaats via de zogenaamde stijghoogte in het watervoerende pakket. Het watervoerende pakket is een zandlaag waar makkelijker grondwater door stroomt dan door kleiige lagen. De stijghoogte is de waterdruk in deze watervoerende laag onder de deklaag bestaande uit klei en kleiig zand (zie Figuur 1.2). Deze stijghoogte of waterdruk kan hoger of lager zijn dan de ‘freatische’ grondwaterstand (het ondiepe grondwater dat je tegenkomt als je een gat graaft): bij een hogere stijghoogte vindt er kwel vanuit het watervoerend pakket (opwaartse stroming) naar het oppervlak plaats en met een lagere stijghoogte vindt er juist neerwaartse stroming van het ondiepe grondwater naar het watervoerend pakket plaats.
De grondwaterstand stijgt door neerslag en daalt door verdamping en drainage van het grondwater door sloten en drainagebuizen. Dit kan plaatsvinden door een regenbui of natte periode maar de grondwaterstand vertoont ook een verloop in de seizoenen. In de winterperiode worden hogere grondwaterstanden aangetroffen dan in de zomer door het overschot aan neerslag (meer neerslag dan verdamping). Aan het eind van de winterperiode zakken de grondwaterstanden uit als gevolg van het draineren van grondwater door sloten, drainagebuizen en een neerslagtekort (meer verdamping dan neerslag). Een combinatie tussen weinig neerslag en een hoge verdamping leidt tot een hoger neerslagtekort en daarmee tot lagere grondwaterstanden. Verschillen in het optreden van lage grondwaterstanden tussen meetpunten onderling worden veroorzaakt door lokale omstandigheden zoals drainage, afstand tot sloten, begroeiing en bodemopbouw. De stijghoogten in het diepere pakket lijken op de grondwaterstanden (freatisch), maar de dynamiek is vaak iets lager (fluctuatie). Dit komt omdat het ondiepe grondwater sterker reageert op neerslag en verdamping dan de diepere stijghoogten, waar deze impulsen worden afgezwakt door de ondergrond.

Een hogere of lagere waterdruk en grondwaterstand in Waterdunen door waterhuiskundige veranderingen leidt tot een hogere of lagere stijghoogte in het watervoerend pakket en dit kan via uitstraling de stijghoogte buiten Waterdunen beïnvloeden. Een eventuele stijging van de stijghoogte buiten Waterdunen zou kunnen leiden tot hogere ofwel ondiepere freatische grondwaterstanden, meer zoute kwel of het dunner worden van zoetwaterlenzen in het gebied buiten Waterdunen. Een lagere stijghoogte zal juist het omgekeerde effect hebben. Het is daarom van belang om deze stijghoogte in de tijd te volgen om eventuele veranderingen en effecten buiten het Waterdunen gebied te signaleren. Immers, wanneer er geen veranderingen in de stijghoogte zijn te zien, zullen er ook geen effecten op de grondwaterstand, zoetwaterlens en zoute kwel waarneembaar zijn.

De nieuw gegraven ringsloot rondom Waterdunen is gegraven om eventuele uitstraling van effecten van Waterdunen (via de stijghoogte) te compenseren waardoor de stijghoogte in de omgeving niet of nauwelijks zou moeten veranderen. De monitoring is erop gericht om dit vast te stellen. Het water in de ringsloot wordt door het nieuwe gemaal 'Nieuwe Sluis' naar de Westerschelde gepompt. Ook zijn rond een aantal (woning)percelen sloten aangelegd langs de perceelscheidingen, om voldoende af- en ontwatering van de percelen te garanderen.

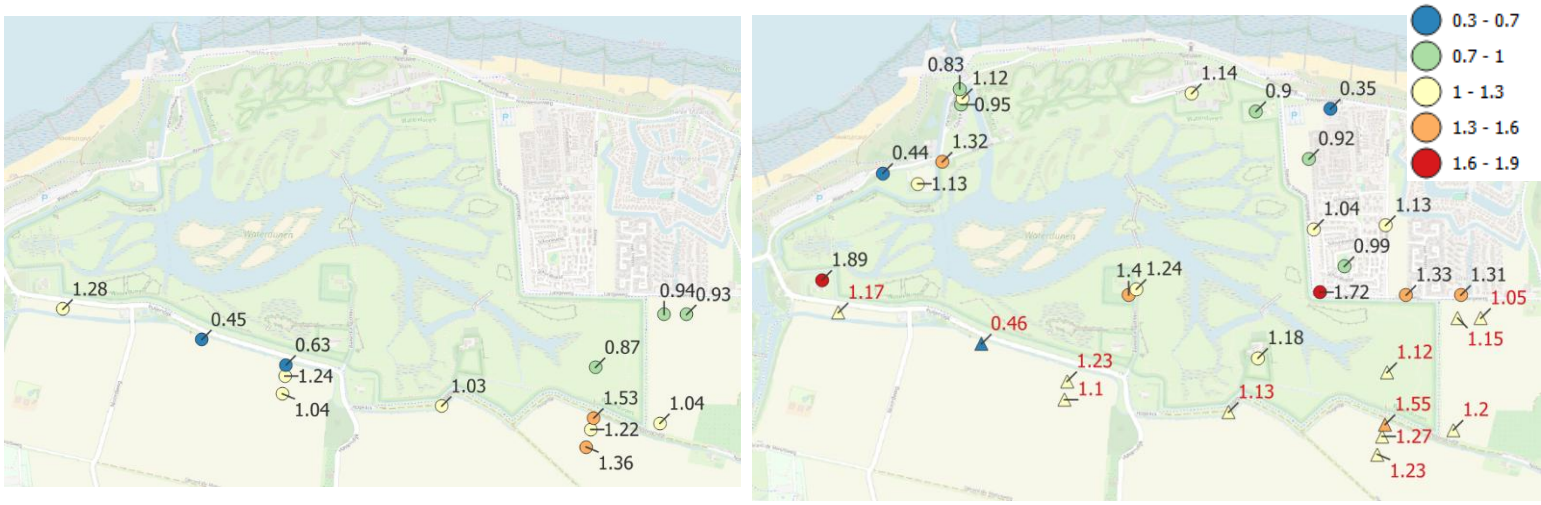
3.2.2 Ruimtelijk beeld van gemeten grondwaterstand en stijghoogte

Figuur 3.8 toont de gemiddelde gemeten stijghoogte en grondwaterstand t.o.v. NAP ná opening van de getijdenduiker. De hoogste grondwaterstanden ten opzichte NAP komen voor nabij de kustlijn (+0,2 tot +0,7 m NAP) en de grondwaterstand daalt richting het zuiden (bij de grens tussen Waterdunen en het landbouwgebied) tot een hoogte van -0,2 tot -0.5 m NAP en de stijghoogte is hier -0,2 tot -0,6 m NAP. De laagste stijghoogten worden gemeten vlak bij de sloten die op polderpeil liggen en waar de ondergrond zandig is. De hoogste waarden worden gemeten op grotere afstand van de poldersloten.



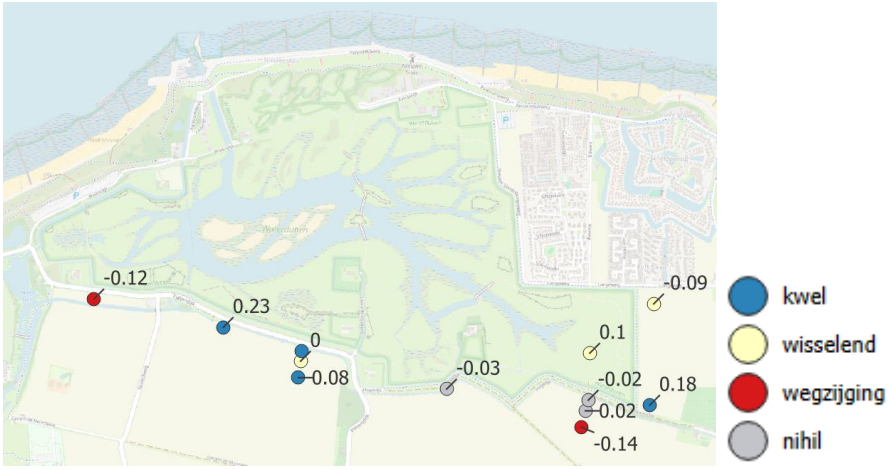
Figuur 3.8 Links: gemiddelde gemeten stijghoogte en rechts: gemiddelde gemeten grondwaterstand in meters t.o.v. NAP na openen getijdenduiker (alleen de data voor EC11 is vóór het openen van de getijdenduiker, in verband met ontbreken data). Cirkels met zwarte tekst: gemeten door middel van continue 'diver'-metingen. Driehoeken met rode tekst: gemeten door middel van handmetingen (1x per kwartaal).

Figuur 3.9 is vergelijkbaar met Figuur 3.8, maar dan in meters ten opzichte van maaiveld. De meeste gemiddelde grondwaterstanden liggen ongeveer tussen 0,5 en 1,5 m onder maaiveld, alleen WG02.1 en NB9.1 hebben een ondiepere gemiddelde grondwaterstand (0,44 en 0,35 m onder maaiveld). De gemiddelde grondwaterstanden in het landbouwgebied (alleen op basis van handmetingen) zijn grotendeels 1 tot 1,3 m onder maaiveld, met uitzondering van EC13 (0,46 m onder maaiveld). Ondiepe grondwaterstanden komen voor als gevolg van een lage ligging van het maaiveld, een grote(re) afstand tot sloten, of een kleiige grondslag die de afvoer van regenwater belemmert. Op twee locaties is de gemiddelde freatische grondwaterstand dieper dan 1,5 m onder maaiveld (PG01.1 en S3).



Figuur 3.9 Zelfde figuur als Figuur 3.8, maar dan in meters onder maaiveld. Links: gemiddelde gemeten stijghoogte en rechts: gemiddelde gemeten grondwaterstand na openen getijdenduiker in meters onder maaiveld (alleen de data voor EC11 is vóór het openen van de getijdenduiker, in verband met ontbreken data). Cirkels met zwarte tekst: gemeten door middel van continue 'diver'-metingen. Driehoeken met rode tekst: gemeten door middel van handmetingen (1x per kwartaal)

In Figuur 3.10 is geplot waar een kwel- of wegzijgingssituatie voorkomt. Dit is bepaald op basis van de handmetingen in de diepe peilbuis ten opzichte van de ondiepe peilbuis per locatie. Op vier van de elf locaties komt een kwelsituatie voor, maar op deze locaties zit het zoet-zoutgrensvlak dieper dan 4 meter diep, waardoor er geen zout in de wortelzone te verwachten is. Nihil betekent dat handmetingen in de diepe en ondiepe buis nagenoeg gelijk zijn. Op twee locaties (EC-02 en EC-15) varieert de situatie gedurende het jaar. Bij EC-02 komt dit doordat de grondwaterstand sterker fluctueert dan de stijghoogte en dus is er in de winter sprake van wegzijging en in de zomer is er kwel. Bij EC-15 is dit juist omgedraaid, hier is er in de winter sprake van een kwelsituatie en in de zomer (lichte) wegzijging. Bij meetpunten die dicht bij een sloot liggen (bijv. EC-03 en EC-13) zorgt de aanwezigheid van de sloot voor een verlaging van de grondwaterstand en daarmee voor een kwelflux, terwijl dit verder in het perceel niet het geval hoeft te zijn.

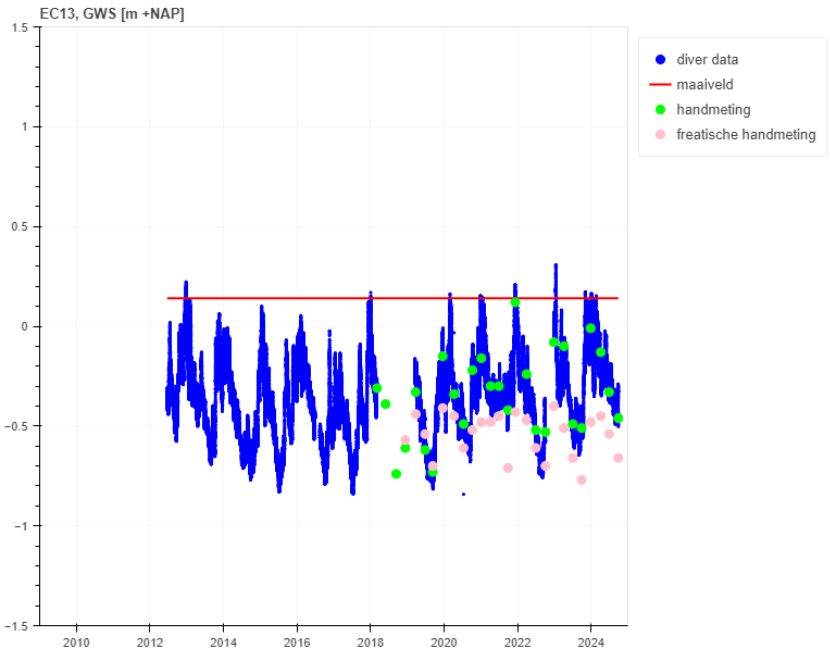


Figuur 3.10 Kwel of wegzijging, op basis van de handmetingen in de diepe en ondiepe peilbuis. De labels geven het gemiddelde verschil (in meters) tussen de handmetingen weer, waarbij een positieve waarde aangeeft dat de (handmeting van de) stijghoogte gemiddeld gezien hoger is dan de freatische grondwaterstand. Bij EC10 en EC03 zijn geen freatische handmetingen verricht. Bij EC03 is op basis van het slootpeil een kwelsituatie vastgesteld.

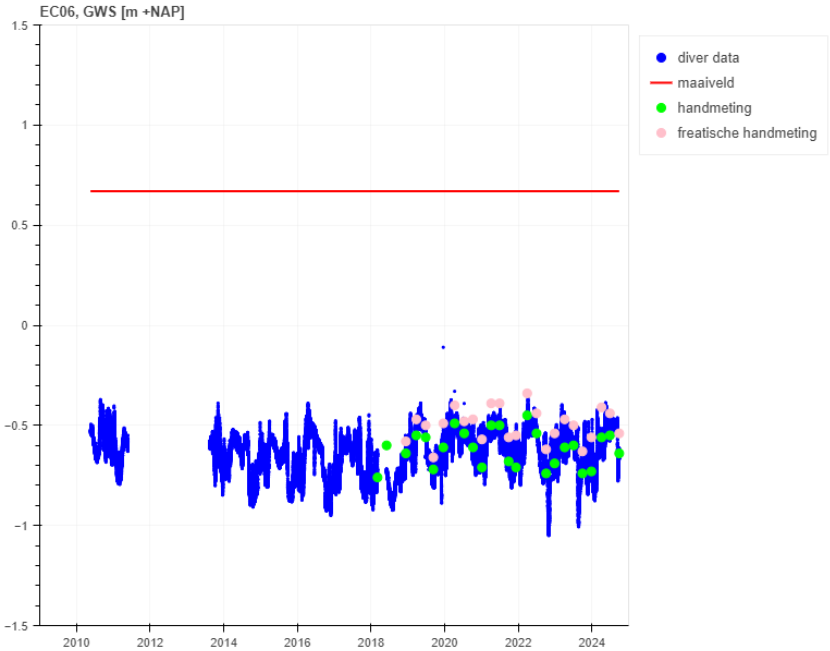
3.2.3 Dynamiek van gemeten grondwaterstand en stijghoogte

In de vorige paragraaf is de ruimtelijk variërende stijghoogte en grondwaterstand besproken, waarbij gebruik gemaakt is van de langjarig gemiddelden. De stijghoogte en grondwaterstand variëren gedurende het jaar, met doorgaans hoge grondwaterstanden en stijghoogtes in de winter en laag in de zomer. In deze paragraaf wordt de dynamiek besproken aan de hand van enkele voorbeelden (de meetreeksen van de overige meetpunten zijn te vinden in bijlage D).

De jaarlijkse dynamiek is gemiddeld over alle metingen ongeveer 80 cm, maar dit varieert per locatie en per jaar. Zie bijvoorbeeld de stijghoogtemetingen in Figuur 3.11: EC13 ligt in het landbouwgebied ten zuiden van Waterdunen en heeft een stijghoogtedynamiek van 55 cm. Bij deze locatie zijn ook handmetingen van de freatische grondwaterstand (aangegeven met een roze cirkel), hieruit wordt duidelijk dat op deze locatie de freatische grondwaterdynamiek lager is dan de stijghoogtedynamiek, ongeveer 30 cm. De grondwaterstand wordt hier sterk beïnvloed door lokale factoren, zoals bijvoorbeeld de aanwezigheid van buisdrainage of sloten. Doordat de stijghoogte hoger is dan de grondwaterstand is hier sprake van een kwelsituatie. Op locatie EC06 (Figuur 3.12) komt een tegenovergestelde dynamiek voor, met hoge stijghoogtes in de zomer en lage stijghoogtes in de winter. Dit laat zien dat deze locatie sterk door het peilbeheer van het oppervlaktewater beïnvloed is, met een hoog zomerpeil en laag winterpeil. De freatische grondwaterstanden zijn hoger dan de stijghoogte, wat een wegzijgingsituatie weergeeft.

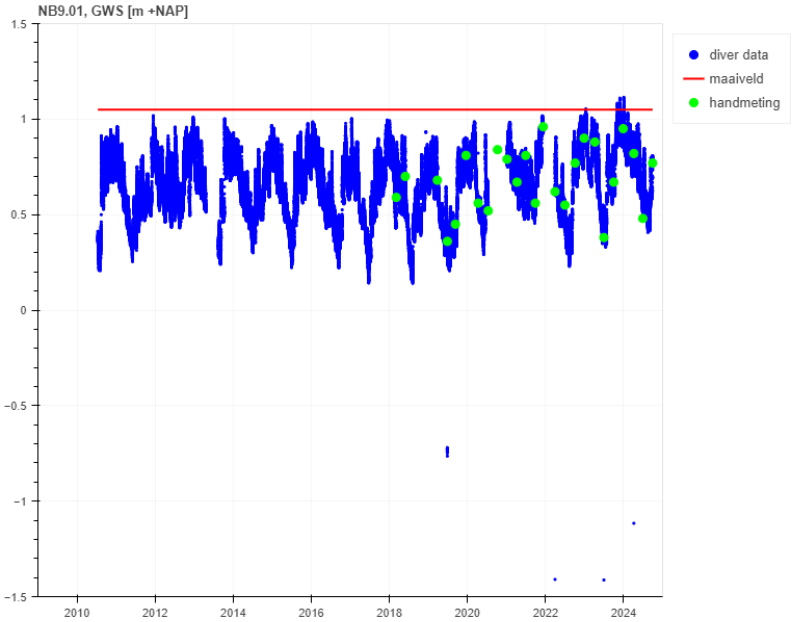


Figuur 3.11 Stijghoogtemeting op locatie EC13. Blauw: continu (met diver) gemeten stijghoogte. Groene cirkel: handmetingen in dezelfde peilbuis als de diver. Roze cirkel: handmetingen van freatische grondwaterstand in de ondiepe peilbuis

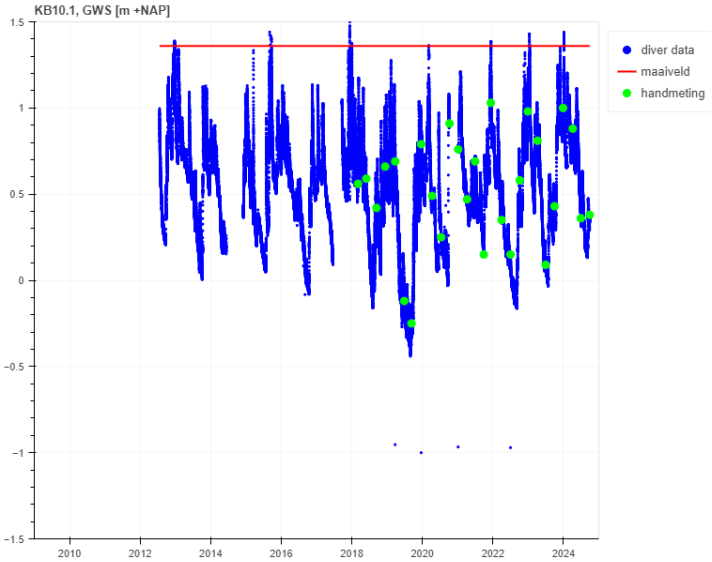


Figuur 3.12 Stijghoogtemeting op locatie EC06. Blauw: continu (met diver) gemeten stijghoogte. Groene cirkel: handmetingen in dezelfde peilbuis als de diver. Roze cirkel: handmetingen van freatische grondwaterstand in de ondiepe peilbuis

Voor alle meetreeksen is een Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand (GHG, voor meetreeksen van de stijghoogte: Gemiddeld Hoogste Stijghoogte/GHS) bepaald voor de periode **ná het openen** van de getijdenduiker (zie Tabel 2 in bijlage B).In de volgende paragraaf zal de verandering van de grondwaterstand en stijghoogte tijdens de uitvoeringswerkzaamheden van Waterdunen besproken worden. De diepte van de GHS over alle locaties in het landbouwgebied ten zuiden van Waterdunen gemiddeld is 75 cm onder maaiveld. De diepte van de GHG in alle meetpunten bij bebouwing is gemiddeld 68 cm onder maaiveld. Op enkele locaties komt de GHG dichtbij maaiveld (30 cm of minder), namelijk NB9.1 (Figuur 3.13), KB10.1 (Figuur 3.14) en WG02.1. Dit zijn locaties bij bebouwing in plangebied Waterdunen. De locaties liggen alle drie ook dicht tegen duinrand aan. Een GHS dichtbij maaiveld komt voor bij EC13 en EC15 (in het natuurgebied), maar zoals te zien is in Figuur 3.11 en Figuur 3.15, liggen de freatische grondwaterstanden gemiddeld respectievelijk 10 en 23 cm lager.



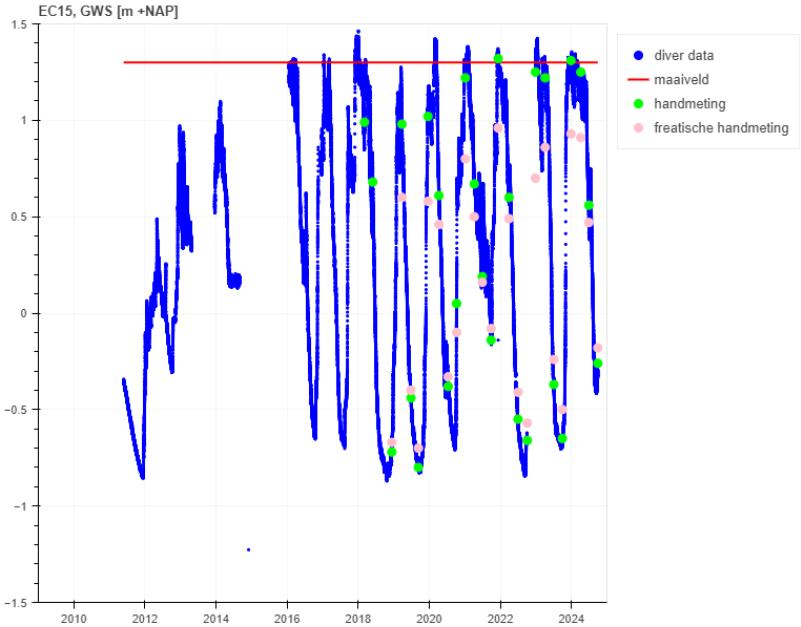
Figuur 3.13 Grondwaterstandmeting op locatie NB9.01. Blauw: continu (met diver) gemeten grondwaterstand. Groene cirkel: handmetingen in dezelfde peilbuis als de diver.



Figuur 3.14 Grondwaterstandmeting op locatie KB10.1. Blauw: continu (met diver) gemeten grondwaterstand. Groene cirkel: handmetingen in dezelfde peilbuis als de diver.

De grondwaterstand en stijghoogte worden beïnvloed door de weersomstandigheden. In de meetreeksen in Figuur 3.11 is bijvoorbeeld duidelijk het natte jaar 2021 te herkennen, waar de grondwaterstanden/stijghoogte in de zomer minder ver uitzakken dan de andere zomers. Ook in de zeer natte winter van 2023/2024 komen hoge grondwaterstanden/stijghoogtes voor. Ook de droge zomers in 2018, 2019 en 2022 zorgen op veel locaties voor het uitzakken van de grondwaterstand/stijghoogte, wat in bovenstaande figuren het beste te zien is in meting KB10.1 (Figuur 3.14). Belangrijk hierbij is dat in de droge zomers van 2018 en 2019 het peil in de nieuw gegraven kreek en ringsloot ook ver uitzakte en daarmee ook voor verlaging van de grondwaterstand en stijghoogte zorgde.

Een voorbeeld van de verandering in stijghoogtedynamiek **binnen het natuurgebied** is te zien in de meting van EC15 (Figuur 3.15). Hier is landgebouwgebied, met intensieve drainage en daardoor diepe wintergrondwaterstanden, omgevormd naar natuurgebied met ondiepe wintergrondwaterstanden. In de huidige situatie is een sterke jaarlijkse stijghoogtedynamiek te zien van wel 170 cm. De freatische grondwaterdynamiek is (op basis van de handmetingen, roze cirkels) een stuk lager is dan de stijghoogtedynamiek, ongeveer 100cm.



Figuur 3.15 Stijghoogtemeting op locatie EC15. Blauw: continu (met diver) gemeten stijghoogte. Groene cirkel: handmetingen in dezelfde peilbuis als de diver. Roze cirkel: handmetingen van freatische grondwaterstand in de ondiepe peilbuis

3.2.4 Veranderingen door uitvoeringswerkzaamheden en opening duiker

In deze paragraaf wordt per meetcluster de mogelijke veranderingen tijdens de uitvoeringsfase en eindfase besproken. Hiervoor is het belangrijk om structurele of trendmatige veranderingen in vergelijking met de nulfase te herkennen. Echter, neerslag en verdamping hebben zo'n grote invloed op de dynamiek van de grondwaterstand en stijghoogte dat het moeilijk is om kleine structurele veranderingen (structureel lager of hoger) visueel uit de metingen te halen. Daarom is voor alle meetpunten een tijdreeksanalyse uitgevoerd waarmee van de gemeten grondwaterstand of stijghoogte een tijdreeksmodel wordt gemaakt op basis van dagelijkse neerslag en verdamping voor de periode dat er nog geen veranderingen zijn opgetreden. De periode waarop het tijdreeksmodel wordt gemaakt op basis van metingen heet de trainingsperiode. Door het tijdreeksmodel toe te passen voor de gehele meetperiode en de gemodelleerde tijdreeks te vergelijken met de gemeten tijdreeks, worden structurele of trendmatige veranderingen als gevolg van ingrepen zichtbaarder. Plotselinge of trendmatige veranderingen als gevolg van meetfouten (bijv. een kapotte 'diver') kunnen zo ook worden gevonden. De resultaten van de tijdreeksanalyse staan voor ieder meetpunt in de bijlage.

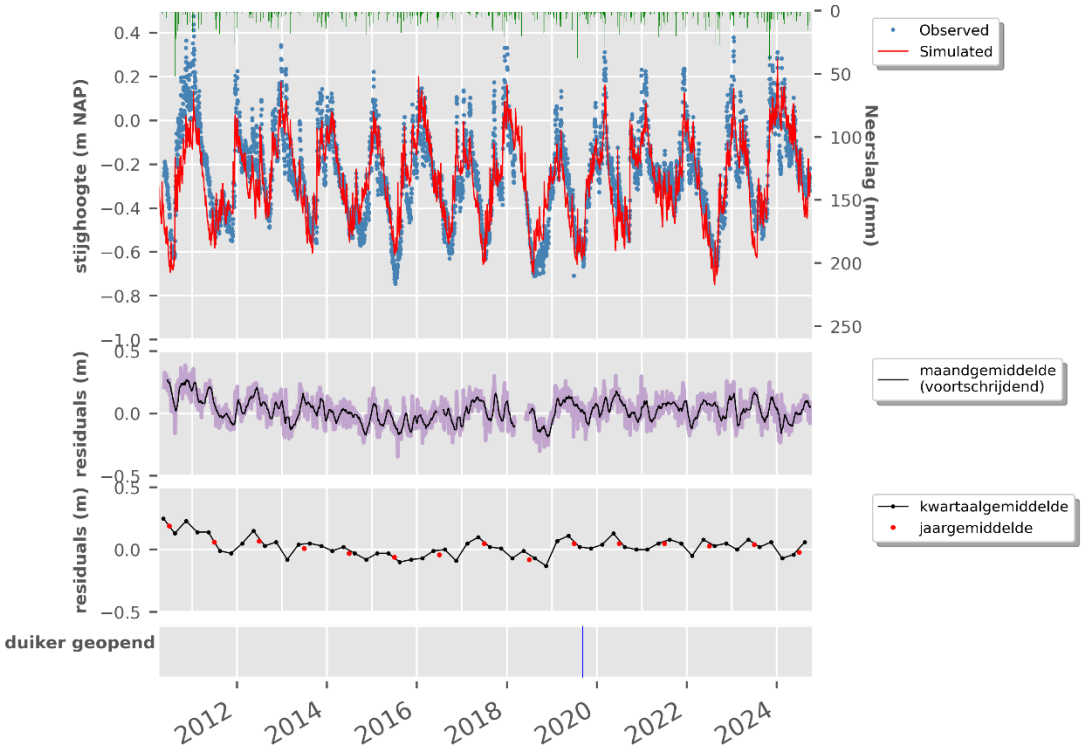
In Figuur 3.16 staat een voorbeeld van zo'n tijdreeksanalyse, welke is uitgevoerd met behulp van de Python package 'PASTAS' (Collenteur et al., 2019). In de bovenste grafiek geeft de blauwe lijn de gemeten grondwaterstand weer en de rode de gemodelleerde grondwaterstand op basis van alleen neerslag en verdamping. De gemodelleerde grondwaterstand (rood) lijkt visueel op het patroon van de gemeten grondwaterstand (blauw) en met behulp van statistiek wordt vastgesteld in hoeverre de gemodelleerde grondwaterstand goed overeenkomt met de observaties. Deze parameters (root mean square error, RMSE, en explained variance percentage (EVP)) en de gebruikte trainingsperiode per locatie wordt getoond in bijlage B in Tabel 3. Er zijn meerdere trainingsperiodes getest, maar dit had weinig effect op de resultaten, dus zijn de resultaten voor één trainingsperiode per meetreeks opgenomen in de rapportage en bijlage.

Er zullen altijd afwijkingen zijn tussen de gemeten en gemodelleerde grondwaterstand die soms best groter kunnen zijn dan 25 cm. Het tijdreeksmodel is niet perfect, bevat onnauwkeurigheden en kan soms pieken of dalen niet goed benaderen. Echter, de tijdreeksanalyse is daar niet voor bedoeld maar juist zeer geschikt om structurele afwijkingen tussen de gemeten grondwaterstand en gemodelleerde grondwaterstand in beeld te brengen. Als de gemeten grondwaterstand op een bepaald moment structureel gaat afwijken van de gemodelleerde grondwaterstand zou dit veroorzaakt kunnen zijn door externe factoren zoals bijvoorbeeld een peilverhoging of -verlaging. In de tweede grafiek in Figuur 3.16 geeft de paarse lijn het verschil tussen de berekening en de metingen weer ('de residual') en de afwijkingen schommelen tussen de -25 en + 25 cm. Met behulp van de residual kunnen de mogelijke effecten van Waterdunen op de stijghoogte beter ingeschat worden, maar er kunnen dus ook andere factoren van invloed zijn die zorgen voor een verandering van de stijghoogte. Deze afwijkingen zijn ook samengevat als een gemiddelde per maand (zwarte lijn), en in de derde grafiek in Figuur 3.16 ook per kwartaal en per jaar om nog een beter beeld te krijgen van mogelijke trendmatige afwijkingen. De blauwe verticale lijn in de vierde grafiek geeft het moment weer dat de getijdenduiker in werking is gesteld. In het voorbeeld van Figuur 3.16 treedt er een lichte daling van de residuals op in 2010-2014 (tijdens de nulfase) en vervolgens weer een lichte stijging vanaf 2019 (aan het eind van de uitvoeringsfase) en zijn de residuals in de eindfase nog iets lager dan in de nulfase.

Om de verandering in residuals nog beter te kunnen vaststellen, zijn de gemiddelde residuals per winterhalfjaar en zomerhalfjaar per fase (nulfase, uitvoeringsfase en eindfase) bepaald. Deze staan per locatie in Tabel 2 in bijlage B. Deze tabel laat zien dat er in iedere fase (dus ook in de nulfase en de uitvoeringsfase) residuals optreden, wat aangeeft dat het

tijdreeksmodel niet perfect is en er altijd afwijkingen tussen het model en de meting zullen zitten. De RMSE en EVP (zie Tabel 3 in bijlage B) geven weer dat het model altijd enige afwijking vertoont ten opzichte van de werkelijkheid. De EVP varieert tussen ongeveer 65 en 90% en de RMSE tussen 0.05 en 0.25.

Het tijdreeksmodel is niet altijd goed in staat om uitzonderlijk droge periodes (bijvoorbeeld de zomers van 2018 en 2019) of uitzonderlijk natte periodes (bijvoorbeeld winter 2023-2024) te modelleren. Daardoor kan de door het model gesimuleerde stijghoogte in deze periodes onbetrouwbaarder zijn en is het onzeker of afwijkingen tussen de observatie en simulatie veroorzaakt is door de invloed van Waterdunen of door een grotere modelfout. De meeste meetpunten in het landbouwgebied laten voor het jaar 2018 en 2019 een dip zien in de grondwaterstand. Dit kan zijn veroorzaakt door het dieper wegzakken van het peil in de kreek, de ringsloot en de poldersloten vanwege de droogte of omdat het tijdreeksmodel niet goed in staat is de droge perioden goed te modelleren.



Figuur 3.16 Het resultaat van een tijdreeksanalyse van meetpunt EC03. De rode lijn geeft het tijdreeksmodel dat op basis van neerslag en verdamping is opgesteld. Afwijkingen (ook wel 'residuals') met de gemeten tijdreeks (de blauwe lijn) geven eventueel aanwijzingen voor structurele veranderingen in de waterhuishouding (hier een lichte daling in 2010-2014 en een lichte stijging in 2019). Het moment van opening van de duiker is aangegeven in de onderste grafiek.

Voor vrijwel alle meetpunten geldt dat na openen van de getijdenduiker de residuals groter zijn in de zomer dan in winter. Dat betekent dat een stijging van de stijghoogte of grondwaterstand ten opzichte van de gemodelleerde situatie voornamelijk plaatsvindt in de zomer en dat de stijging in de winter kleiner is (zie ook Tabel 2 in bijlage B).

In de rest van deze paragraaf worden de belangrijkste bevindingen per meetcluster besproken. Eerst zullen de waargenomen veranderingen worden besproken voor het landbouwgebied en wordt ingegaan op de eventuele gevolgen voor de landbouw. Daarna worden de verschillende deelgebieden met bebouwing in en rondom Waterdunen besproken (het meetcluster bij Vakantiepark het Heem/Schooneveld, het cluster bij het Killetje, en

enkele andere clusters) en als laatste de twee metingen binnen het natuurgebied. Alle data per meetpunt, inclusief de tijdreeksanalyse, zijn ook te zien in bijlage D.

Landbouwgebied ten zuiden en zuidoosten van Waterdunen

In dit gebied zijn de stijghoogtes continu gemeten en zijn daarnaast ook handmetingen van de ondiepe grondwaterstand gedaan. De eventuele effecten van Waterdunen zullen zich via de stijghoogte naar dit gebied verplaatsen, wat betekent dat alleen bij een verandering van de stijghoogte ook een verandering van de grondwaterstand zal plaatsvinden. De gemiddeld hoogste stijghoogte (GHS) is in de eindfase in het landbouwgebied is ongeveer 70 cm onder maaiveld. Op drie locaties (EC03, EC13 en EC15) komt de gemiddeld hoogste stijghoogte in de eindfase erg hoog (ondieper dan 30 cm onder maaiveld), maar zoals in de vorige paragraaf is al besproken is liggen de grondwaterstanden lager (10 cm bij EC15 en 23 cm bij EC13, bij EC03 zijn geen metingen aan de freatische grondwaterstand gedaan). Bij de overige meetpunten ligt de GHS in de eindfase op gemiddeld 90 cm onder maaiveld.

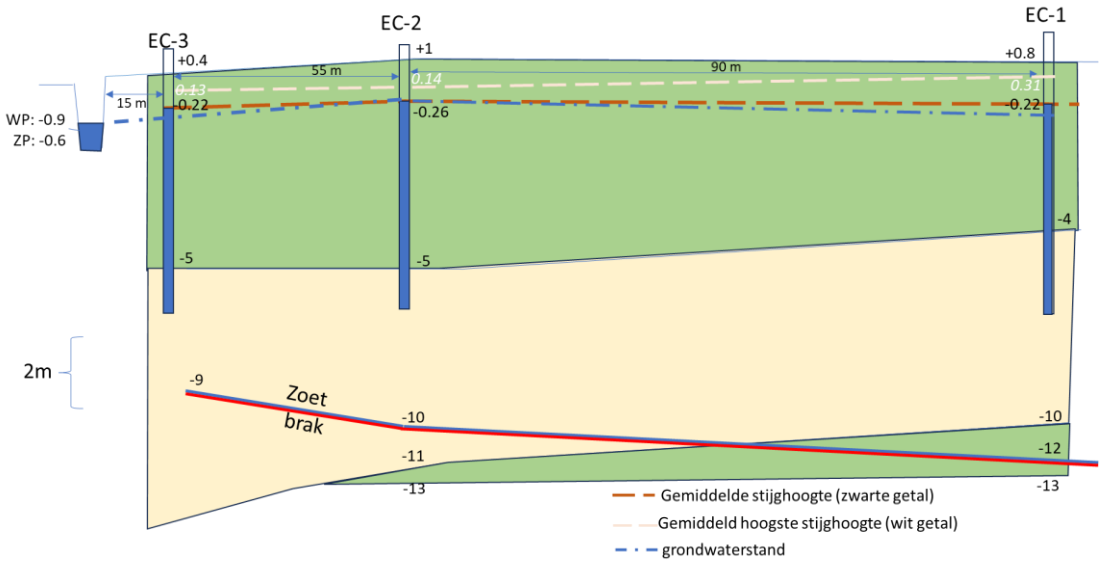
Hieronder worden per meetcluster de belangrijkste bevindingen over de veranderingen door de uitvoeringswerkzaamheden besproken.

Meetraai EC-01, EC-02, EC-03

Figuur 3.17 toont een schematische dwarsdoorsnede van deze meetraai. De getekende stijghoogte betreft een gemiddelde waarde, de stijghoogte fluctueert jaarlijks met ongeveer 0.9 – 1.1 m. De stijghoogte is in de huidige situatie gemiddeld nog steeds ruim 60 cm onder maaiveld (bij EC-03) tot ruim 1 m onder maaiveld (bij EC-01 en EC-02), evenals de grondwaterstanden. Bij EC-01 en EC-02 zijn ook handmetingen van de freatische grondwaterstand verricht, deze is bij EC-01 enkele cm lager dan de stijghoogte. In EC-02 is de wintergrondwaterstand hoger dan de stijghoogte en zakt de zomergrondwaterstand iets verder uit dan de stijghoogte. In meetpunten EC-01 en EC-03 is sprake van een kwelsituatie en bij EC-02 komt afwisselend kwel en wegzijging voor. Het zoet-zoutgrensvlak ligt op 9 tot 12 meter diepte, er is dus geen zout in de wortelzone.

Op basis van de meetreeksen en de bijbehorende tijdreeksanalyse kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

- De meetreeksen vertonen geen zichtbare trend behalve dat de metingen in 2010 (in de nulfase) iets hoger lijken te liggen dan in de periode 2013-2024.
- De residuals uit de tijdreeksanalyses laten zien dat er in de uitvoeringsfase een iets lagere (~10-20 cm) stijghoogte is ten opzichte van de nulfase. Hierbij moet wel opgemerkt worden dat er bij meetpunt EC-01 en EC-02 maar anderhalf jaar aan meetgegevens in de nulfase zijn, gevolgd door een meetgat.
- De residuals laten zien dat er mogelijk een iets hogere stijghoogte is in de eindfase t.o.v. de inrichtingsfase maar deze verschillen zijn minimaal:
    - Voor alle drie de meetpunten is de toename in residuals gemiddeld ~0-5 cm
    - Voor alle drie de meetpunten geldt dat de toename van de stijghoogte al begint vóór opening van Waterdunen, namelijk vanaf begin 2019.
- Jaar 2018 en/of 2019 vertoont een dip in de residuals (zomerperiode), mogelijk veroorzaakt door het wegzakken van het peil in de kreek en de ringsloot als gevolg van extreme droogte, of het tijdreeksmodel is niet goed in staat de droge perioden goed te modelleren.
- In het laatste meetjaar 2024 is het verschil tussen de observaties en gesimuleerde stijghoogte (residuals) weer richting 0 cm.

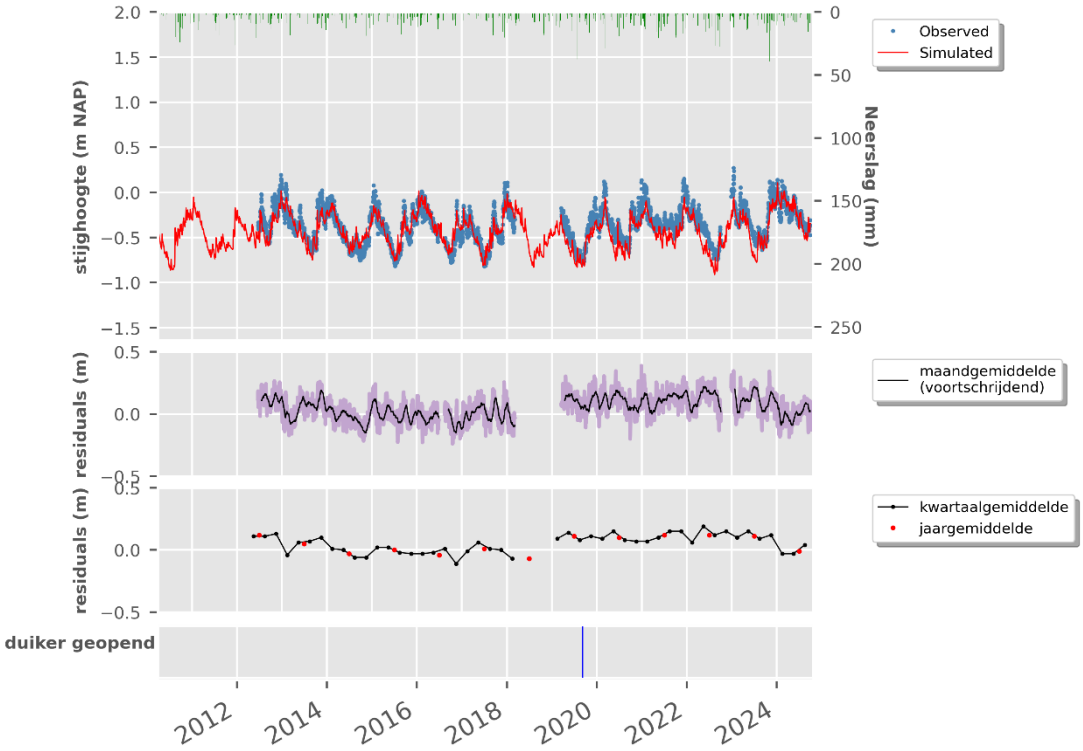


Figuur 3.17 Schematische noord-zuid dwarsdoorsnede van meetraai EC3-EC2-EC1 (plangebied Waterdunen ligt verder links ten opzichte van deze dwarsdoorsnede). De genoteerde getallen zijn in m t.o.v. NAP. De ondergrond is versimpeld weergegeven met groen = kleiig/zavelig/fijnzandig en geel = zandig. De genoteerde getallen zijn in m t.o.v. NAP. De stijghoogten zijn gebaseerd op gemiddelde waardes na openen van de getijdenduiker.

Meetpunten EC4, EC-13, EC-14

Ter illustratie is de tijdreeksanalyse van EC-13 ook hier toegevoegd (Figuur 3.18).

- Meetlocatie EC-4 is geen stijghoogtemeetpunt maar wordt gebruikt voor het volgen van het zoetzout-grensvlak.
- Meetlocatie EC-14 is tot 2019 geen stijghoogtemeetpunt maar wordt gebruikt voor het volgen van het zoetzout grensvlak. Daarom kunnen er geen conclusies worden getrokken over veranderingen sinds 2019 t.o.v. de periode ervoor.
- De residuals uit de tijdreeksanalyses voor EC-13 (Figuur 3.18) laten een iets hogere stijghoogte (~5-10 cm) zien in de eindfase ten opzichte van de uitvoeringsfase, maar ten opzichte van de nulfase is de stijghoogte gelijk gebleven.
- Ook voor dit meetpunt begint de stijging al vóór dat Waterdunen open gaat, namelijk begin 2019.
- Er dient te worden opgemerkt dat er voor het jaar 2018 geen metingen van EC-13 beschikbaar zijn en juist na dit meetgat wordt een verhoging geconstateerd. Het kan dus niet met zekerheid worden vastgesteld of deze verhoging in werkelijkheid heeft opgetreden of dat er een (niet gerapporteerde) verandering van het meetpunt (zoals een verandering van de peilbuishoogte) voor de verhoging zorgt.
- In 2024 dalen de residuals weer richting 0 cm.



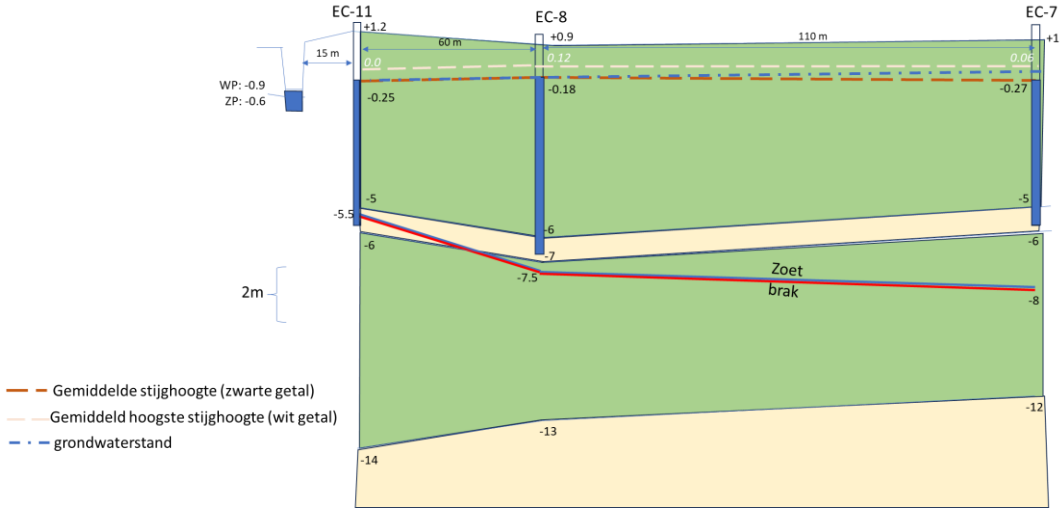
Figuur 3.18 Het resultaat van de tijdreeksanalyse van meetpunt EC13

Meetraai EC-07, EC-08, EC-11 landbouwgebied ten zuiden van Waterdunen

Figuur 3.19 toont een schematische dwarsdoorsnede van deze meetraai. De getekende stijghoogte betreft een gemiddelde waarde, de stijghoogte fluctueert jaarlijks met ongeveer 0.9 m. Bij deze locaties zijn ook handmetingen van de freatische grondwaterstand verricht. Deze zijn nagenoeg gelijk aan de stijghoogte op locatie EC11 en EC08; in EC07 is de freatische grondwaterstand gemiddeld 14 cm hoger dan de stijghoogte (hier is dus sprake van een wegzijgingsituatie).

Op basis van de meetreeksen en de bijbehorende tijdreeksanalyse kunnen de volgende conclusies worden getrokken betreffende de invloed van Waterdunen op de stijghoogte:

- De meetreeksen EC-07, EC-08 vertonen geen zichtbare trend behalve dat de metingen in 2010 iets hoger lijken te liggen dan in de periode 2013-2024.
- Meetpunt EC-11 heeft vanaf eind 2020 geen bruikbare meetreeks meer, omdat de meetreeks onbetrouwbaar wordt doordat het meetpunt minder goed functioneert (bijv. verstopping van de peilbuis).
- De residuals uit de tijdreeksanalyses laten verschillende dingen zien:
    - EC-07: in de eindfase ~5-10 cm lager dan de uitvoeringsfase. Voor de droge jaren 2018-2019 ~10-20 cm lager dan rest van periode.
    - EC-08: in de eindfase ~5-10 cm hogere residual ten opzichte van de uitvoeringsfase, maar wel ~0-5 cm lager ten opzichte van de nulfase, in 2024 dalen de residuals weer richting 0 cm. Voor de droge jaren 2018-2019 ~10-15 cm lager dan rest van de periode.
    - Hierbij moet wel opgemerkt worden dat er bij meetpunt EC-07 en EC-08 maar anderhalf jaar aan meetgegevens in de nulfase zijn, gevolgd door een meetgat.
    - De residuals uit de tijdreeksanalyse van meetpunt EC-11 vóór 2020 zijn in de uitvoeringsfase ~10 cm lager dan in de nulfase.
- Jaar 2018 en/of 2019 vertoont een dip in de residuals (zomerperiode) van EC-07 en EC-08, mogelijk veroorzaakt door het wegzakken van het peil in de kreek of het tijdreeksmodel is niet goed in staat de droge perioden goed te modelleren.



Figuur 3.19 Schematische dwarsdoorsnede van meetraai EC11-EC8-EC7. De ondergrond is versimpeld weergegeven met groen = kleiig/zavelig/fijnzandig en geel=zandig. De genoteerde getallen zijn in m t.o.v. NAP. De stijghoogten zijn gebaseerd op gemiddelde waardes na openen van de getijdenduiker, alleen voor EC11 is de data vóór opening gebruikt, omdat er alleen tot 2020 meetdata beschikbaar is

<u>Meetpunten EC-05, EC-06</u>

- Meetpunt EC-05 heeft geen stijghoogtemetingen, maar dit meetpunt wordt gebruikt voor het volgen van het zoetzout-grensvlak.
- Meetpunt EC-06 laat een onnatuurlijk verloop zien; laag in de winter en hoog in de zomer en zeer minimale dynamiek. Neerslag en verdampingspatronen komen hierdoor niet tot uiting. Dit komt omdat dit meetpunt zeer sterk wordt beïnvloed door het oppervlaktewaterpeil met een hoger zomerpeil dan het winterpeil. Hier is ook sprake van een wegzijgingsituatie. De stijghoogte is ruim 1 tot 1,5 meter beneden maaiveld.
- Hierdoor kon geen goed tijdreeksmodel worden afgeleid met alleen neerslag- en verdamping als verklarende factor.

- Omdat het tijdreeksmodel een rechte lijn laat zien, zeggen de residuals wel iets over de verandering van de gemiddelde grondwaterstand. Die lijken ~5-10 cm hoger te liggen in de eindfase dan de nulfase en uitvoeringsfase. De stijging zet al in vóór de opening van Waterdunen, namelijk vanaf begin 2019.

Meetpuntencluster EC-9, EC-10, EC-12

- EC-9 en EC-10 laten sinds halverwege 2022 lagere residuals zien. Dit heeft waarschijnlijk twee oorzaken: in dit perceel is in 2021 aanvullende drainage aangelegd en in een vakantiepark nabij het Heem is een nieuwe grote waterpartij gegraven. Door beide oorzaken kan de grondwaterstand en stijghoogte dalen.
- Voor meetpunt EC-10 is de stijghoogte in de uitvoeringsfase en de eindfase ongeveer 15-20 cm lager dan in de nulfase. Hierbij moet wel opgemerkt worden dat er maar anderhalf jaar aan meetgegevens in de nulfase zijn, gevolgd door een meetgat.
- Voor meetpunt EC-10 is een licht dalende trend zichtbaar van 20 cm in de uitvoeringsfase (periode 2013 t/m 2017).
- Voor EC-12 zijn de resultaten van het tijdreeksmodel niet betrouwbaar. Deze meetreeks vertoont een hele sterke reactie van de stijghoogte op neerslaggebeurtenissen (zie ook de ingezoomde tijdreeks in bijlage D), waarbij de gemeten stijghoogte met tientallen cm stijgt binnen één dag. Waarschijnlijk wordt dit veroorzaakt door het van boven instromen van regenwater in de peilbuis en/of het boorgat, en is dit niet de werkelijke stijging van de stijghoogte op deze locatie.

Visueel zijn er geen structurele veranderingen zichtbaar in de stijghoogte in het landbouwgebied. De resultaten van de tijdreeksanalyse laten zeer kleine veranderingen zien die net zo goed aan het tijdreeksmodel zijn toe te schrijven in plaats van structurele veranderingen. De afgeleide veranderingen zijn in de orde van enkele centimeters tot maximaal 10 centimeter stijging of 12 cm daling in de eindfase ten opzichte van de uitvoeringsfase. Ten opzichte van de nulfase is de stijghoogte altijd lager daarbij aanmerkend dat de metingen in de nulfase meestal een korte periode betreft (ongeveer 1 jaar). De meeste meetpunten in het landbouwgebied laten voor het jaar 2018 en 2019 een dip zien in de stijghoogte, die verder uitzakt dan de gemodelleerde stijghoogte. Dit wordt waarschijnlijk veroorzaakt doordat het tijdreeksmodel niet goed in staat is de droge perioden goed te modelleren. Dat er geen significante veranderingen in de stijghoogte in het landbouwgebied hebben plaatsgevonden komt waarschijnlijk omdat veranderingen van de grondwaterstand (en daardoor ook de stijghoogte) in het plangebied minimaal zijn en door de aangelegde ringsloot rondom Waterdunen die eventuele uitstralingseffecten compenseert.

Eventuele gevolgen voor de landbouw

De metingen in het landbouwgebied laten nauwelijks tot geen significante veranderingen in de stijghoogte zien als gevolg van het Plan Waterdunen. Op basis van de bevindingen uit de metingen worden er geen nadelige gevolgen voor de landbouw verwacht, zowel in de actuele situatie als in de toekomst. Dit wordt hieronder puntsgewijs nog verder toegelicht:

- Voor de landbouw is het belangrijk dat er geen veranderingen optreden in de freatische grondwaterstand. De effecten op de stijghoogte zijn gemonitord omdat de effecten van Waterdunen zich via de stijghoogte zullen verplaatsen. Veranderingen in de stijghoogte kunnen vervolgens weer doorwerken in de freatische grondwaterstand. De verandering van de grondwaterstand zal dus nooit groter zijn dan de verandering van de stijghoogte. Vaak zal de verandering van de grondwaterstand kleiner zijn dan de verandering van de stijghoogte, omdat het effect naar de grondwaterstand gedempt wordt door weerstandslagen in de ondergrond. Voor het landbouwgebied bij Waterdunen geldt dus dat ook bij een klein effect op de stijghoogte het effect op de grondwaterstand nog lager zal zijn en bij geen effect op de stijghoogte is er ook geen effect op de grondwaterstand. De tijdreeksanalyse van

EC13 (Figuur 3.18) en de handmetingen van de freatische grondwaterstand (te zien in Figuur 3.11) laten dit beeld ook enigszins zien, ook al zijn er geen handmetingen van de freatische grondwaterstand van vóór 2018. Er is een stijging van de residuals vanaf 2019 te zien, maar de freatische grondwaterstand laat geen stijgende trend zien.

- De landbouwpercelen zijn meestal gedraineerd, waardoor de grondwaterstand niet kan stijgen, ook wanneer er wel een stijging van de stijghoogte voorkomt.
- De grootste verandering van de stijghoogte treed op in het zomerhalfjaar. Dat betekent dat er mogelijk een positief effect is doordat de verdroging in de zomer afneemt.
- In sommige punten is een stijging van de stijghoogte zichtbaar in de eindfase na openen van de getijdenduiker t.o.v. de uitvoeringfase, maar zijn de stijghoogtes dan toch nog lager dan de stijghoogtes in de nulfase.
- In het landbouwgebied zijn over het algemeen geen of slechts zeer kleine veranderingen in de residuals waargenomen. Deze veranderingen treden veelal op vanaf begin 2019 (al vóór de opening van de getijdenduiker) en ook dalen de residuals vaak weer in 2024. Het is dus onzeker of deze veranderingen toe te schrijven zijn aan de inrichting van Waterdunen, of dat residuals veroorzaakt worden door de onnauwkeurigheid van het tijdreeksmodel (bijvoorbeeld vanwege de droogte van 2018 en 2019)
- De residuals zijn het verschil tussen de gemodelleerde en gemeten stijghoogte. Stijgende residuals kunnen een effect van Waterdunen laten zien, maar ook in de gemodelleerde stijghoogtes kunnen fouten zitten. Zoals eerder genoemd geven de RMSE en de EVP aan dat het model niet een perfecte voorspelling geeft van de werkelijkheid. Ook komen er afwijkingen voor van de residuals in de nulfase en de uitvoeringsfase wat ook aangeeft dat er afwijkingen tussen het model en de meting zitten.

Vakantiepark Schooneveld en het Heem en omgeving (meetpuntencluster NB9.1, S3 t/m S7, H1 en H2)

In dit gebied zijn alleen metingen van de grondwaterstand (en niet van de stijghoogte) verricht. De gemiddelde grondwaterstanden in dit gebied zijn ongeveer 100 cm onder maaiveld, de GHG is gemiddeld 70 cm onder maaiveld (periode na openen van de getijdenduiker). Alleen meetpunt NB9.01 heeft ondiepere grondwaterstanden, wat ook al het geval was vanaf het begin van de meetperiode vóór de realisatie van Waterdunen. Hieronder worden per meting de belangrijkste bevindingen op basis van de tijdreeksanalyse besproken.

- H1: vanaf halverwege 2022 is er een flinke daling van de residuals, ~20 cm, voornamelijk in het zomerhalfjaar. Ook de dichtbij gelegen EC-9 en EC-10 laten deze daling vanaf halverwege 2022 zien. Er lijkt dus sprake van een daling over een groot gebied. Voor EC-9 en EC-10 werd aanleg van drainage en de nieuw gegraven waterpartij in vakantiepark het Heem als oorzaak gegeven, en in de buurt van H1 was tot december 2022 bronbemaling aanwezig, maar ook daarna bleef de grondwaterstand op hetzelfde (lage) niveau.
- H2: Deze meetreeks vertoont een hele sterke reactie van de grondwaterstand op neerslaggebeurtenissen, waarbij de gemeten grondwaterstand met tientallen cm stijgt binnen één dag. Mogelijk wordt dit veroorzaakt door het van boven instromen van regenwater in de peilbuis en/of het boorgat, en is dit niet de werkelijke stijging van de grondwaterstand op deze locatie. De lichte stijging van residuals (~5-15 cm) in de eindfase (in 2019, nog vóór openen getijdenduiker) zou hier ook door veroorzaakt kunnen worden, maar de sterke reactie op de neerslag treed ook al op in de uitvoeringsfase.

- S3 heeft een onbetrouwbaar tijdreeksmodel. Visueel lijken er geen grote veranderingen opgetreden na het openen van de getijdenduiker. De grondwaterstand is gedaald ten opzichte van 2010-2011, maar hierbij dient wel opgemerkt te worden dat er hierna een meetgat van 2,5 jaar is.
- S4 laat vrijwel geen veranderingen zien (~0-5 cm), behalve dat de grondwaterstand iets gedaald is ten opzichte van 2010-2011 (begin van de nulfase) .
- S5 laat vanaf halverwege 2020 een stijging zien van ~5-15 cm.
- S6 laat vrijwel geen veranderingen zien (~0-5 cm, vooral in de zomer)
- S7 laat sinds halverwege 2019 een significante stijging zien van de residuals (~10-20 cm, hoogste in de winter) maar deze stijging lijkt af te nemen.
- Doordat deze sterke stijging van de grondwaterstand bij S5 en S7 niet te zien is in de andere meetpunten in dit cluster, wordt aangenomen dat deze stijging niet veroorzaakt wordt door de veranderingen van Waterdunen, maar door veranderingen in de zeer lokale waterhuishouding. De grotere stijging van de residuals in S5 en S7 kan mogelijk veroorzaakt worden door veranderingen in de waterloop die oost-west langs deze twee meetpunten loopt.
- NB9.1 laat in de eindfase een lichte stijging van de residuals zien (~5-10 cm). Dit meetpunt heeft ondiepe grondwaterstanden, met een GHG van 8 cm onder maaiveld in de eindfase. In de nulfase en uitvoeringsfase kwam er ook al een ondiepe GHG voor (ongeveer 15 cm onder maaiveld).

De stijging van de residuals in het gebied bij Vakantiepark Het Heem en omgeving is maximaal 5 tot 10 cm, met uitzondering van drie meetpunten (H1, S5 en S7). Bij S5 en S7 is de stijging van de residuals maximaal 20 cm, bij H1 dalen de residuals met 20 cm. Voor deze meetpunten zijn de veranderingen in Waterdunen zeer waarschijnlijk niet de oorzaak van de stijging van de grondwaterstand, omdat de naburige andere meetpunten niet dezelfde verandering laten zien en bij H1 de oorzaak waarschijnlijk in de nieuw gegraven waterpartij ligt. De GHG na openen van de getijdenduiker is nog steeds gemiddeld 70 cm onder maaiveld, waardoor er geen negatieve effecten op de bebouwing worden verwacht.

Meetpunten bij ’t Killetje

In dit gebied zijn alleen metingen van de grondwaterstand (en niet van de stijghoogte) verricht. De gemiddelde grondwaterstanden in dit gebied zijn ongeveer 100 cm onder maaiveld, de gemiddelde GHG is 50 cm onder maaiveld. Bij KB10.1 worden ondiepe grondwaterstanden gemeten, met een GHG in de periode na openen van de getijdenduiker van 31 cm onder maaiveld. Deze hoge grondwaterstanden komen ook al voor in de nulfase.

Meetpuntencluster KB6.1, KB6.2, KB8.2, KB10.1

- Voor KB6.2 lag in 2010-2011 de grondwaterstand structureel hoger dan in de periode daarna. De verlaging van de grondwaterstand daarna met ongeveer 20 cm is veroorzaakt door de extra ontwatering die in de nabije omgeving is gegraven (sloot ten oosten huis als afscheiding naar Waterdunen en de inlaatkreek).
- Voor KB06.2 zijn geen veranderingen zichtbaar in de eindfase (na het openen van de getijdenduiker) ten opzichte van de uitvoeringsfase. Gedurende de zomer van 2019 (extreme droogte en aanleg inlaatkreek) zakte de grondwaterstand verder uit dan in andere jaren.
- Voor KB06.1 is voor het jaar 2015 een zeer hoge grondwaterstand te zien ten opzichte van de periode erna die tijdelijk wateroverlast voor het betreffende huis heeft gezorgd. Dit werd veroorzaakt door een tijdelijke afwatering vanaf het bouwterrein van de kustversterking via een spuitbuis op de afwateringsloot van dit perceel. Hierdoor kwam tijdelijk meer water in de sloot terecht die bovendien slecht onderhouden was en daardoor het waterpeil nog verder kon stijgen. Dit was een fout tijdens uitvoering van de werken van de kustversterking waarvoor de bewoners zijn gecompenseerd door de Provincie Zeeland.

- Voor KB08.2 zijn geen veranderingen zichtbaar in de eindfase. Ten opzichte van de nulsituatie is de grondwaterstand ~10-15 cm gedaald, veroorzaakt door extra ontwatering in de nabije omgeving. Gedurende de zomer van 2019 zakte de grondwaterstand verder uit dan in andere jaren.
- Voor KB10.1 zijn geen veranderingen zichtbaar in de eindfase. Ten opzichte van de nulsituatie is de grondwaterstand ~10 cm gedaald. Gedurende de zomer van 2019 zakte de grondwaterstand verder uit dan in andere jaren.
- Het extra uitzakken van de grondwaterstand in zomer van 2019 is in alle meetpunten van ’t Killetje terug te zien en de oorzaak ligt zeer waarschijnlijk in de tijdelijk lage waterstand in de nabijgelegen gegraven kreek. Als het gevolg van de droogte in 2019 zakte het peil in de kreken steeds verder uit tot beneden het vastgestelde polderpeil (het waterpeil in de polder zakte ook uit) waardoor ook de grondwaterstand verder kon dalen. De meetpunten van ’t Killetje liggen relatief dicht bij de gegraven inlaatkreek.

De meetpunten bij ’t Killetje laten vooral een daling van de grondwaterstand (~5-20 cm) zien ten opzichte van de nul-situatie. Deze daling komt doordat de nieuw gegraven ringsloot en extra ontwatering rondom de bebouwde percelen de grondwaterstand verlaagd. Daarna vertonen sommige van deze meetpunten een lichte stijging (~10-15 cm) gedurende de uitvoeringsfase en als gevolg van de opening van de getijdenduiker maar blijven lager dan de oorspronkelijke grondwaterstanden van vóór 2014. De ontwatering is dus verbeterd ten opzichte van de voormalig nattere situatie bij de woningen.

Meetpunten bij bebouwing ten zuiden van ‘t Killetje

In dit gebied zijn alleen metingen van de grondwaterstand (en niet van de stijghoogte) verricht. De gemiddelde grondwaterstanden in dit gebied zijn (in de eindfase) ongeveer 100 cm onder maaiveld, de gemiddelde GHG is 60 cm onder maaiveld. Bij WG02.1 worden ondiepe grondwaterstanden gemeten, met een GHG van 23 cm onder maaiveld in de eindfase.

Meetpuntencluster WG02.1, WG04.3 en ZB19.1

- Meetpunt WG02.1 heeft een iets minder betrouwbaar tijdreeksmodel, maar het model is nog wel bruikbaar voor trendanalyse
- Meetpunt WG02.1 laat lagere grondwaterstanden zien in 2013-2015 dan daarna. Ook is sinds begin 2018 een lichte verhoging van de residuals te zien van ~10-15 cm. De grondwaterstand staat in natte periodes dicht onder maaiveld. Hier zijn door de bewoner problemen met het onderhoud van de afwatering van het perceel gesignaleerd als gevolg van onderhoud aan de direct aangrenzende weg en perceelsloot. De hoge waterstanden geven geen overlast bij de woning.
- Meetpunt WG04.3 laat tijdens de nulfase een stijgende trend van de residuals zien van ~15 cm. Tijdens de uitvoeringsfase veranderen de residuals nauwelijks en daarna is er een zeer lichte stijging van ~5 cm in de eindfase. Omdat de stijging al plaatsvindt in de nulfase vanaf 2010, is er waarschijnlijk een andere oorzaak dan aanpassingen door Waterdunen. De GHG is in de eindfase ongeveer 60 cm onder maaiveld, waardoor geen grondwateroverlast te verwachten is bij de woning.
- Meetpunt ZB19.1 laat een daling zien in de uitvoeringsfase en dit is waarschijnlijk het gevolg van het graven van een nieuwe nabijgelegen perceel afwatering sloot. De grondwaterstand is in de eindfase weer iets verhoogd, maar de grondwaterstand is dan nog altijd ~5-10 cm lager dan in de periode van de nulfase, vóór 2014.

De meetpunten WG02.1 en WG04.3 laten beide een stijging zien van de residuals. Bij WG02.1 begint de stijging al ruim voor het openen van de getijdenduiker en is de oorzaak mogelijk het onderhoud van de afwatering van het perceel. Bij WG04.3 vindt de grootste stijging van grondwaterstand al plaats vóór de uitvoeringsfase, welke dus niet door Waterdunen veroorzaakt is.

Meetpunten bij overige bebouwing in plangebied Waterdunen

In dit gebied zijn alleen metingen van de grondwaterstand (en niet van de stijghoogte) verricht. De gemiddelde grondwaterstanden in dit gebied zijn ongeveer 140 cm onder maaiveld en een gemiddelde GHG van 90 cm onder maaiveld.

Hieronder wordt per meetpunt de belangrijkste bevindingen besproken.

Meetpuntencluster PG01.1 en EC-16

- Meetpunt PG01.1 heeft een iets minder betrouwbaar tijdreeksmodel, maar het model is nog wel bruikbaar voor trendanalyse
- Meetpunt PG01.1 laat in 2014 een daling van de grondwaterstand zien die is veroorzaakt door een nieuwe sloot die langs het perceel is gegraven in 2014 en de nabije nieuwe ringsloot die is ingesteld op polderpeil. Vanaf begin 2019 (vóór openstelling Waterdunen) zijn de residuals weer iets verhoogd (~10 cm) maar de grondwaterstand is dan nog altijd lager dan in de periode vóór 2014. De ontwatering van het bebouwd perceel is hier voldoende en verbeterd t.o.v. de voormalige situatie.
- Het meetpunt EC-16 heeft alleen meetdata tot en met 2014 en wordt niet meer gebruikt voor de analyse.

Meetpuntencluster SB5.1, SB5.2 en W8

- Meetpunt W8 ligt direct naast een voormalige hoofdwatergang en naast een weg. Er is nieuwe ontwatering aangelegd bij dit perceel, welke is aangesloten op de ringsloot en het bijbehorende polderpeil. Meetpunt SB05.1 en SB05.2 zijn gesitueerd op hetzelfde perceel als W8, dichterbij de bebouwing van dit perceel.
- Meetpunt W8 heeft een iets minder betrouwbaar tijdreeksmodel, maar het model is wel bruikbaar voor trendanalyse
- Meetpunt W8 laat sinds 2018 een significant hogere grondwaterstand zien (~20 cm) en dit heeft een lokale oorzaak. Dit meetpunt ligt in de wegberm vlak naast een sloot, die diende als hoofdafwatering en die nu is aangepast naar een lokale perceelsloot, waardoor de lokale ontwatering sterk veranderd is. Als gevolg van de minder sterke ontwatering, is ook de grondwaterstand gestegen. De GHG is in de eindfase nog steeds 110 cm onder maaiveld, wat voldoende diep is zodat er geen grondwateroverlast te verwachten is van de naastgelegen weg en het perceel.
- Meetpunt SB05.1 is halverwege 2019 ontmanteld omdat de naastgelegen woning werd gesloopt en is er een nieuw meetpunt SB05.2 op korte afstand van het oude meetpunt geplaatst. Door verandering van meetlocatie kunnen er geen conclusies worden getrokken voor deze locatie op basis van de tijdreeksanalyse. De GHG op locatie SB05.2 (na opening getijdenduiker) is 100 cm onder maaiveld, dit is diep genoeg dat de bebouwing geen effecten ondervindt. De grondwaterstand bij meetpunt SB05.1 was ook diep, met de hoogste grondwaterstanden nog steeds ongeveer 100-150 cm onder maaiveld (vóór 2019).

Meetpuntencluster ZB17.1 en NB11.2

- Voor ZB17.1 zijn geen veranderingen zichtbaar als gevolg van de inrichting van Waterdunen. De verlaging van de residuals in 2024 wordt vooral veroorzaakt doordat de gesimuleerde grondwaterstand te sterk (onrealistisch) stijgt in deze periode.
- Meetpunt NB11.2 laat een verlaging van de grondwaterstand van ~30 cm zien in de uitvoeringsfase ten opzichte van de nulfase, in de eindfase stijgt de grondwaterstand weer met ~10cm. De grondwaterstand is dus nog altijd 20 cm lager dan in de nulfase.

Veel meetpunten bij bebouwing binnen het plangebied laten in het algemeen een iets lagere grondwaterstand (~5 tot 25 cm) zien in de eindfase ten opzichte van de nulfase. Deze daling komt doordat de nieuw gegraven ringsloot en extra ontwatering rondom de bebouwde percelen de grondwaterstand verlaagd. De opening van de getijdenduiker in de eindfase zorgde voor een stijging van de grondwaterstand (~10-15 cm), maar de grondwaterstand is dus nog steeds lager dan de oorspronkelijke grondwaterstand in de nulfase.

Meetpunten in het natuurgebied (EC-15 en LB103)

De meetpunten EC15 en LB103 liggen beide in het natuurgebied van Waterdunen. Beide locaties hebben een grote jaarlijkse dynamiek. Na het openen van de getijdenduiker is de gemiddelde grondwaterstand voor EC15 en LB103 respectievelijk 100 en 110 cm en de GHG op 0 en 30 cm onder maaiveld.

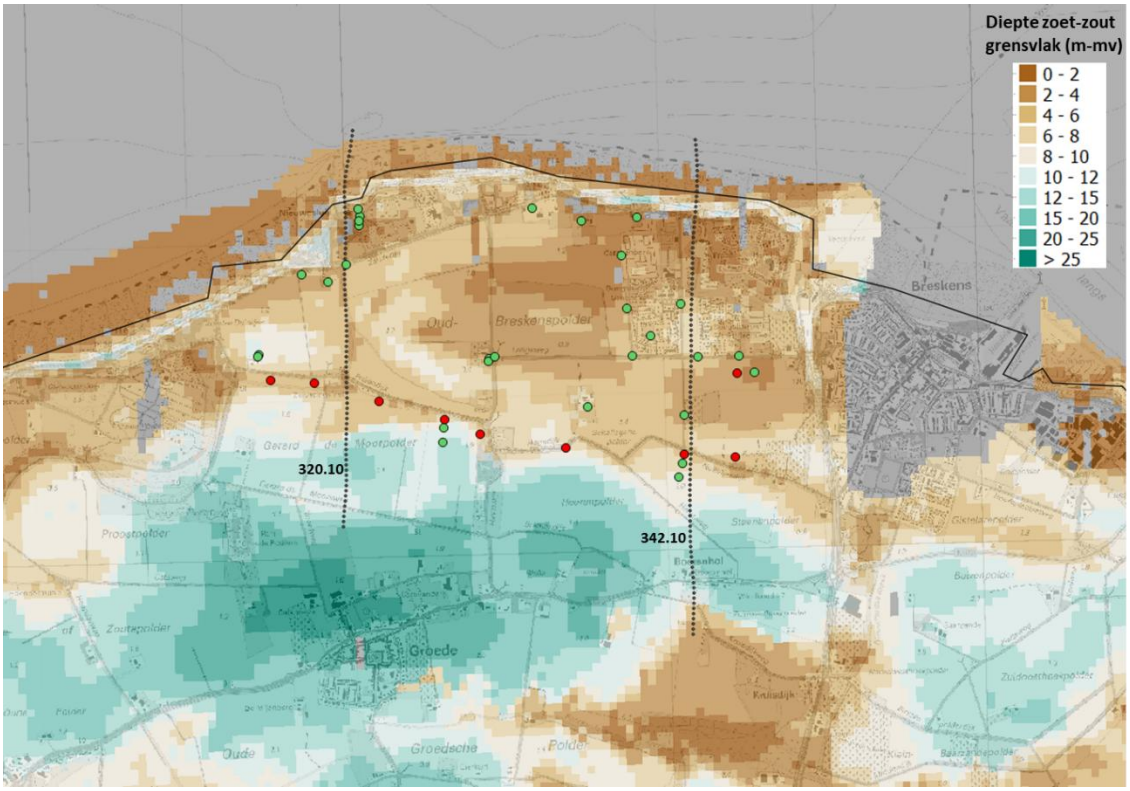
- Voor beide meetpunten geldt dat het tijdreeksmodel onbetrouwbaar is. Voor EC-15 is het tijdreeksmodel al tijdens de trainingsperiode onbruikbaar (vanwege een hoge RMSE tussen het model en de meting), bij LB103 wijkt het model buiten de trainingsperiode (onwaarschijnlijk) sterk af.
- Visueel is er geen duidelijke trend in de observaties (na 2016) zichtbaar.
- Voor EC-15 is de stijghoogte sinds 2016 hoger dan daarvoor, dit is waarschijnlijk het gevolg van het onklaar maken van de drainage in de omgeving van dit meetpunt. Bij LB103 zijn ook hogere grondwaterstanden na 2014 waargenomen.

3.3 Zoet en zout grondwater

3.3.1 Ruimtelijk beeld

In 2015 zijn in het kader van het project FRESHEM elektromagnetische (EM) metingen m.b.v. een helikopter (HEM-metingen) verricht (Figuur 3.20) waarmee de zoet-zout verdeling van de ondergrond van Waterdunen en omgeving in beeld is gebracht (Van Baaren et al., 2017). Voor enkele focusgebieden zoals Waterdunen lagen de vlieglijnen dichter bij elkaar voor een gedetailleerder beeld (200 m i.p.v. 300 m). Op een vlieglijn zijn met de helikopter om de 4 meter EM-metingen uitgevoerd zodat een zeer gedetailleerd ruimtelijk beeld ontstaat van de diepte van het zoet-zout grensvlak. Deze metingen vormen een belangrijk onderdeel van de nulmeting van het zoet-zout grensvlak omdat de ruimtelijke variatie van het grensvlak op deze manier goed in beeld is gebracht. De resultaten zijn sinds begin 2017 beschikbaar en kunnen via de website van de provincie door eenieder worden geraadpleegd. Hieronder volgt een korte beschrijving van de meetresultaten. Voor een uitgebreide beschrijving van het FRESHEM-project met opzet van de meetcampagne en de methoden voor het verwerken van de meetgegevens, wordt verwezen naar Van Baaren et al. (2017).

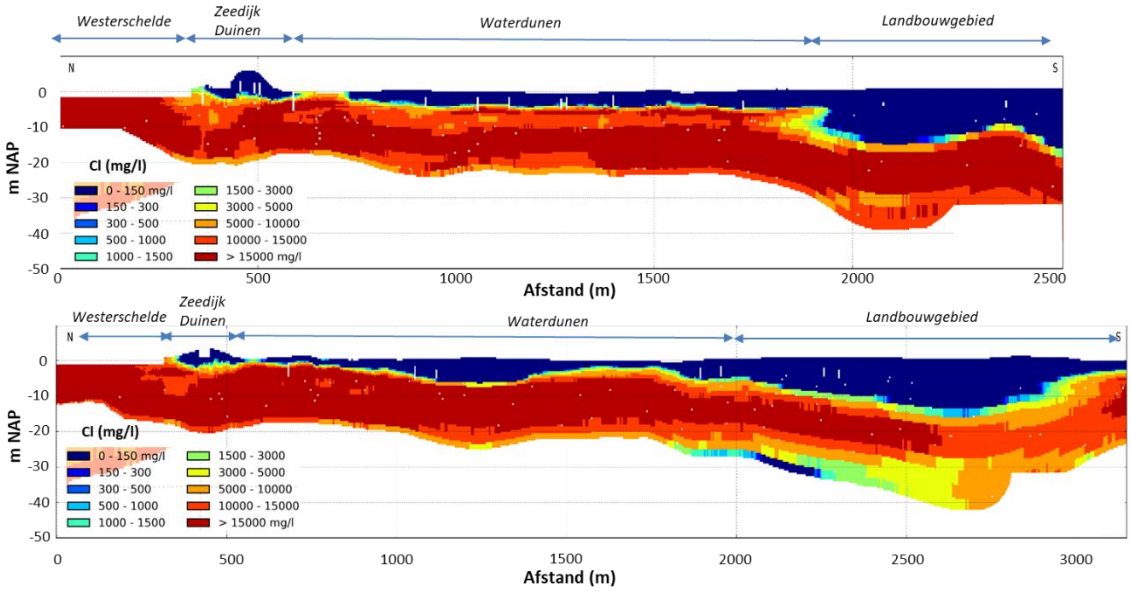
Figuur 3.20 Het uitvoeren van Elektromagnetische metingen vanuit een helikopter (BGR-systeem) voor het in kaart brengen van het zoutgehalte in de ondergrond van Zeeland: het FRESHEM-project.



Figuur 3.21 De diepte van het zoet-brakzout grensvlak op basis van de FRESHEM-metingen uit 2015 (Van Baaren et al., 2017). Voor dit grensvlak is het chloridegehalte van 300 mg/l gehanteerd. Tevens zijn de twee vlieglijnen weergegeven (stippellijn) waarvoor profielen van het zoutgehalte worden getoond in Figuur 3.22. De rood en groene bolletjes geven de grondwatermeetpunten weer, in de rode meetpunten worden naast grondwaterstanden ook jaarlijks zoet-zout profielen gemeten met de EM-SlimFlex

In Figuur 3.21 is een ruimtelijk beeld van de overgangsdiepte van zoet naar brakzout grondwater op basis van de helikopter-EM metingen weergegeven. De overgangsdiepte kan ook worden geïnterpreteerd als de dikte van de zoetwaterlens die drijft op het zoute grondwater. Voor het Waterdunen-gebied zijn vooral roodbruine kleuren te zien wat inhoudt dat de zoetwaterlens relatief dun is, variërend van minder dan 2 meter tot 10 meter dikte voor enkele iets hoger gelegen gebieden in Waterdunen. Tevens valt op dat vanaf de zuidgrens van Waterdunen, de dikte van de zoetwaterlens naar het zuiden toeneemt, van 6-8 meter dikte naar 10-15 meter tot zelfs meer dan 25 meter dikte ter hoogte van het dorp Groede.

Figuur 3.22 laat twee noord-zuid profielen van de zoet-zout verdeling in de ondergrond door Waterdunen zien. Zowel de oostelijke als de westelijk doorsnede laten hetzelfde beeld zien: de afwezigheid van zoetwater in de Westerschelde, een geringe zoetwaterlens ter hoogte van de zeedijk en duinen, in Waterdunen een dunne zoetwaterlens van gemiddeld 2 tot 6 m dikte en een dikkere zoetwaterlens van 6 tot 15 m dikte in het landbouwgebied grenzend aan Waterdunen.

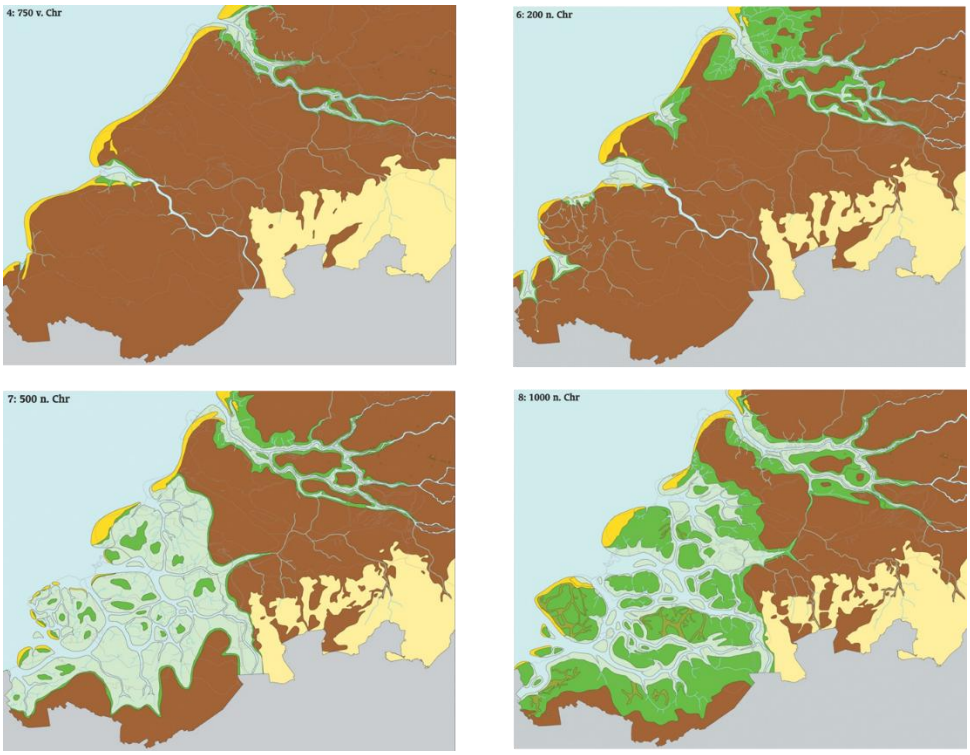


Figuur 3.22 Het zoutgehalte (in mg/l chlorideconcentratie) voor twee noord-zuid vlieglijnen (profiel) door Waterdunen, bepaald uit de EM-helikopter metingen. De blauwe kleuren geven zoet grondwater weer en de rode kleuren geven brak-zout grondwater weer. Het bovenste profiel is de westelijke vlieglijn 320.10, het onderste profiel is de oostelijke vlieglijn 342.10 (zie Figuur 3.21 voor locatie van de vlieglijnen)

Het brak-zoute grondwater is in de ondergrond van Zeeland terecht gekomen gedurende perioden dat de zee het land inundeerde (ca. 200-1000 na Christus). Het zeewater infiltreerde de bodem in en kon binnen 100 jaar de watervoerende pakketten volledig verzilten. Rond 200 na Christus was heel Zeeland nog bedekt door veen (bruine kleur in Figuur 3.23) en dit veen werd onder andere door de Romeinen ontwaterd en afgegraven voor gebruik als turf (brandstof). Het land daalde hierdoor en Zeeland werd weer kwetsbaar voor stormvloeden waarbij het grootste deel van het veen is weggeslagen en de zee weer bezit nam van het land. In deze periode die duurde tot minimaal 1000 na Christus zijn de watervoerende pakketten van Zeeland verzilt. Vanaf deze periode begon de bedijking en werd land ingepolderd. Afgesloten van de zee-invloed konden er op de hogere delen zoetwaterlenzen ontstaan door de infiltratie van zoet regenwater. In de laaggelegen gebieden was de grondwaterstroming omhoog gericht waardoor in deze gebieden het infiltrerende zoetwater niet diep kon komen. In de zoute kwelgebieden vinden we daarom hedendaags maar een dunne regenwaterlens boven het brak-zoute grondwater.

Veranderingen van de huidige zoet-zout verdeling van de ondergrond (verzilting of verzoeting) vinden dus vooral plaats door verticale processen. Het zoetzout-grensvlak komt omhoog (de zoetwaterlens krimpt) als de grondwaterstand daalt (bijvoorbeeld door drainage, aanleg van een sloot of een grondwateronttrekking) of als de stijghoogte stijgt waardoor de kweldruk toeneemt (de zoetwaterbel wordt omhoog gedrukt). De stijghoogte kan toenemen als het waterpeil en grondwaterstand over een groot gebied stijgt en kan uitstralen naar aangrenzende gebieden.

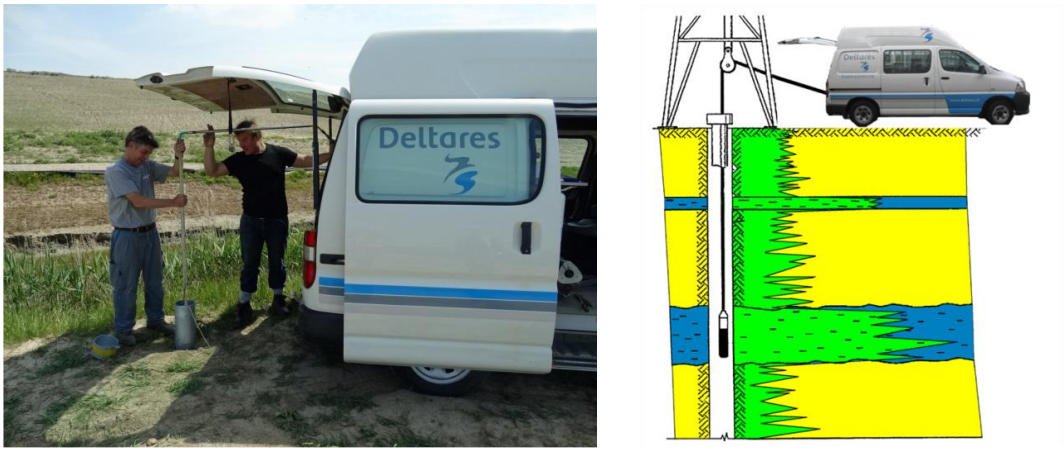
Veranderingen in de stijghoogte vinden vrijwel instantaan plaats (door drukverplaatsing) terwijl veranderingen in het zoetzout grensvlak veel langzamer gaan (verplaatsing van water). Beide zijn gevolgd tijdens de grondwatermonitoring Waterdunen, waarbij zowel de stijghoogte in het landbouwgebied gedurende lange periode is gemeten als ook jaarlijks het zoetzout grensvlak is gemeten. Als er geen veranderingen in de stijghoogte is gemeten is er ook geen verandering in het zoetzout grensvlak opgetreden anders dan door lokale veranderingen in de waterhuishouding zoals bijvoorbeeld aanleg van drainage, peilverlaging of een grondwateronttrekking.



Figuur 3.23 Ontwikkeling van het landschap van de Zuidwestelijke Delta

3.3.2 Variaties in de tijd

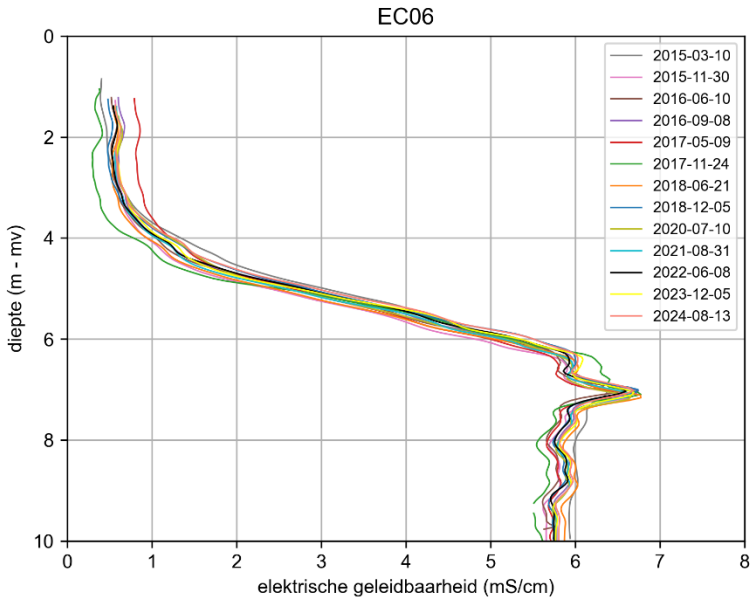
Uit onderzoek is gebleken (De Louw, 2013; Pauw, 2015) dat het grensvlak tussen het zoete en zoute grondwater in Zeeland nauwelijks varieert als gevolg van de seizoenen en tussen droge en natte jaren. Veranderingen in dikte van de zoetwaterlens vinden alleen plaats als er structurele veranderingen in de hydrologie van het gebied plaatsvinden zoals grondwateronttrekkingen of een herinrichting van een gebied waarbij bijvoorbeeld de waterpeilen veranderen. Veranderingen van de diepte van het zoet-zout grensvlak gaan relatief langzaam. Daarom zijn voor zowel een goed beeld van de nul-situatie als ook van veranderingen als gevolg van de herinrichting 1 á 2 metingen per jaar voldoende.



Figuur 3.24 Uitvoering van een EM-Slimflex-meting voor het in beeld brengen van de verdeling van het zoete, brakke en zoute grondwater

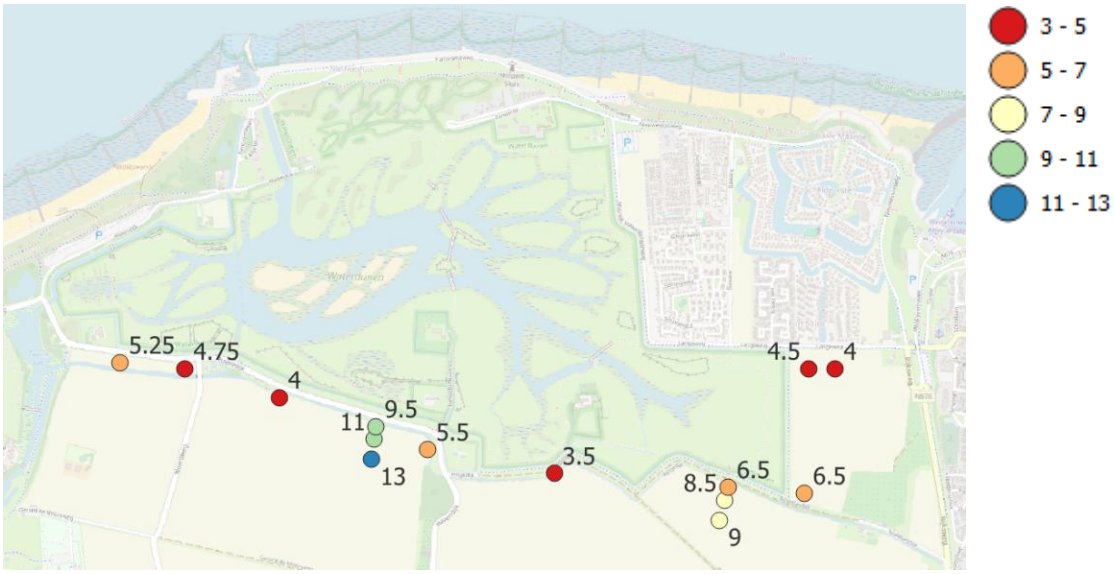
Variaties in de ligging van het zoet-zout grensvlak zijn in de tijd gevolgd door middel van metingen met een smalle elektromagnetische sonde in een bestaande peilbuis, de EM-SlimFlex (zie Figuur 3.24). De EM-SlimFlex meet per diepte-interval van 10 cm de geleidbaarheid van de bodem buiten de peilbuis met behulp van elektromagnetische metingen. De bodemgeleidbaarheid wordt bepaald door twee factoren: de bodemopbouw en het zoutgehalte van het grondwater. Bij brak en zout grondwater speelt de bodemopbouw een ondergeschikte rol bij de bodemgeleidbaarheid waardoor heel goed de overgangszone tussen zoet en zout grondwater kan worden gemeten met de EM-SlimFlex. Samen met het feit dat de bodemopbouw niet verandert, kunnen ook veranderingen van het zoutgehalte in de tijd goed worden gevolgd met de EM-SlimFlex.

De EM-metingen zijn sinds 2010 halfjaarlijks en vanaf 2019 jaarlijks uitgevoerd in de meetpunten aangegeven met rood in Figuur 2.1 en Figuur 3.21. In 2010, 2020 en 2024 zijn extra metingen uitgevoerd in meetpunten EC01, EC02, EC07, EC08 en EC10. Figuur 3.25 laat een voorbeeld zien van EM-SlimFlex-metingen in één van de meetpunten rondom Waterdunen sinds 2015. Zoals alle meetpunten laten zien, wordt er eerst een laag zoet grondwater aangetroffen, met daaronder een overgangszone naar zout grondwater. In het voorbeeld van Figuur 3.25 reikt de zoetwaterlaag tot ongeveer 4 m diepte met daaronder een overgangszone van 2 meter tot een diepte van ruim 6 meter waar het zoute grondwater met toenemende diepte een relatief constant zoutgehalte gehalte vertoont. De uitstulping op 7 m diepte is het gevolg van de aanwezigheid van een kleilaag die een hogere geleidbaarheid heeft.
Deze meting laat ook duidelijk zien dat er nauwelijks fluctuatie van het zoet-brakzout grensvlak met de tijd optreedt, ofwel de dikte van de zoetwaterlens verandert nauwelijks in de tijd. Bovendien is de foutenmarge van de meting (met name door de minder nauwkeurige diepte bepaling van EM-SlimFlex in de peilbuis) groter dan de waargenomen variatie van het zoet-brakzout grensvlak. Ook de zoutgehaltes van het grondwater fluctueren niet.



Figuur 3.25 De elektrische geleidbaarheid gemeten met de EM-SlimFlex in één van de meetpunten rondom Waterdunen voor verschillende momenten sinds 2015.

Op basis van de EM-SlimFlex metingen is tevens de diepte van zoet-zout grensvlak bepaald en ruimtelijk weergegeven op kaart (Figuur 3.26). De diepte van het zoet-zout grensvlak gemeten met de EM-helikopter (Figuur 3.21) blijken goed overeen te komen met de in-situ metingen met de EM-SlimFlex (Figuur 3.26). De metingen laten zien dat er bij de diverse meetpunten aan de rand van het gebied zoetwaterlenzen voorkomen van 3,5 tot 13 meter dikte.



Figuur 3.26 Diepte (m-mv) van het midden van de overgangszone van zoet naar zout grondwater, gemeten met de EM-Slimflex

3.3.3 Veranderingen door uitvoeringswerkzaamheden en opening getijdenduiker

De EM-SlimFlex metingen staan per locatie weergegeven in Bijlage D en de eventuele veranderingen in de tijd worden hieronder kort per meetraai besproken.

Meetraai EC-01, EC-02, EC-03, EC4

- EC1: geen structurele veranderingen in de tijd
- EC2: geen structurele veranderingen in de tijd
- EC3: geen structurele veranderingen in de tijd
- EC4: geen structurele veranderingen in de tijd
- Er is bij EC-01 en EC-03 sprake van een kwelsituatie (zoals in de vorige paragrafen besproken is), maar dit betreft een opwaartse flux van zoet water aangezien het grensvlak tussen zoet en zout water diep ligt.

Meetraai EC-07, EC-08, EC-11

- EC7: geen structurele veranderingen in de tijd
- EC8: geen structurele veranderingen in de tijd
- EC11: sinds 2020 is de overgangszone tussen zoet en zout grondwater dunner geworden, het midden van deze overgangszone blijft op dezelfde diepte. Oftewel, de diepte tot waar de laagste EC wordt gemeten is iets dieper komen te liggen en de diepte waarop de hoogste EC wordt gemeten is iets ondieper komen te liggen. Hierdoor wordt het zoute grondwater op iets grotere dieper aangetroffen en kan je spreken over een iets dikkere zoetwaterlens (~0.5 m). Deze verandering vindt tegelijkertijd plaats met veranderingen in de stijghoogte die worden verklaard door het minder goed functioneren van het meetpunt (verstopping). Mogelijk wordt de waargenomen verandering hier ook door veroorzaakt.

Meetpunten EC-05, EC-06

- EC-05: geen structurele veranderingen in de tijd
- EC-06: geen structurele veranderingen in de tijd

Meetpunten EC-13, EC-14

- EC-13: geen structurele veranderingen in de tijd
- EC-14: dit meetpunt laat een sterke variatie van het zoet-zout grensvlak in de tijd zien. De maximale verandering van de positie van dit grensvlak is 1.5m over de gehele meetperiode en 0.5 m per jaar. Het ene jaar gaat het grensvlak omhoog en het andere jaar omlaag. Zo werd het grensvlak in 2023 ongeveer 0.5 m lager aangetroffen dan het jaar er voor (2022), en het jaar erna (2024) weer 0.5 m hoger. De grote dynamiek wordt waarschijnlijk veroorzaakt door de nabije ligging van een sloot waar in ruimtelijke zin een grote gradiënt van zoutgehaltes aanwezig kan zijn. De sloot trekt namelijk dieper en daarmee zouter grondwater aan maar ook juist ondieper zoeter grondwater. Op basis van deze dynamiek kan er dus geen structurele verandering van het grensvlak vastgesteld worden.

Meetpuntencluster EC-9, EC-10, EC-12

- EC-9: Er lijkt zich sinds 2020 (of misschien al vanaf 2017-2018) verzoeting op te treden, het grensvlak komt steeds iets dieper te liggen. Ten opzichte van de metingen vóór 2017 ligt het grensvlak in 2021 ongeveer 25-35 cm dieper, en de laatste meting in 2024 is het grensvlak nog verder gedaald en is de zoetwaterlens ten opzichte van 2017 zo’n 75 cm gegroeid.
- EC10: dit meetpunt heeft slechts 3 metingen sinds 2020 waarbij het zoet-zout grensvlak in de meting in 2024 ongeveer 25 cm hoger ligt dan de meting van 2022 en 2024. Opmerkelijk is dat nabijgelegen meetpunt EC-9 een duidelijke verzoeting laat zien waardoor er waarschijnlijk geen sprake is van een regionale verandering. Mogelijk dat de nieuwe drainage en/of de ontwikkelingen nabij vakantiepark het

Heem met een nieuw gegraven grote waterpartij een lichte verzilting bij EC-10 heeft veroorzaakt.
- EC-12: geen structurele veranderingen in de tijd.

Op basis van alle metingen wordt geconcludeerd dat er in de uitvoeringsfase en tot op heden als gevolg van de opening van de getijdenduiker, in de meeste meetpunten geen structurele veranderingen in het zoet-zout grensvlak zijn opgetreden voor de meetlocaties rond Waterdunen. Dit is in lijn met de stijghoogtemetingen die nauwelijks tot geen veranderingen laten zien.
Uitzondering hierop zijn twee meetpunten ten oosten van Waterdunen waar sinds een aantal jaren zowel verzoeting (EC-9) als lichte verzilting (EC-10) lijkt op te treden. Een mogelijke oorzaak van de verzoeting zijn de hogere grondwaterstanden in het oostelijk deel van Waterdunen als gevolg van het verwijderen van drainage. Door de hogere grondwaterstand kan regenwater dieper infiltreren en is er waarschijnlijk een zoetwaterbel ontstaan die zich in oostelijke richting uitbreidt. Het omhoog kruipen van het zoetzout grensvlak bij EC10 wordt vermoedelijk veroorzaakt door nieuwe landbouwkundige drainage in het perceel en/of door de nieuw gegraven waterpartij in vakantiepark het Heem.

Eventuele gevolgen voor de landbouw
Eventuele veranderingen van de zoetzout-verdeling in de ondergrond of van de dikte van de zoetwaterlens kan op twee manieren gevolgen hebben voor de landbouw: (1) de zoetwaterlens wordt te dun om er grondwater uit te onttrekken, (2) de zoetwaterlens wordt zo dun of verdwijnt tijdelijk tijdens de zomer zodat er zout kwelwater de wortelzone in kan dringen.

De metingen tonen aan dat er geen structurele veranderingen zijn van de dikte van de zoetwaterlens in het landbouwgebied grenzend aan Waterdunen waardoor er geen gevolgen voor de landbouw zijn. En dit geldt ook voor het gebied verder van Waterdunen omdat effecten met de afstand alleen maar afnemen. Op basis van monitoringresultaten is de verwachting dat er ook geen veranderingen in de toekomst zullen plaatsvinden. Door de veranderingen van de diepte van het grensvlak bij EC9 en EC10 zijn ook geen gevolgen voor de landbouw te verwachten, omdat het zoet-zoutgrensvlak hier op ongeveer 4 meter diepte ligt. Er is dus geen sprake van zout in de wortelzone.

Belangrijk om op te merken is dat lokale veranderingen in de waterhuishouding zoals bijvoorbeeld aanleg van drainage met als gevolg lagere grondwaterstanden, de aanleg of dempen van een sloot of een peilverandering van het oppervlaktewater, ook een verandering van de lokale zoetzout-verdeling kunnen veroorzaken. Daarbij geldt dat een verlaging van de grondwaterstand of oppervlaktewaterpeil zal leiden tot een ondieper zoetzout-grensvlak ofwel een dunnere zoetwaterlens. Ook onttrekkingen voor beregening kunnen leiden op deze manier leiden tot verzilting en het verzilten van de onttrekking.

4 Conclusies

Het plan 'Waterdunen' houdt in dat een gedempt getijdengebied is ingericht in de historische polder Oud-Breskens, ten westen van Breskens. Deze verandering van polder, voornamelijk landbouwgebied, naar een gedempt getijdengebied, heeft geleid tot een andere waterhuishoudkundige situatie en zou mogelijk ook gevolgen op het grondwatersysteem in het aangrenzende gebied kunnen hebben. De inrichting van Waterdunen is er echter op gericht deze eventuele uitstralingseffecten te voorkomen zodat er geen nadelige gevolgen zijn voor de landbouw en bebouwing in het aangrenzende gebied. Daartoe is onder andere een ringsloot rondom Waterdunen gegraven. Het grondwatermonitoringprogramma was er specifiek op gericht om structurele veranderingen van de grondwaterstanden, stijghoogtes en zoutgehaltes (dikte zoetwaterlens) in de omliggende regio buiten Waterdunen te volgen t.o.v. van de situatie van vóór de aanleg van Waterdunen. De grondwatermonitoring is gestart in 2010 en had drie fasen:

- *Nulfase (tot 2014):* de periode tot 2014 geldt als nulfase oftewel de oorspronkelijke situatie waarin nog geen ingrepen in de hydrologie van het plangebied waren uitgevoerd. In deze fase diende de grondwatermonitoring om de nul-situatie van het grondwatersysteem vast te leggen. De nulfase eindigde eind december 2013.

- *Uitvoeringsfase Waterdunen (2014-september 2019):* In deze fase werd het grondwerk voor Waterdunen uitgevoerd waarbij onder andere de ringsloot is gegraven, de kreken zijn aangelegd, lokaal sloten zijn gegraven om voldoende ontwatering van bebouwde percelen in en langs het plangebied te garanderen en bij ’t Killetje is de inlaatduiker gebouwd die het peil in het getijdengebied reguleert.

- *Eindfase Waterdunen (vanaf 19 september 2019)*: In de eindfase is de getijdenduiker in bedrijf genomen en vindt er gecontroleerd in- en uitstroom van zout zeewater (Westerschelde) plaats.

De metingen zijn in grafieken geplot waarna visueel en met behulp van een tijdreeksmodel is beoordeeld of er structurele veranderingen hebben plaatsgevonden in de grondwaterstand of stijghoogte. Ook is voor de diepe meetpunten rondom Waterdunen de zoet-zoutverdeling van het grondwater ieder jaar gemonitord. Uit deze zoet-zoutverdeling is de diepte van het zoet-zoutgrensvlak en de dikte van de zoetwaterlens te herleiden. Naast de bepaling of er structurele veranderingen in grondwaterstand, stijghoogte en zoetwaterlens zijn opgetreden, is ook ingegaan op eventuele consequenties voor de landbouw en de bebouwing.

Samenvattend, kan uit de analyse van de metingen van grondwaterstanden, stijghoogte en het zoutgehalte van het grondwater (dikte zoetwaterlens) het volgende worden geconcludeerd:

Monitoring van effecten in het landbouwgebied
Visueel zijn er geen structurele veranderingen zichtbaar in de stijghoogte in het landbouwgebied. De resultaten van de tijdreeksanalyse laten zeer kleine veranderingen zien die net zo goed aan het tijdreeksmodel zijn toe te schrijven in plaats van structurele veranderingen. De afgeleide veranderingen zijn in de orde van enkele centimeters tot maximaal 10 centimeter stijging of 12 cm daling in de eindfase ten opzichte van de uitvoeringsfase. Ten opzichte van de nulfase is de stijghoogte altijd lager daarbij aanmerkend dat de metingen in de nulfase meestal een korte periode betreft (ongeveer 1 jaar). Dat er geen significante veranderingen in de stijghoogte in het landbouwgebied hebben

plaatsgevonden komt waarschijnlijk omdat veranderingen van de grondwaterstand (en daardoor ook de stijghoogte) in het plangebied minimaal zijn en door de aangelegde ringsloot rondom Waterdunen die eventuele uitstralingseffecten compenseert.

Verandering van de zoetwaterlens
De metingen laten zien dat er bij de diverse meetpunten aan de rand van het gebied zoetwaterlenzen voorkomen van 3 tot 13 meter dikte. Bijna alle meetpunten laten geen structurele veranderingen zien van het zoetzout grensvlak in de jaren dat er gemeten is. Voor EC9 vindt er een duidelijk verzoeting plaats. Het dichtbijgelegen meetpunt EC10 laat dit niet zien maar heeft slechts 3 metingen sinds 2020. De laatste meting in 2024 laat een iets ondieper zoetzout grensvlak (dunnere zoetwaterlens) van ongeveer 25 cm zien t.o.v. 2020. Mogelijk dat de nieuwe drainage en de nieuw gegraven waterpartij in vakantiepark het Heem een lichte verzilting bij EC-10 heeft veroorzaakt.

Monitoring van effecten bij bebouwing Vakantiepark Schoneveld en het Heem
De resultaten van de tijdreeksanalyse laten zeer kleine veranderingen zien in het gebied bij Vakantiepark Schoneveld en Het Heem die net zo goed aan het tijdreeksmodel zijn toe te schrijven in plaats van structurele veranderingen. Deze veranderingen betreffen een stijging van maximaal 5 tot 10 cm, met uitzondering van drie meetpunten (H1, S5 en S7). Bij S5 en S7 is de stijging maximaal 20 cm, bij H1 een daling van 20 cm. Voor deze meetpunten zijn de veranderingen in Waterdunen zeer waarschijnlijk niet de oorzaak van de stijging van de grondwaterstand, omdat de naburige andere meetpunten niet dezelfde verandering laten zien. Bij H1 wordt de daling mogelijk veroorzaakt door de nieuw gegraven waterpartij ligt. De GHG na openen van de getijdenduiker is nog steeds gemiddeld 70 cm onder maaiveld, waardoor er geen negatieve effecten op de bebouwing worden verwacht.

Monitoring van effecten bij ’t Killetje
De meetpunten bij ’t Killetje laten vooral een iets lagere grondwaterstand (~5-20 cm) in de eindfase ten opzichte van de nul-situatie. Deze daling komt doordat de nieuw gegraven ringsloot en extra ontwatering rondom de bebouwde percelen de grondwaterstand verlaagd. Daarna vertonen sommige van deze meetpunten een lichte stijging (~10-15 cm) gedurende de uitvoeringsfase en als gevolg van de opening van de getijdenduiker maar blijven lager dan de oorspronkelijke grondwaterstanden van vóór 2014. De ontwatering is dus verbeterd ten opzichte van de voormalig nattere situatie bij de woningen.

Monitoring van effecten bij de overige bebouwing in het plangebied Waterdunen
Veel meetpunten bij bebouwing binnen het plangebied laten in het algemeen een iets lagere grondwaterstand (~5 tot 25 cm) zien in de eindfase ten opzichte van de nulfase. Deze daling komt doordat de nieuw gegraven ringsloot en extra ontwatering rondom de bebouwde percelen de grondwaterstand verlaagd. De opening van de getijdenduiker in de eindfase zorgde voor een stijging van de grondwaterstand (~10-15 cm), maar de grondwaterstand is dus nog steeds lager dan de oorspronkelijke grondwaterstand in de nulfase. Bij meetpunten WG02.1 en WG04.3 en W-8 is een lichte verhoging te zien van de grondwaterstand van 10 tot 20 cm. In WG02.1 komt de grondwaterstand in natte periodes tot aan maaiveld (de GHG is ca 20 cm-mv), hier zijn door de bewoner ook al problemen met het onderhoud van de afwatering van het perceel gesignaleerd. In WG04.3 is de GHG na openen van de getijdeduiker nog ongeveer 60 cm onder maaiveld, waardoor geen grondwateroverlast te verwachten is. Bij W-8 is de afwaardering van de lokale hoofdafwatering de oorzaak van de stijging, maar blijft de grondwaterstand voldoende diep zodat er geen grondwateroverlast te verwachten is van de naastgelegen weg en het perceel.

Samenvattend, kan uit de analyse van de metingen van grondwaterstanden, stijghoogte en het zoutgehalte van het grondwater (dikte zoetwaterlens) het volgende worden geconcludeerd:

- De metingen in het landbouwgebied laten nauwelijks tot geen significante veranderingen in de stijghoogte en geen negatieve veranderingen in de zoetwatervoorraad zien als gevolg van het Plan Waterdunen. Hieruit kan worden geconcludeerd dat er geen nadelige gevolgen voor de landbouw zijn te verwachten zoals grondwateroverlast, droogte of verzilting, zowel in de actuele situatie als in de toekomst.
- De metingen in het Vakantiepark het Heem en Schoneveld laten nauwelijks tot geen significante veranderingen van de grondwaterstand zien als gevolg van het Plan Waterdunen. Hieruit kan worden geconcludeerd dat er geen nadelige gevolgen voor de bebouwing zijn te verwachten zoals grondwateroverlast of droogte, zowel in de actuele situatie als in de toekomst.
- Voor de metingen bij de overige bebouwing zijn veranderingen van de grondwaterstand in het plangebied in de eindfase ten opzichte van de nul-situatie klein te noemen waarbij de meeste meetpunten een verlaging of geen verandering laten zien.

Vervolgmonitoring
Het meetnet is specifiek ingericht op vaststellen van de effecten van Waterdunen op de rand van Waterdunen naar de omgeving. Op basis van de metingen wordt geconcludeerd dat er een voldoende lange periode gemeten is om eventuele effecten van Waterdunen op het grondwater te kunnen vaststellen. Voor dit doel is voortzetting van de grondwatermonitoring niet nodig.

5 Referenties

Collenteur, R.A., Bakker, M., Caljé, R., Klop, S.A., Schaars, F. (2019) Pastas: open source software for the analysis of groundwater time series. Groundwater. doi: 10.1111/gwat.12925.

De Louw, P.G.B., (2013). Zoute kwel in delta's. Preferente kwel via wellen en interacties tussen dunne regenwaterlenzen en zoute kwel. Academisch proefschrift, Vrije Universiteit Amsterdam, ISBN/EAN 9789461085429.

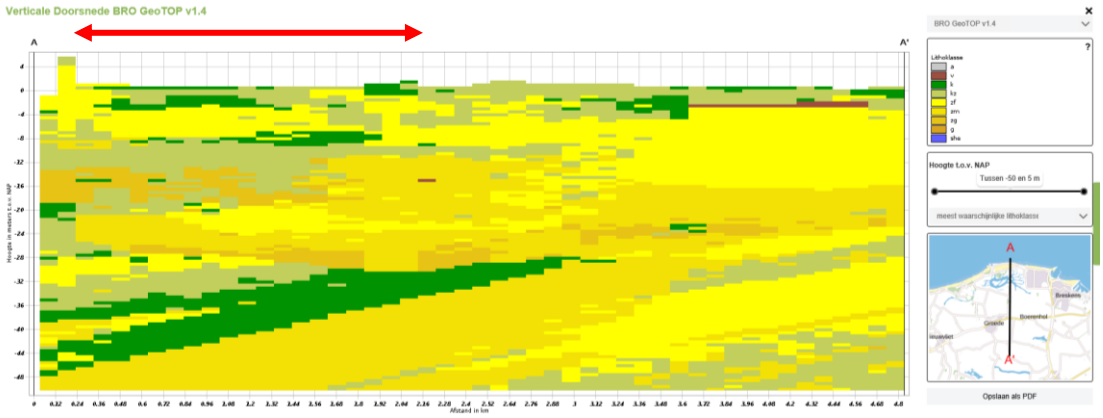
KNMI, 2021. Dagwaarden neerslagstations. https://www.knmi.nl/nederland-nu/klimatologie/monv/reeksen.

Pauw, P.S., Van Baaren, E.S., Visser, M. De Louw, P.G.B., Oude Essink, G.H.P. (2015). Increasing a freshwater lens below a creek ridge using a controlled artificial recharge and drainage system: a case study in the Netherlands. Hydrogeology Journal - Volume 23, Issue 7, pp 1415–1430 doi: 10.1007/s10040-015-1264-z

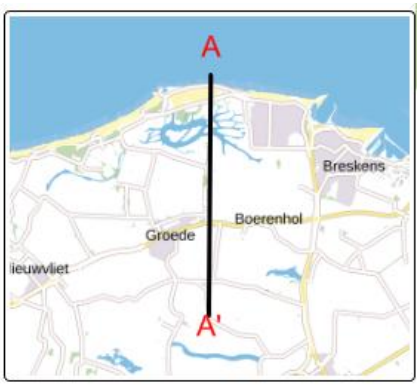
Van Baaren, E.S., Delsman, J.R., Karaoulis, M., Pauw, P.S., Vermaas, T., Bootsma, H., De Louw, P.G.B., Oude Essink, G.H.P., Dabekaussen, W., Gunnink, J.L., Dubelaar, W., Menkovic, A., Siemon, B., Steuer, A., Meyer, U (2017). FRESHEM Zeeland. FREsh Salt groundwater distribution by Helicopter ElectroMagnetic survey in the Province of Zeeland. Deltares-TNO-BGR report.

Tauw (2012). Nader onderzoek waterhuishouding Waterdunen. Rapportage technische onderbouwing peilbesluiten en watergunning. Kenmerk R0001-4781059BJQ-nja-V07-NL.

A De opbouw van ondergrond (bron: Geotop: www.dinoloket.nl)



De opbouw van de ondergrond in klei en zandlagen van de bovenste 50 meter van de ondergrond in een noordzuid-profiel (A-A') door Waterdunen. In onderstaande figuur staat de ligging van het profiel vergroot weergegeven.
Gelige kleuren geven zand aan en groenige kleuren klei. Afkortingen: a=antropogeen, v=veen, k=klei, kz=kleiig zand, zf=fijn zand, zm=middelfijn zand, zg=grof zand, g=grind.



B Enkele karakteristieken van de meetpunten

Tabel 1 Algemene eigenschappen van de peilbuizen

Peilbuis	Locatie	Maaiveld (m t.o.v. NAP)	Bovenkant filter (m t.o.v. NAP)	Onderkant filter (m t.o.v. NAP)	Einddiepte (m t.o.v. NAP)
EC-01	akkerbouw	0.82	-4.1 (diep) ca. -2 (ondiep)	-5.1 (diep) ca. -3 (ondiep)	-15.1
EC-02	akkerbouw	0.98	-5.9 (diep) ca. -2 (ondiep)	-6.9 (diep) ca. -3 (ondiep)	-14.1
EC-03	akkerbouw	0.41	-7.7 (diep) ca. -2 (ondiep)	-8.7 ca. -3 (ondiep)	-13.7
EC-04	akkerbouw	0.75	-3.5 (diep) ca. -2 (ondiep)	-4.5 (diep) ca. -3 (ondiep)	-10.3
EC-05	akkerbouw	0.65	-2.5 (diep) ca. -2 (ondiep)	-3.5 (diep) ca. -3 (ondiep)	-9.4
EC-06	akkerbouw	0.67	-4.7 (diep) ca. -2 (ondiep)	-5.7 (diep) ca. -3 (ondiep)	-10.4
EC-07	akkerbouw	1.09	-5.0 (diep) ca. -2 (ondiep)	-6.0 (diep) ca. -3 (ondiep)	-15.0
EC-08	akkerbouw	1.04	-4.1 (diep) ca. -2 (ondiep)	-5.1 (diep) ca. -3 (ondiep)	-13.1
EC-09	akkerbouw	0.84	-3.3 (diep) ca. -2 (ondiep)	-4.3 (diep) ca. -3 (ondiep)	-8.0
EC-10	akkerbouw	0.82	-4.9 (diep) ca. -2 (ondiep)	-5.9 (diep) ca. -3 (ondiep)	-8.4
EC-11	akkerbouw	1.28	-5.3 ca. 2 (ondiep)	-6.3 (diep) ca. -3 (ondiep)	-10.8
EC-12	akkerbouw	0.95	-5.5 (diep) ca. -2 (ondiep)	-6.5 (diep) ca. -3 (ondiep)	-11.1
EC-13	akkerbouw	0.14	-11.3 ca. -2 (ondiep)	-12.3 ca. -3 (ondiep)	-12.0
EC-14	akkerbouw	0.73	-6.5 ca. -2 (ondiep)	-7.5 ca. -3 (ondiep)	-10.0
W-8	Plangebied	0.96	-5.0	-6.0	-6.0
EC-15	Plangebied	1.3	-2.5	-3.5	-3.5
EC-16	Plangebied	1.27	-4.5	-5.5	-5.5
EC-13*	oppervlaktewater	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
H-1	Sch'veld/Heem	1.23	-2.2	-3.2	4.3
H-2	Sch'veld/Heem	1.34	-1.8	-2.8	3.5
S-3	Sch'veld/Heem	1.28	-2.2	-3.2	4.3
S-4	Sch'veld/Heem	0.99	-2.5	-3.5	4.4
S-5	Sch'veld/Heem	1.4	-2.2	-3.2	4.4
S-6	Sch'veld/Heem	1.23	-2.6	-3.6	4.4

S-7	Sch'veld/Heem	0.76	-3.1	-4.1	4.3
SB05.1	huisperceel	1.26	-3.0	-4.0	-4.00
KB06.1	huisperceel	0.9	-0.8	-1.8	-1.8
KB06.2	huisperceel	1.14	-0.7	-1.7	-1.68
KB08.2	huisperceel	1.59	-0.4	-1.4	-1.37
KB10.1	huisperceel	1.36	-0.2	-1.2	-1.24
NB09.1	huisperceel	1.05	-0.6	-1.6	-1.62
NB11.2	huisperceel	1.26	-0.7	-1.7	-1.65
PG01.1	huisperceel	1.58	2.5	3.5	3.50
WG02.1	huisperceel	0.06	-1.3	-2.3	-2.34
WG04.3	huisperceel	0.65	-1.3	-2.3	-2.31
ZB19.1	huisperceel	1.48	-0.7	-1.7	-1.69
ZB17.1	huisperceel	1.78	0	-1	-1
LB103.2	huisperceel	1.7	1.9	2.9	2.9

Tabel 2 Eerste kolom: Gemiddeld hoogste grondwaterstand/stijghoogte (GHG), berekend op basis van de continue metingen van de stijghoogte of grondwaterstand ná het openen van de getijdenduiker. Kolommen 2-7: gemiddelde residual in het zomerhalfjaar (Q2 & Q3) en winterhalfjaar (Q1 & Q4), per fase.

	GHG (m mv)	Nulfase		Uitvoeringsfase		Eindfase	
		zomer	winter	zomer	winter	zomer	winter
EC01	0.51	0.22	0.19	0.03	-0.01	0.05	0.04
EC02	0.84	0.18	0.18	0.03	-0.02	0.06	0.02
EC03	0.28	0.1	0.06	0	-0.04	0.05	0.01
EC06	1.16	0.11	0.04	0.05	-0.05	0.12	0.03
EC07	1.03	0.14	0.08	-0.04	-0.09	-0.03	-0.13
EC08	0.92	0.14	0.12	0	-0.03	0.11	0.07
EC09	0.60	-0.01	-0.02	0.02	-0.02	0.01	-0.14
EC10	0.59	0.16	0.16	0.02	-0.02	0.02	-0.03
EC11	1.27	0.13	0.12	0.02	0	0.03	0
EC12	0.61						
EC13	0.13	0.09	0.06	0.02	-0.02	0.1	0.09
EC14	1.01						
EC15	0.01	-0.22	-0.69	0.06	-0.22	-0.03	-0.04
H1	1.01			0.01	-0.04	-0.1	-0.04
H2	0.72			0.03	-0.08	0.06	0.05
KB08.2	0.69	0.07	0.11	0	-0.02	-0.03	-0.04
KB10.1	0.31	0.1	0.06	0.01	-0.02	-0.02	-0.01
KB6.1	0.38			0.18	0	-0.04	-0.08
KB6.2	0.47	0.13	0.12	0.02	-0.03	0.04	-0.03
LB103	0.27					0.06	-0.22
NB11.2	0.39	0.3	0.29	0	0.03	0.13	0.13
NB9.01	0.08	-0.02	-0.01	-0.02	-0.02	0.08	0.04
PG01.1	1.52	0.2	0.23	0.03	-0.04	0.11	0.08

S3	1.49						
S4	0.56	0.2	0.21	0.02	-0.02	0.07	0.02
S5	0.66	-0.05	-0.06	-0.03	-0.09	0.04	0.03
S6	0.61			0.01	-0.01	0.06	0.02
S7	0.73			0.05	-0.01	0.2	0.18
SB5.2	1.02						
W8	1.11	-0.04	-0.07	0.01	-0.01	0.19	0.17
WG02.1	0.23			0.05	-0.01	0.18	0.14
WG04.3	0.63	-0.1	-0.11	0.04	0.02	0.05	0.08
ZB17.1	0.55	0.08	-0.07	-0.02	-0.11	0.06	-0.04
ZB19.1	0.84	0.09	0.12	0	-0.01	0.06	0.04

Tabel 3 Overzicht van de tijdreeksanalyse per meetpunt en de RMSE en EVP van het verschil tussen de gemodelleerde en gemeten stijghoogte of grondwaterstand. Een RMSE van 0 geeft een perfecte fit weer van de gemodelleerde met de gemeten waardes en een EVP van 100% geeft ook een perfecte fit aan. In kolom 'Toelichting' staat uitleg waarom sommige tijdreeksmodellen niet- of minder bruikbaar zijn voor de analyse

ID	Training start	Training eind	Root mean squared error (RMSE)	Explained variance percentage (EVP)	Toelichting
EC01	2014-01-01	2018-12-01	0.11	81.75	
EC02	2014-01-01	2017-11-01	0.08	83.46	
EC03	2012-01-01	2018-01-01	0.10	75.64	
EC06	2014-01-01	2019-06-01	0.11	1.26	Geen goed tijdreeksmodel. Omdat het tijdreeksmodel een rechte lijn laat zien, zeggen de residuals wel iets over de verandering van de gemiddelde grondwaterstand.
EC07	2014-01-01	2015-03-01	0.06	90.26	
EC08	2015-01-01	2018-12-01	0.10	74.74	
EC09	2014-01-01	2016-10-01	0.10	83.56	
EC10	2014-01-01	2017-02-01	0.09	86.26	
EC11	2016-01-01	2018-12-01	0.07	84.80	De gemeten stijghoogte is vanaf halverwege 2020 onbetrouwbaar
EC12	2010-06-01	2011-05-01	0.06	91.87	De gesimuleerde stijghoogte wordt onbetrouwbaar geacht na de trainingsperiode met zeer grote afwijkingen van de geobserveerde meetreeks
EC13	2013-01-01	2018-01-01	0.09	79.72	
EC15	2016-03-01	2019-06-01	0.27	86.11	Zoals de RMSE aangeeft, is er een vrij grote afwijking tussen het model en simulatie en daarmee is het tijdreeksmodel niet betrouwbaar
H1	2014-01-01	2018-09-01	0.09	81.54	
H2	2016-07-01	2019-06-01	0.18	76.68	
KB08.2	2012-10-01	2017-06-01	0.10	84.76	
KB10.1	2016-01-01	2019-06-01	0.12	81.40	
KB6.1	2016-05-01	2019-06-01	0.10	84.88	
KB6.2	2016-05-01	2019-06-01	0.10	88.97	
LB103	2015-01-01	2016-06-01	0.14	94.05	Na de trainingsperiode wordt het model minder betrouwbaar
NB11.2	2016-09-01	2019-06-01	0.09	92.34	
NB9.01	2014-01-01	2016-06-01	0.03	94.84	

PG01.1	2017-04-01	2019-03-01	0.11	64.59	De EVP is vrij laag, en daarmee is het tijdreeksmodel iets minder betrouwbaar, maar is het model nog steeds bruikbaar voor trendanalyse
S3	2018-01-01	2019-06-01	0.07	76.88	De gesimuleerde stijghoogte wordt onbetrouwbaar geacht buiten de trainingsperiode met grote afwijkingen van de geobserveerde meetreeks
S4	2014-01-01	2019-06-01	0.11	87.43	
S5	2012-01-01	2016-04-01	0.11	78.61	
S6	2013-09-01	2019-06-01	0.07	87.58	
S7	2018-02-01	2019-06-01	0.07	91.97	
SB5.1	2011-07-01	2017-01-01			Meetpunt is in 2019 vervallen
SB5.2	2019-09-01	2020-03-01			Meetpunt is pas in 2019 gestart
W8	2015-01-01	2017-07-01	0.07	63.90	De EVP is vrij laag, en daarmee is het tijdreeksmodel iets minder betrouwbaar, maar is het model nog steeds bruikbaar voor trendanalyse
WG02.1	2016-08-01	2018-03-01	0.07	80.59	Het model lijkt buiten de trainingsperiode iets minder goed te presteren, maar is nog steeds bruikbaar voor trendanalyse
WG04.3	2012-01-01	2019-05-01	0.11	78.53	
ZB17.1	2016-04-01	2019-06-01	0.17	88.58	
ZB19.1	2018-01-01	2019-06-01	0.13	87.19	

C De vlieglijnen door en rondom Waterdunen van de EM-helikoptermetingen 2015 (FRESHEM)

De afzonderlijk metingen per locatie

D Metingen per locatie

D.1 EC01

Locatie meetpunt

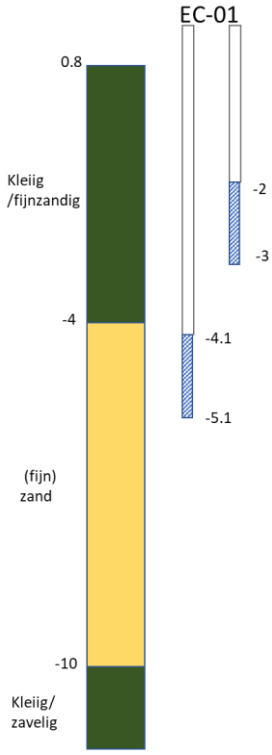
Meetlocaties EC-01 ligt in de Gerard de Moorpolder, op afstanden van 160 m ten zuiden van de sloot langs de Puijendijk. De maaiveldhoogte is ca. NAP +0.8 m.

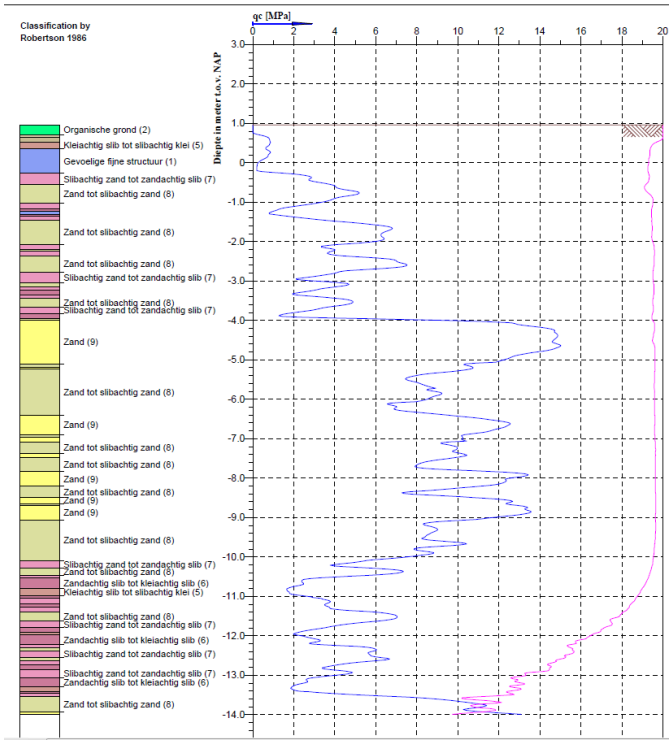
Gegevens peilbuizen

Meetpunt	Bovenkant filter (m t.o.v. NAP)	Onderkant filter (m t.o.v. NAP)	Einddiepte (m t.o.v. NAP)	Chloridegehalte(mg/l)	
				2011	2016[1]
EC-01	-4.1 (diep) ca. -2 (ondiep)	-5.1 (diep) ca. -3 (ondiep)	-15.1	67 69	50 - 100 ---

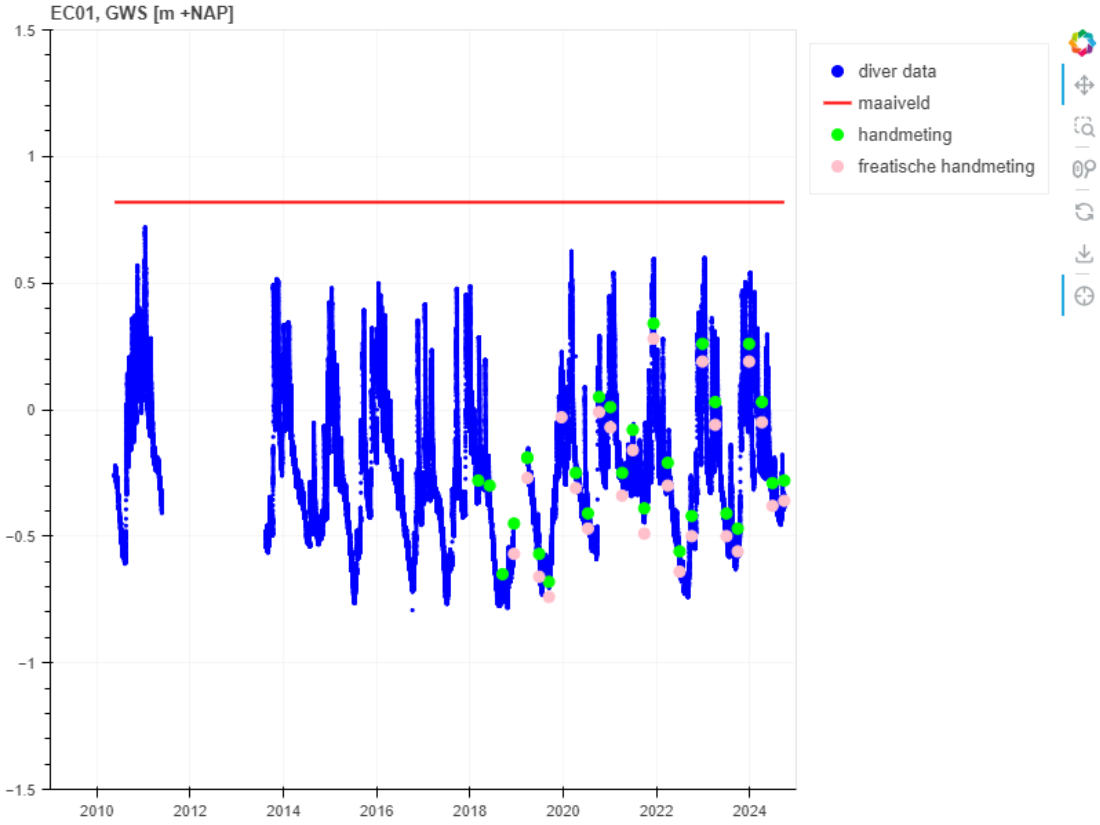
[1] Het chloridegehalte in 2016 is niet rechtstreeks gemeten maar afgeleid uit een betrouwbare meting van het elektrisch geleidingsvermogen (EGV).

Schematische voorstelling bodemopbouw en diepte peilbuizen **(links) en** ***Bodemopbouw en geleiding volgens EC-sonderingen. De geleiding is de roze lijn, een uitslag naar links betekent een hogere geleiding (zouter).***

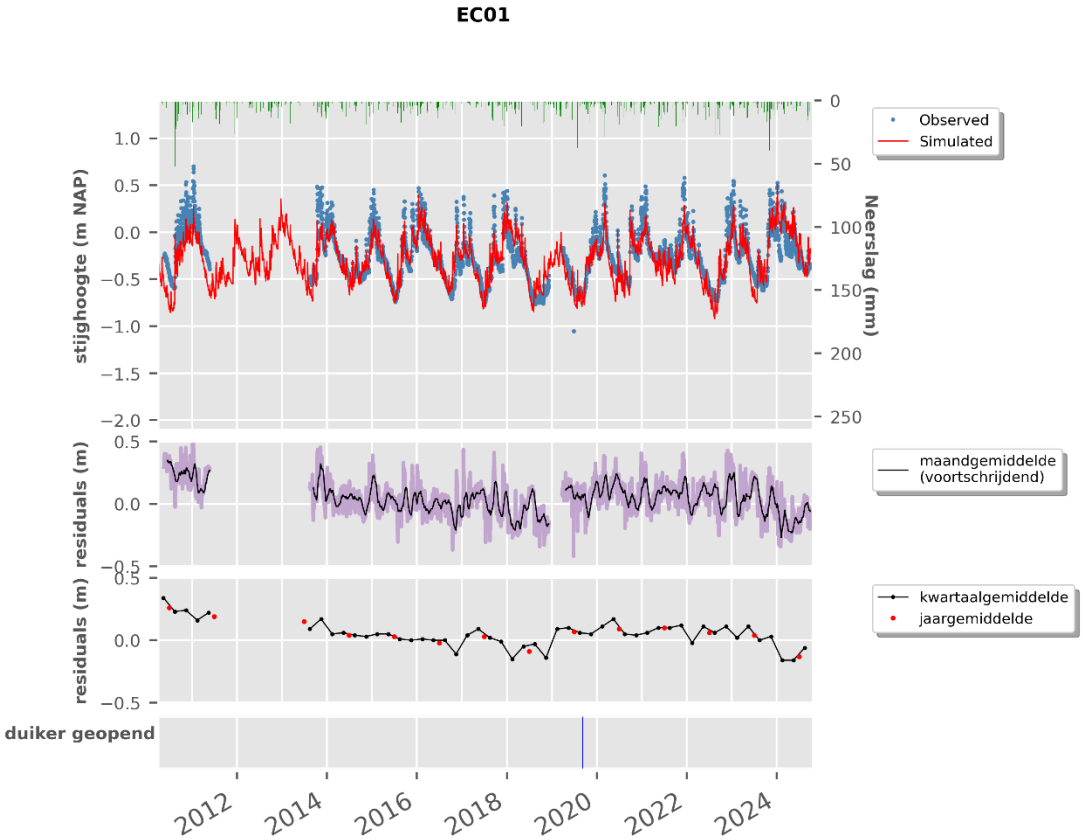




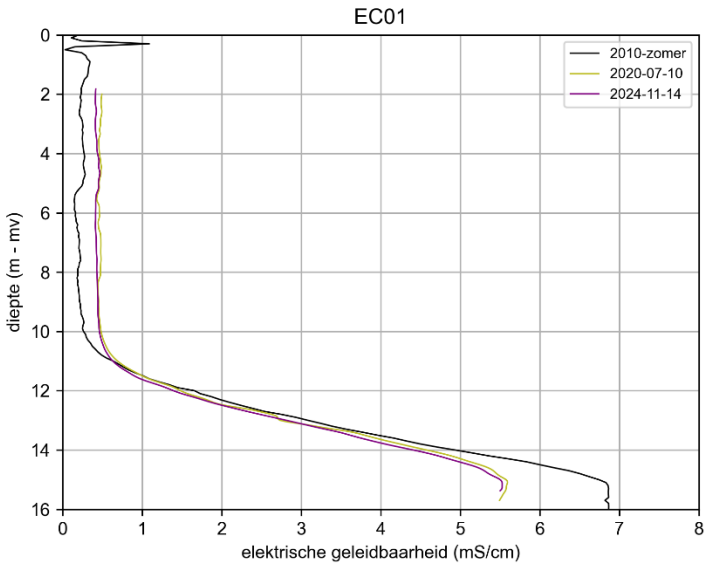
Gemeten stijghoogte (incl. handmetingen):
De meting van EC-01 heeft sinds juni 2023 last van een licht ‘dwalende diver’, waarbij de continue diver-meting steeds iets verder gaat afwijken van de daadwerkelijke (hand-) meting. De stijghoogte is eind 2024 maximaal 10 cm hoger dan nu in de meting te zien is.



Tijdreeksanalyse:



Overgangsdiepte zoet-brak grondwater (EM-SlimFlex metingen)



D.2 EC02

Locatie meetpunt

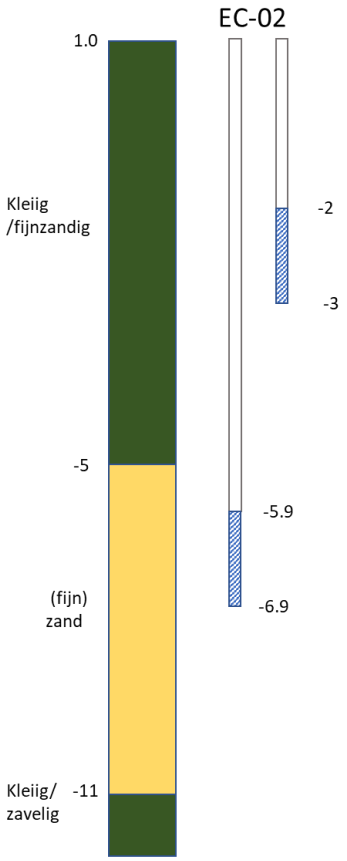
Meetlocatie EC--02 ligt in de Gerard de Moorpolder, op afstand van 70 ten zuiden van de sloot langs de Puijendijk. De maaiveldhoogte is ca. ca. NAP +1.0 m.

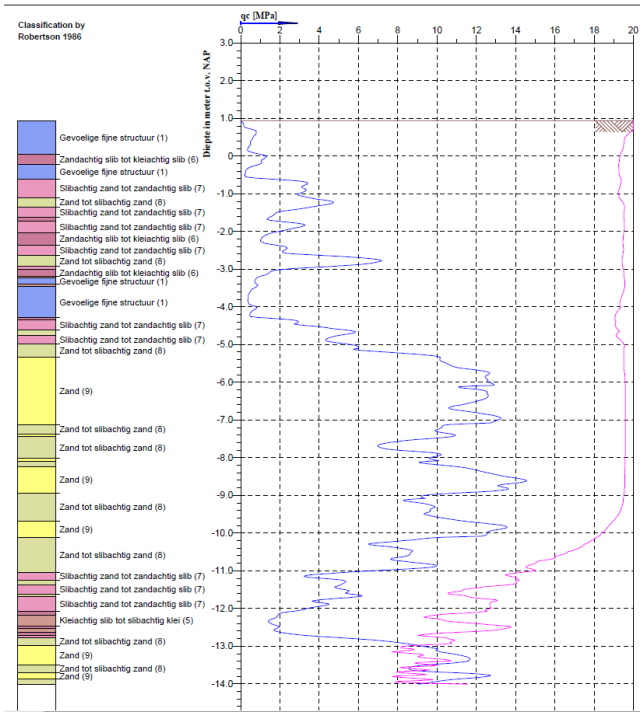
Gegevens peilbuizen

Meetpunt	Bovenkant filter (m t.o.v. NAP)	Onderkant filter (m t.o.v. NAP)	Einddiepte (m t.o.v. NAP)	Chloridegehalte(mg/l)	
				2011	2016[2]
EC-02	-5.9 (diep) ca. -2 (ondiep)	-6.9 (diep) ca. -3 (ondiep)	-14.1	82 48	50 - 100 ---

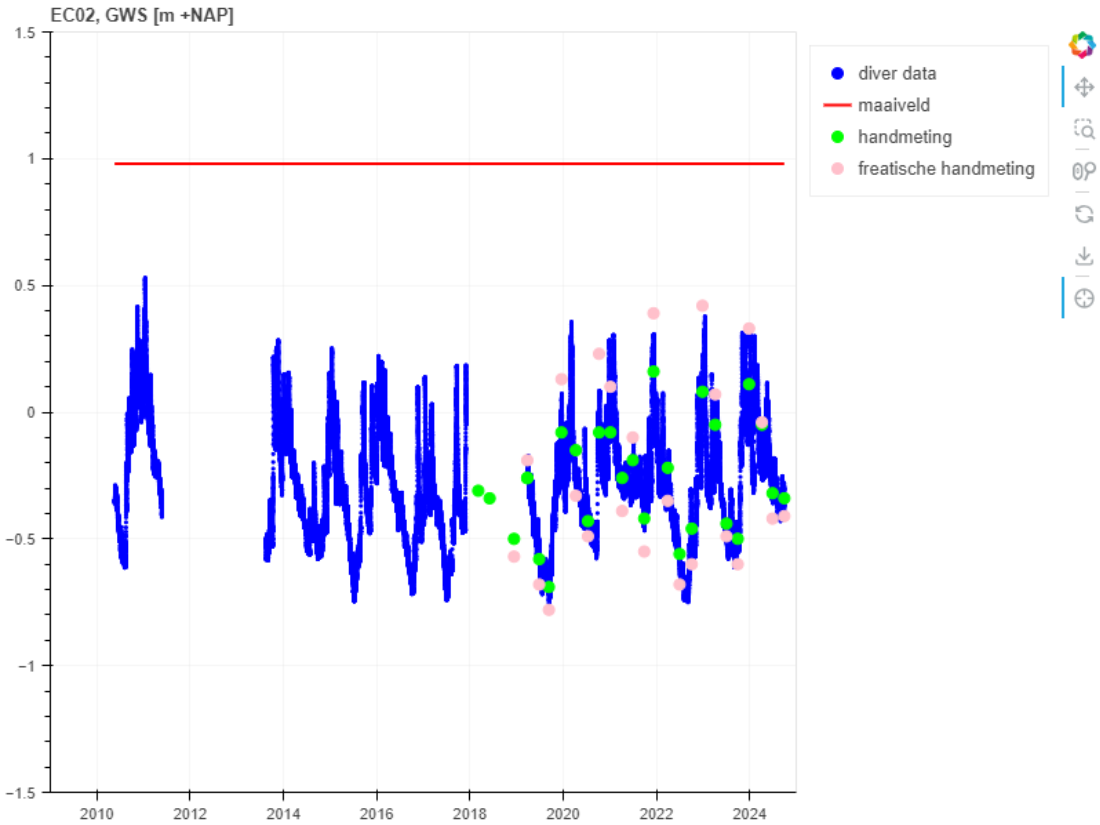
[2] Het chloridegehalte in 2016 is niet rechtstreeks gemeten maar afgeleid uit een betrouwbare meting van het elektrisch geleidingsvermogen (EGV).

Schematische voorstelling bodemopbouw en diepte peilbuizen (links). Rechts: Bodemopbouw en geleiding volgens EC-sonderingen. De geleiding is de roze lijn, een uitslag naar links betekent een hogere geleiding (zouter).

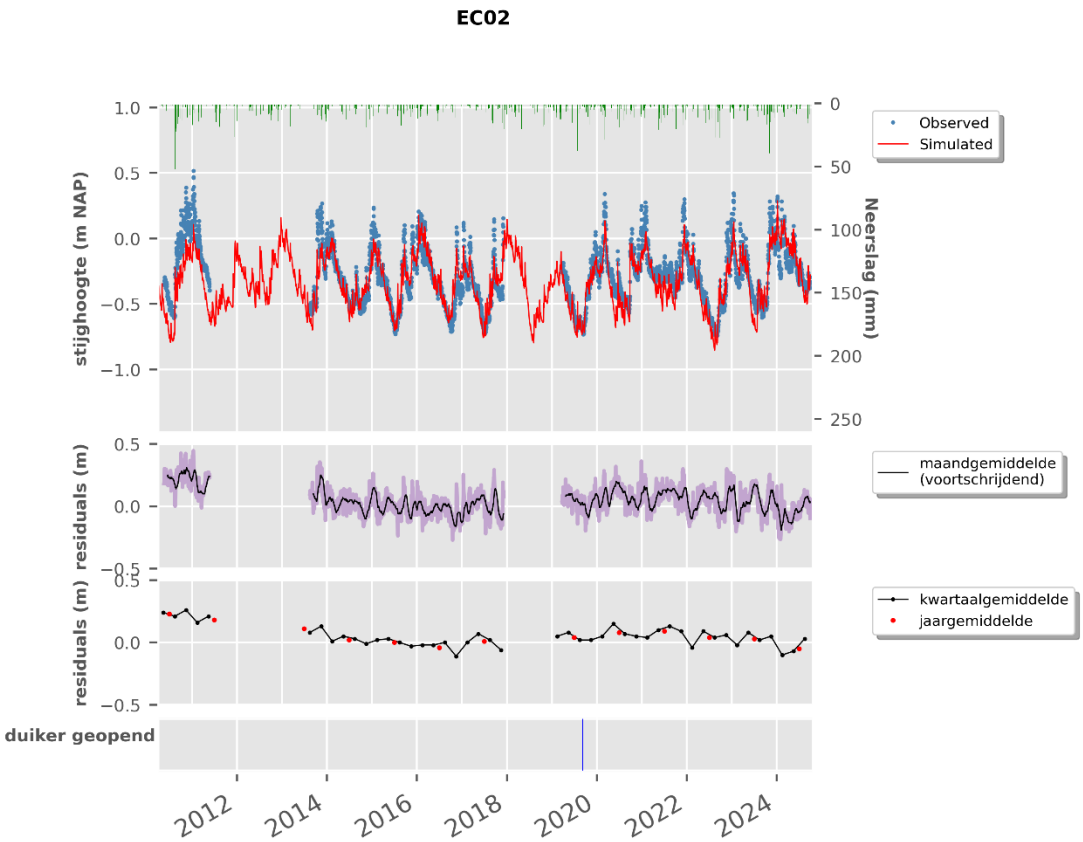




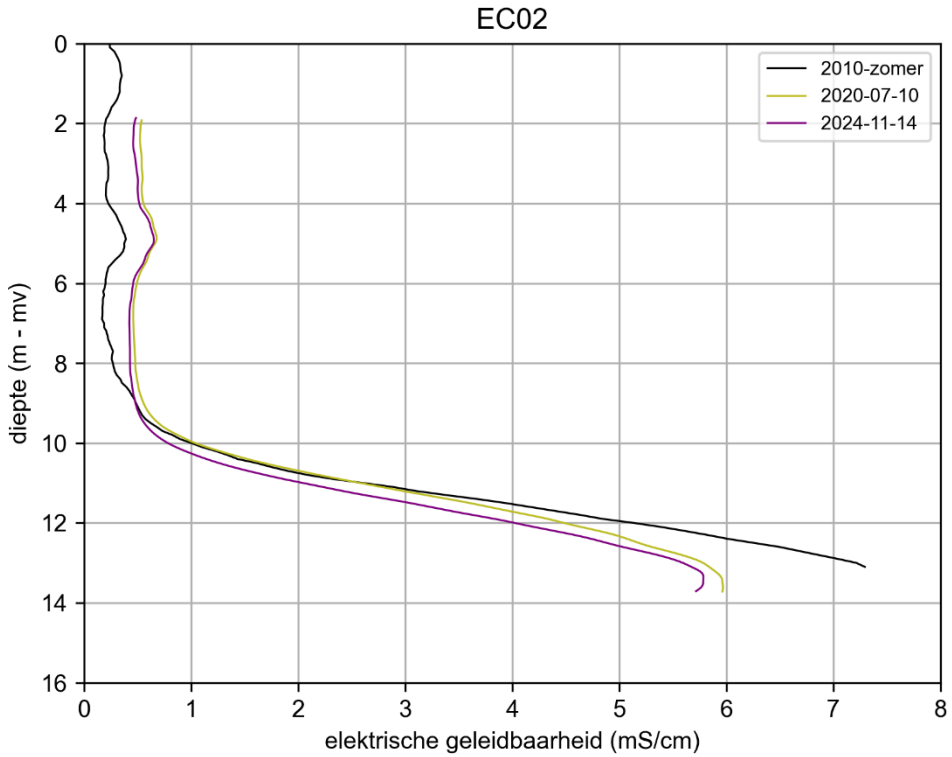
Gemeten stijghoogte (incl. handmetingen):



Tijdreeksanalyse:



Overgangsdiepte zoet-brak grondwater (EM-SlimFlex metingen)



D.3 EC03

Locatie meetpunt

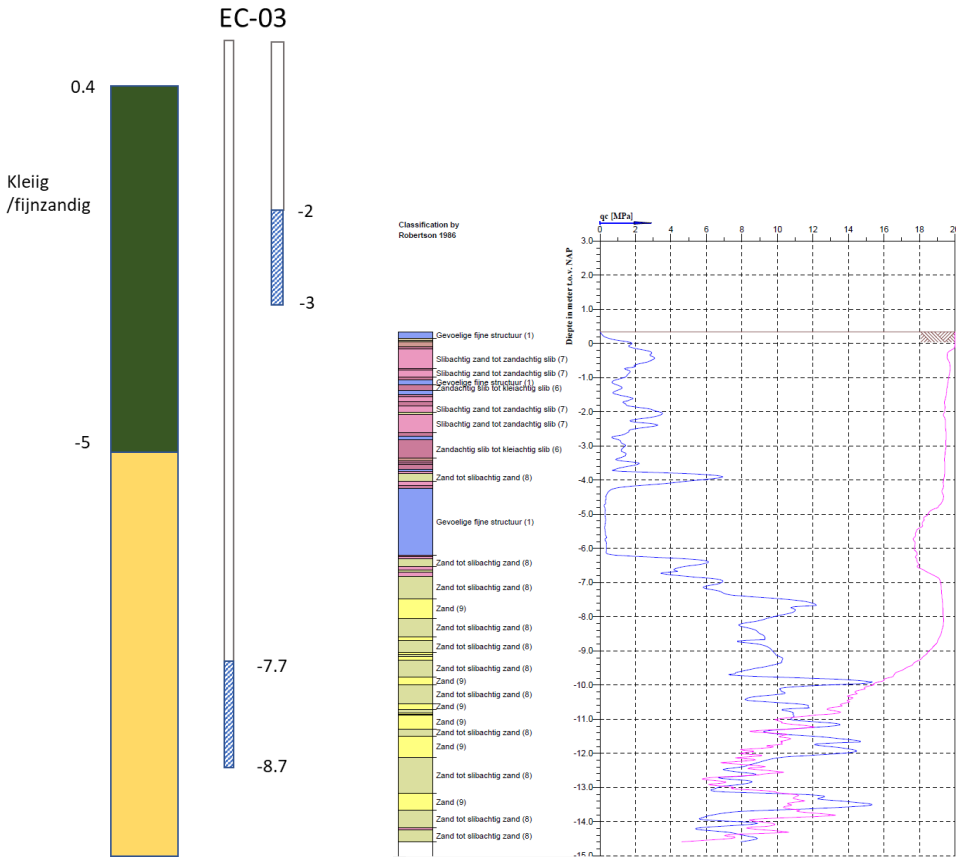
Meetlocatie EC-03 ligt in de Gerard de Moorpolder, op afstand van 15m ten zuiden van de sloot langs de Puijendijk. De maaiveldhoogte is ca. NAP +0.4 m.

Gegevens peilbuizen

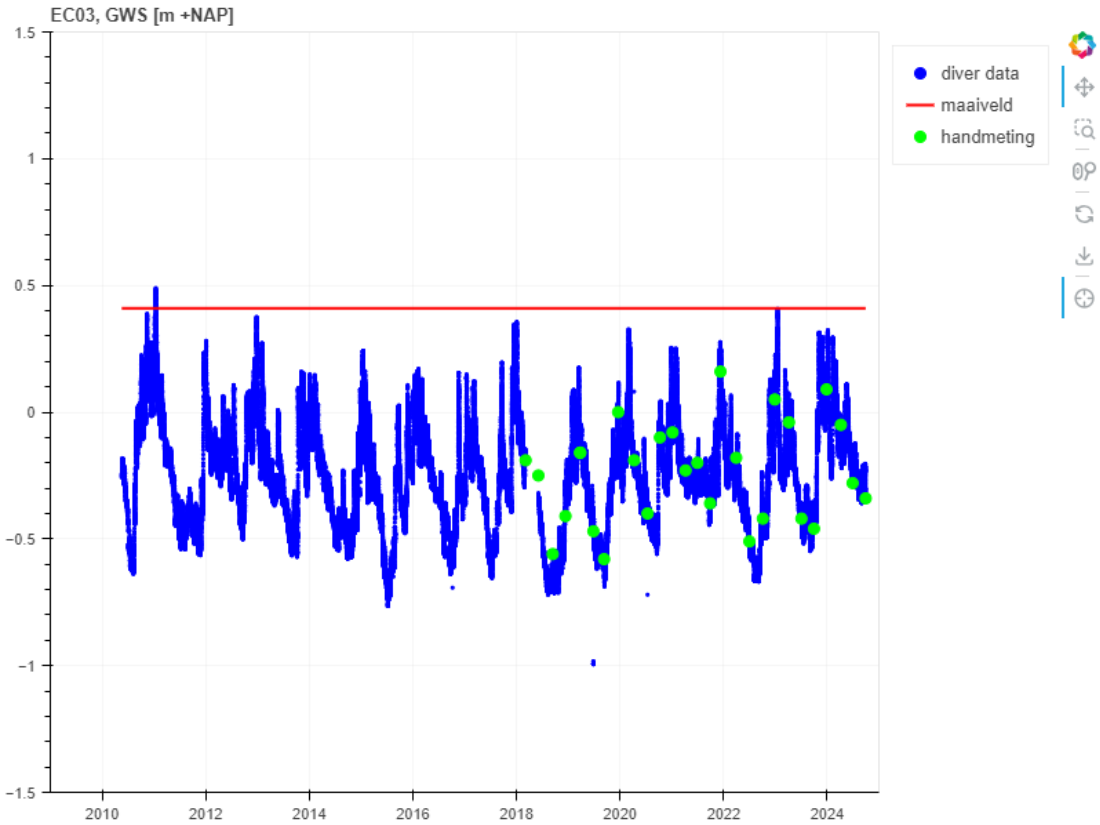
Meetpunt	Bovenkant filter (m t.o.v. NAP)	Onderkant filter (m t.o.v. NAP)	Einddiepte (m t.o.v. NAP)	Chloridegehalte(mg/l)	
				2011	2016[3]
EC-03	-7.7 (diep) ca. -2 (ondiep)	-8.7 ca. -3 (ondiep)	-13.7	930 200	1000 ± 25% ---

[3] Het chloridegehalte in 2016 is niet rechtstreeks gemeten maar afgeleid uit een betrouwbare meting van het elektrisch geleidingsvermogen (EGV).

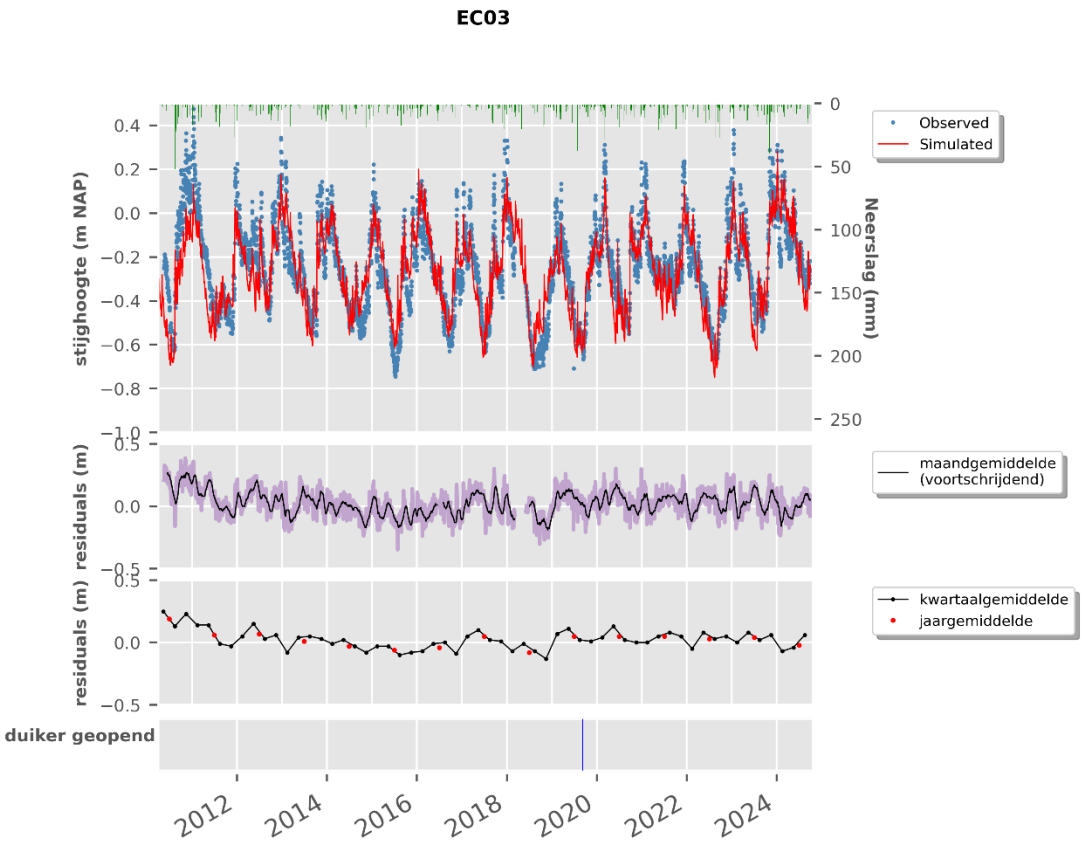
Schematische voorstelling bodemopbouw en diepte peilbuizen



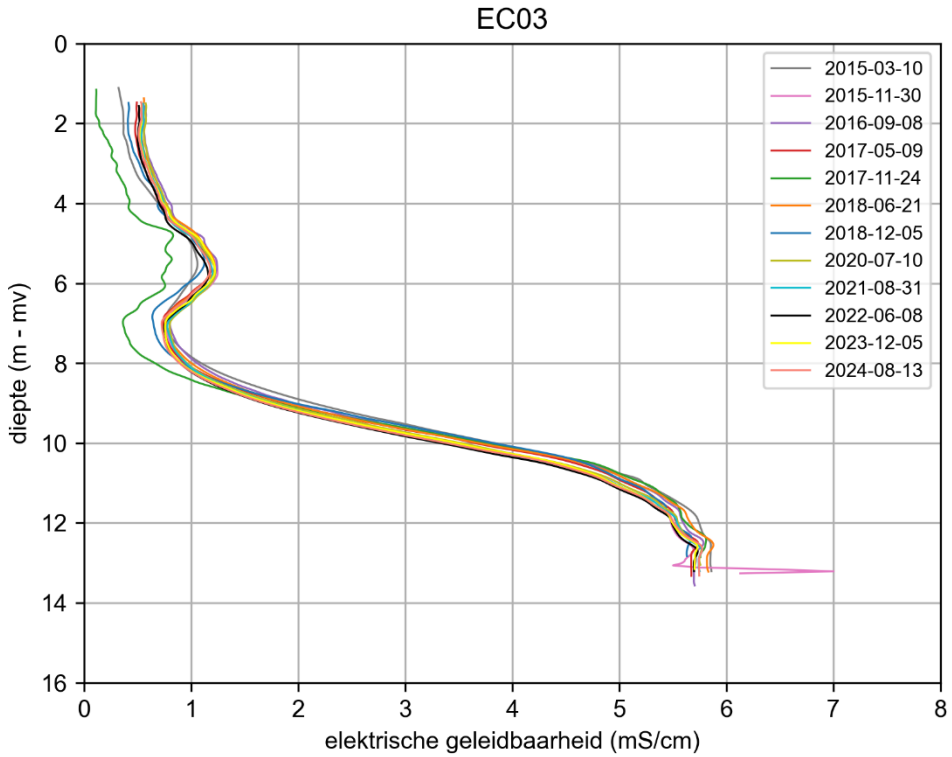
Gemeten stijghoogte (incl. handmetingen):



Tijdreeksanalyse:



Overgangsdiepte zoet-brak grondwater (EM-SlimFlex metingen)



D.4 EC04

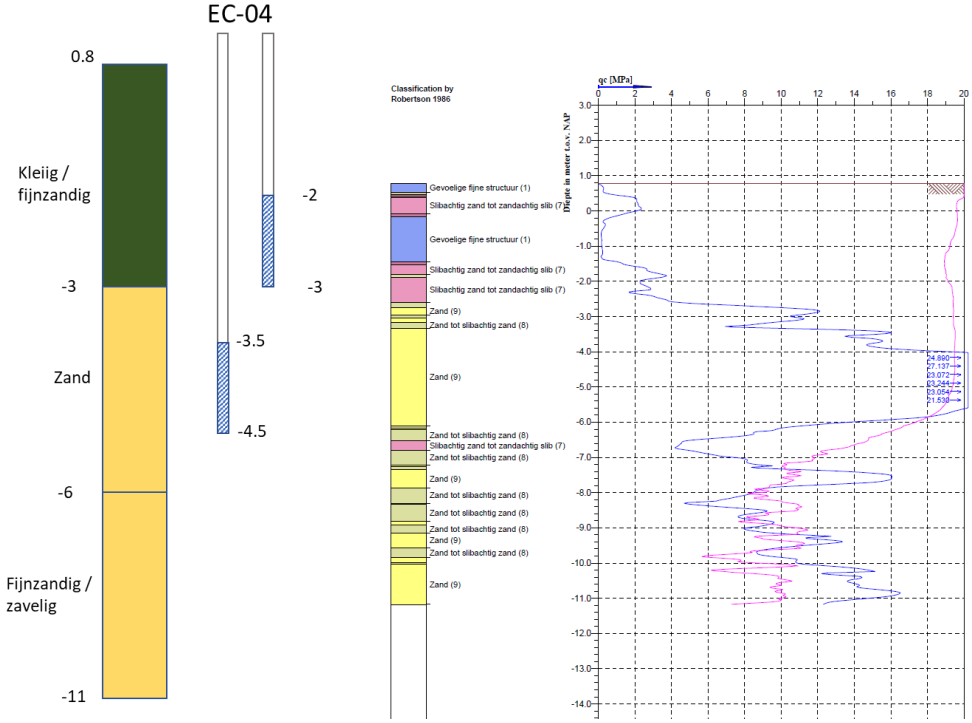
Locatie meetpunt

Meetlocatie EC-04 ligt in de Gerard de Moorpolder, op een afstand van 15 m ten zuiden van de sloot langs de Puijendijk. De maaiveldhoogte is ca. NAP +0.8 m.

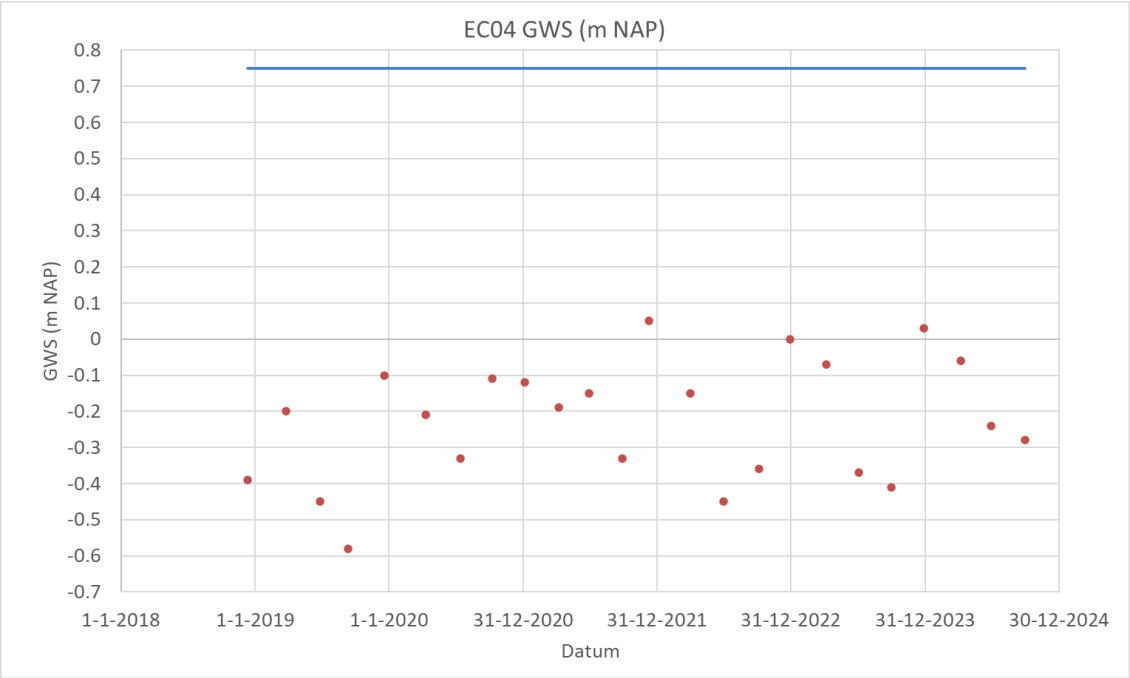
Gegevens peilbuis.

meetpunt	Bovenkant filter (m t.o.v. NAP)	Onderkant filter (m t.o.v. NAP)	Einddiepte (m t.o.v. NAP)	Chloridegehalte (mg/l)	
				2011	2016
EC-04	-3.5 (diep) ca. -2 (ondiep)	-4.5 (diep/dik) ca. -3 (ondiep/dun)	-10.3	800 / 1260 210 / 230	470 ---

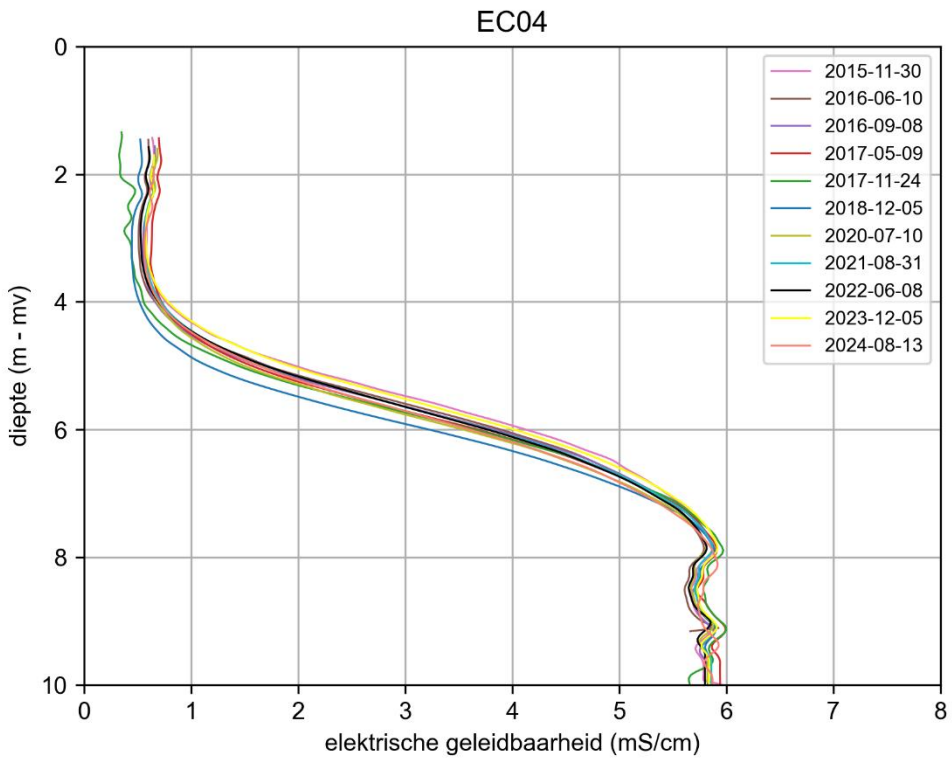
Links: schematische voorstelling bodemopbouw en diepte peilbuizen. Rechts: **Bodemopbouw en geleiding volgens EC-sondering. De geleiding is de roze lijn, een uitslag naar links betekent een hogere geleiding (zouter)**



Meetlocatie EC-04 is geen stijghoogtemeetpunt. Er worden wel handmatige peilingen verricht in de ondiepe buis, tijdens de boorgatmetingen, deze staan in de grafiek hieronder (rode cirkel). Het maaiveld is aangegeven met een blauwe lijn. Deze peilingen variëren ongeveer tussen NAP 0 m en NAP -0,7 m, en zijn vergelijkbaar met EC-03.



Overgangsdiepte zoet-brak grondwater (EM-SlimFlex metingen)



D.5 EC05

Locatie meetpunt

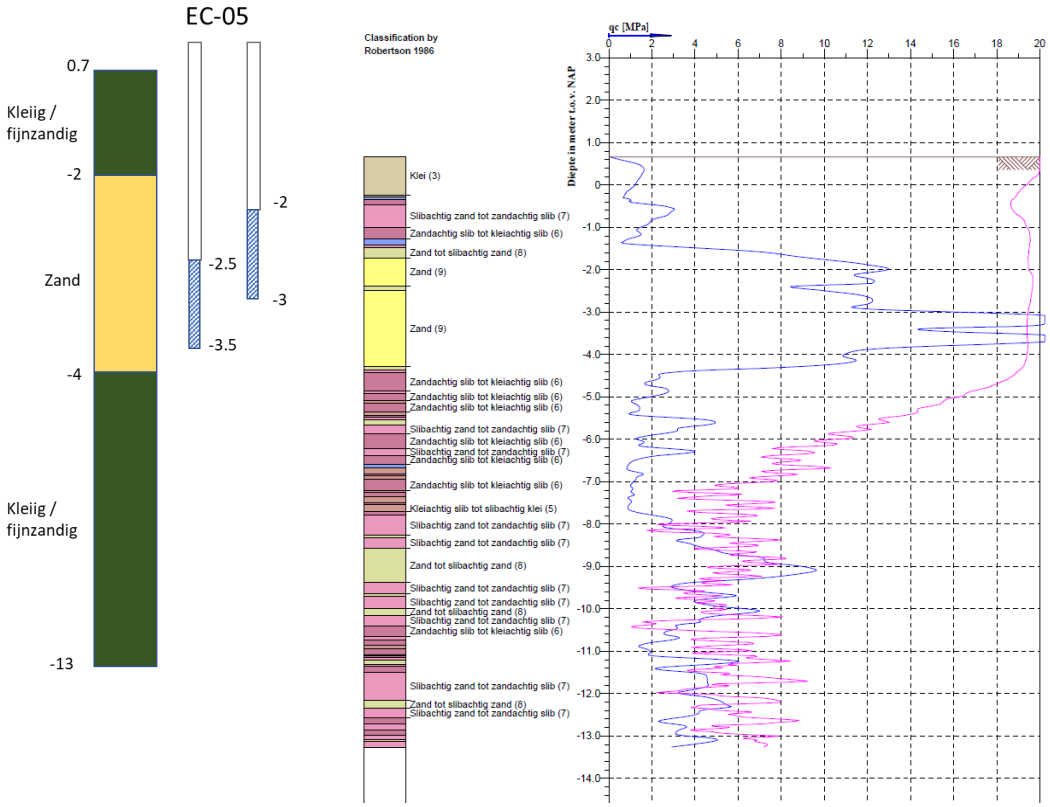
Meetlocatie EC-05 ligt in de Gerard de Moorpolder, op afstand van 30 m ten zuiden van de Puijendijk, en binnen 10 meter van de brede waterloop langs de Puijendijk. De maaiveldhoogte is ca. NAP +0.7 m.

Gegevens peilbuizen

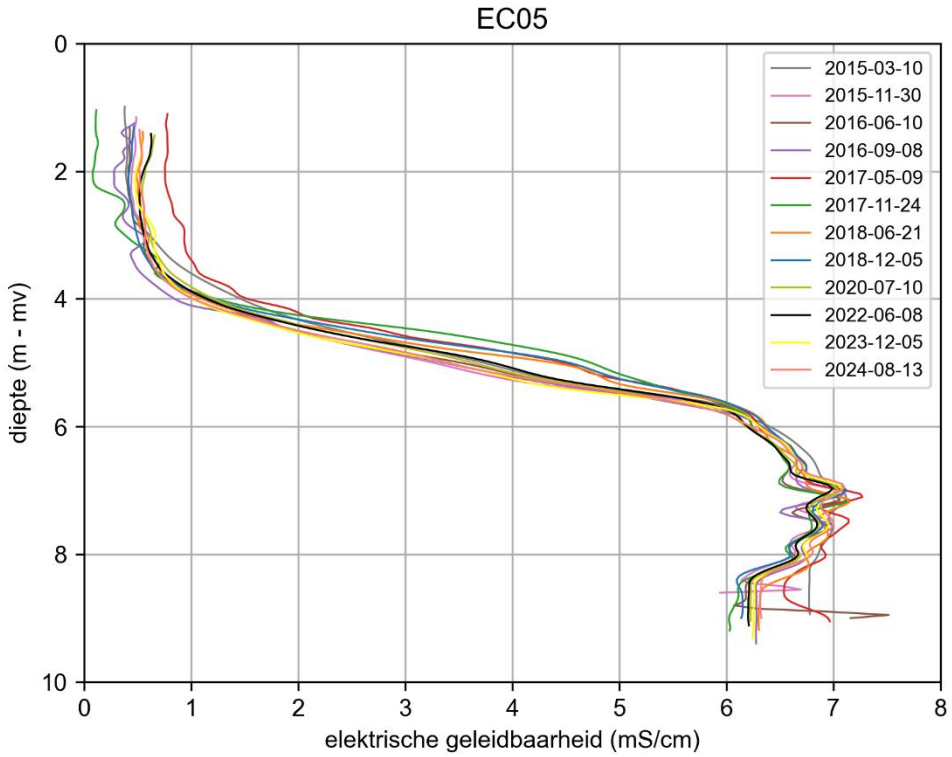
peilbuis	Bovenkant filter (m t.o.v. NAP)	Onderkant filter (m t.o.v. NAP)	Einddiepte (m t.o.v. NAP)	Chloridegehalte (mg/l)	
				2011	2016[4]
EC-05	-2.5 (diep) ca. -2 (ondiep)	-3.5 (diep) ca. -3 (ondiep)	-9.4	57 – 120 95	ca. 100 ---

[4] Het chloridegehalte in 2016 is niet rechtstreeks gemeten maar afgeleid op basis van een betrouwbare meting van het elektrisch geleidingsvermogen (EGV).

Links: schematische voorstelling bodemopbouw en diepte peilbuizen. Rechts: Bodemopbouw en geleiding volgens EC-sonderingen. De geleiding is de roze lijn, een uitslag naar links betekent een hogere geleiding (zouter).



Overgangsdiepte zoet-brak grondwater (EM-SlimFlex metingen)



D.6 EC06

Locatie meetpunt

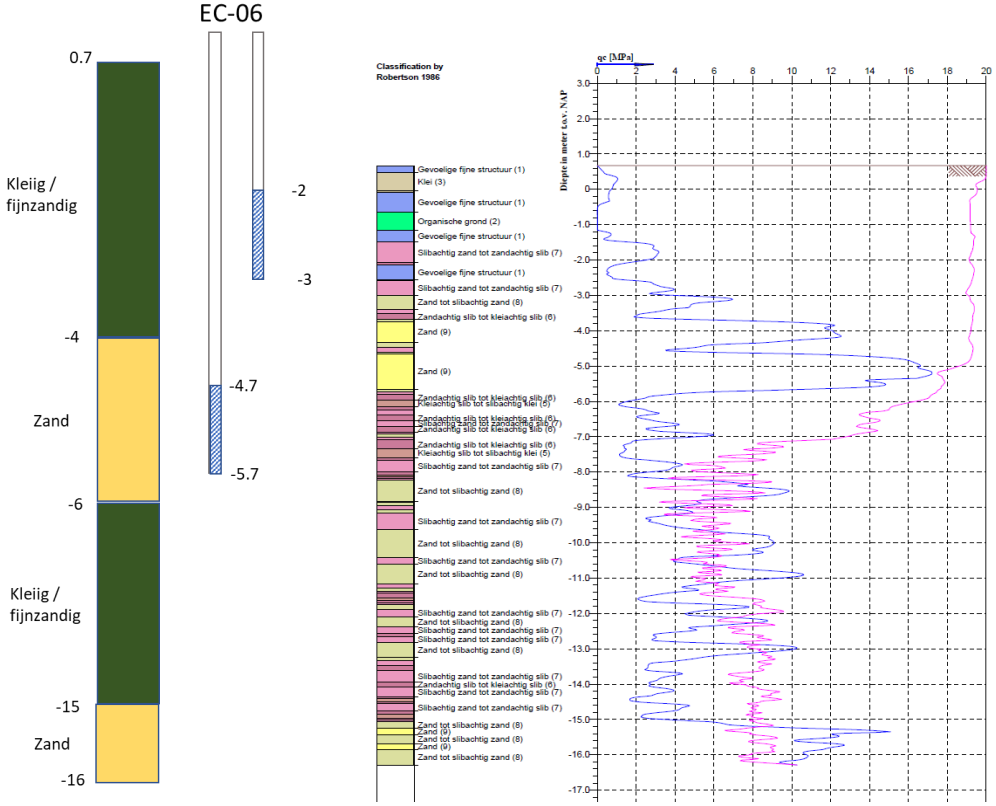
Meetlocatie EC-06 ligt in de Gerard de Moorpolder, op afstand van 30 m ten zuiden van de Puijendijk, en binnen 10 meter van de brede waterloop langs de Puijendijk. De maaiveldhoogte is ca. NAP +0.7 m.

Gegevens peilbuizen

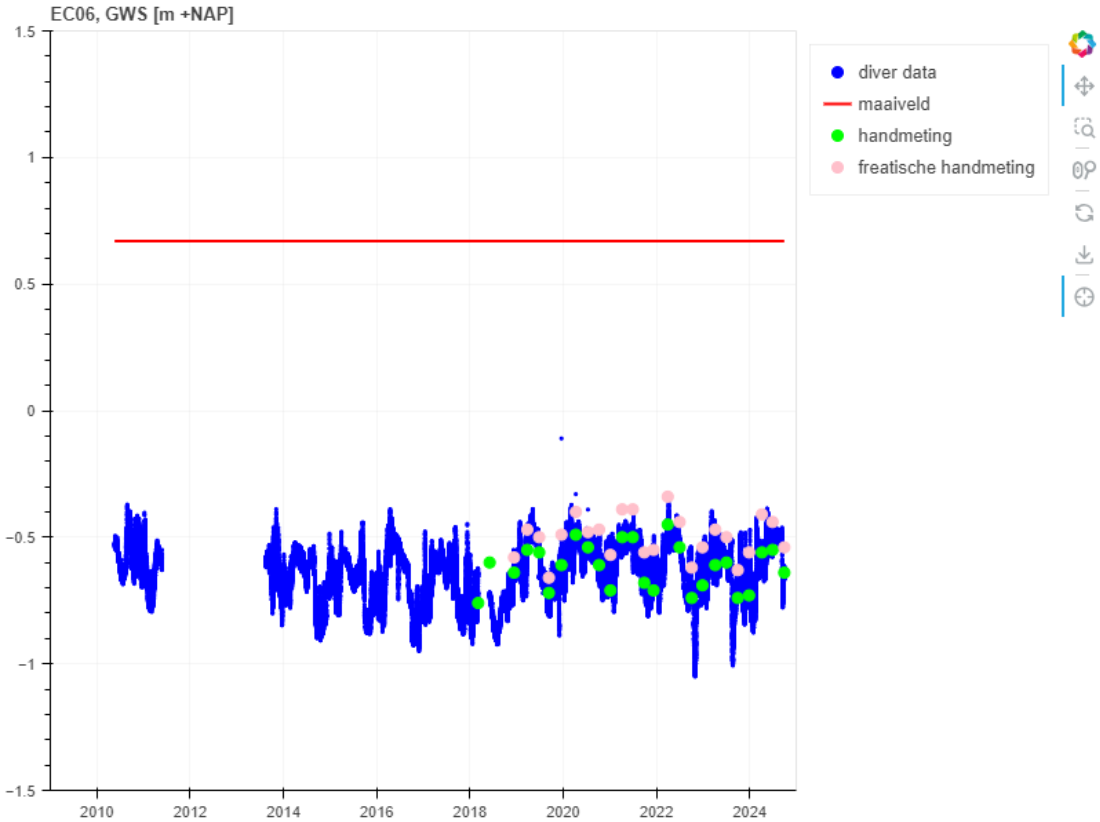
peilbuis	Bovenkant filter (m t.o.v. NAP)	Onderkant filter (m t.o.v. NAP)	Einddiepte (m t.o.v. NAP)	Chloridegehalte (mg/l)	
				2011	2016[5]
EC-06	-4.7 (diep) ca. -2 (ondiep)	-5.7 (diep) ca. -3 (ondiep)	-10.4	2800 130	4000 ± 10% ---

[5] Het chloridegehalte in 2016 is niet rechtstreeks gemeten maar afgeleid op basis van een betrouwbare meting van het elektrisch geleidingsvermogen (EGV).

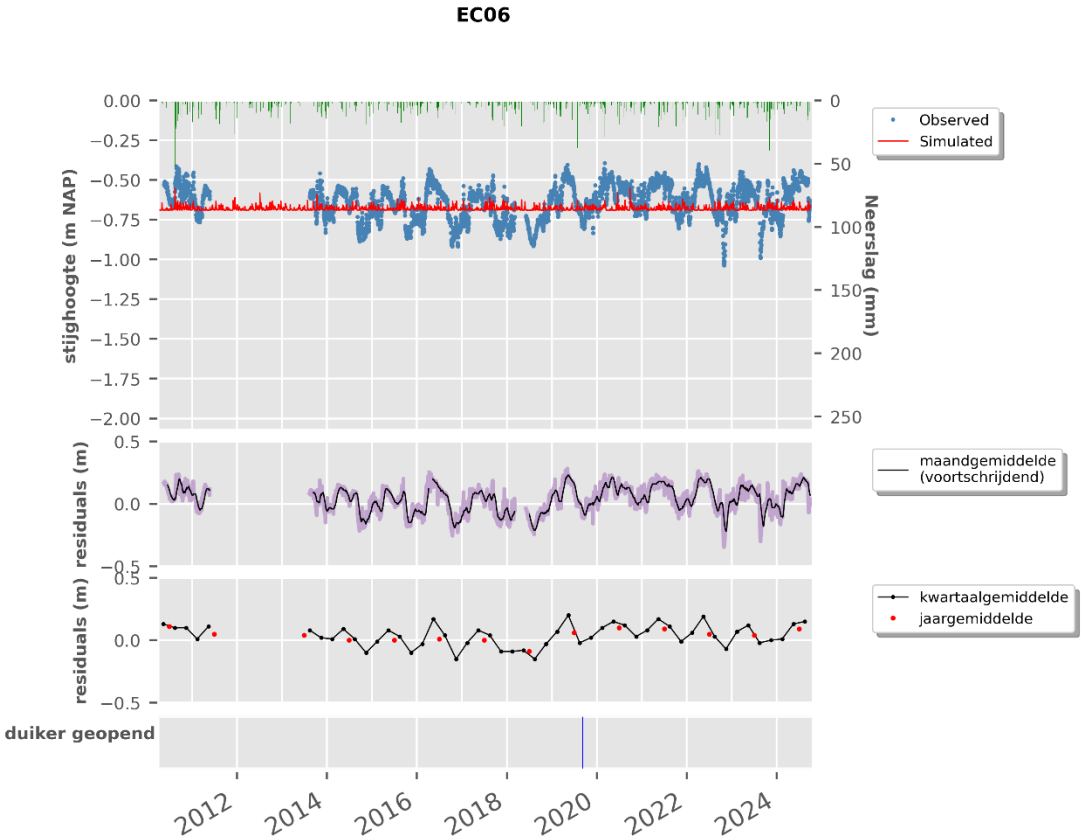
Links: schematische voorstelling bodemopbouw en diepte peilbuizen. Rechts: Bodemopbouw en geleiding volgens EC-sonderingen. De geleiding is de roze lijn, een uitslag naar links betekent een hogere geleiding (zouter).



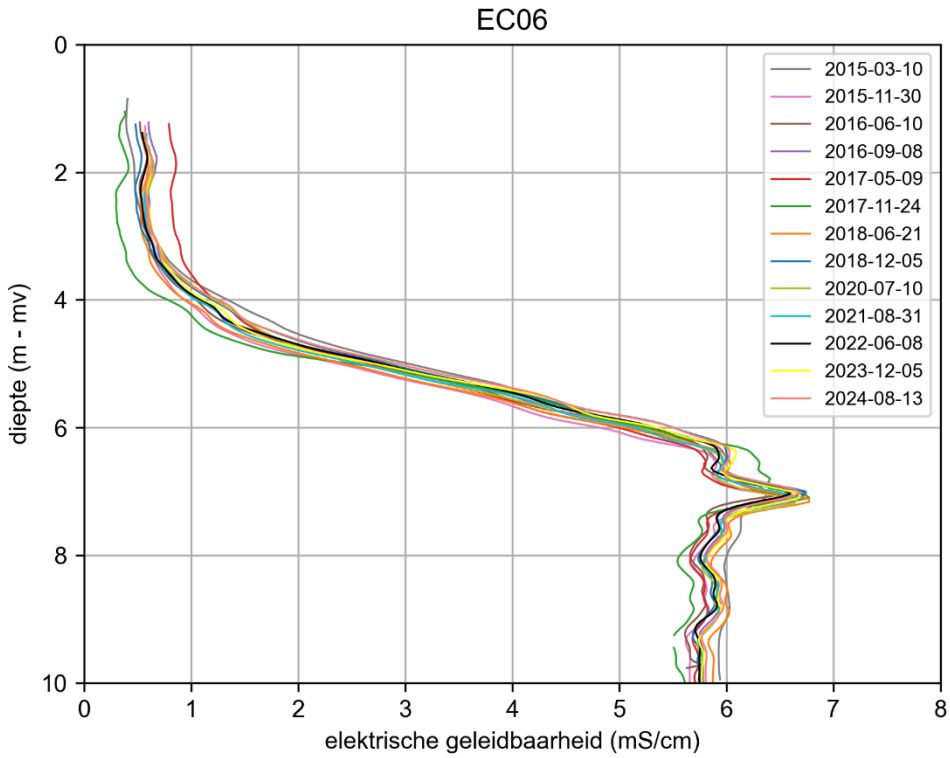
Gemeten stijghoogte (incl. handmetingen):



Tijdreeksanalyse:



Overgangsdiepte zoet-brak grondwater (EM-SlimFlex metingen)



D.7 EC07

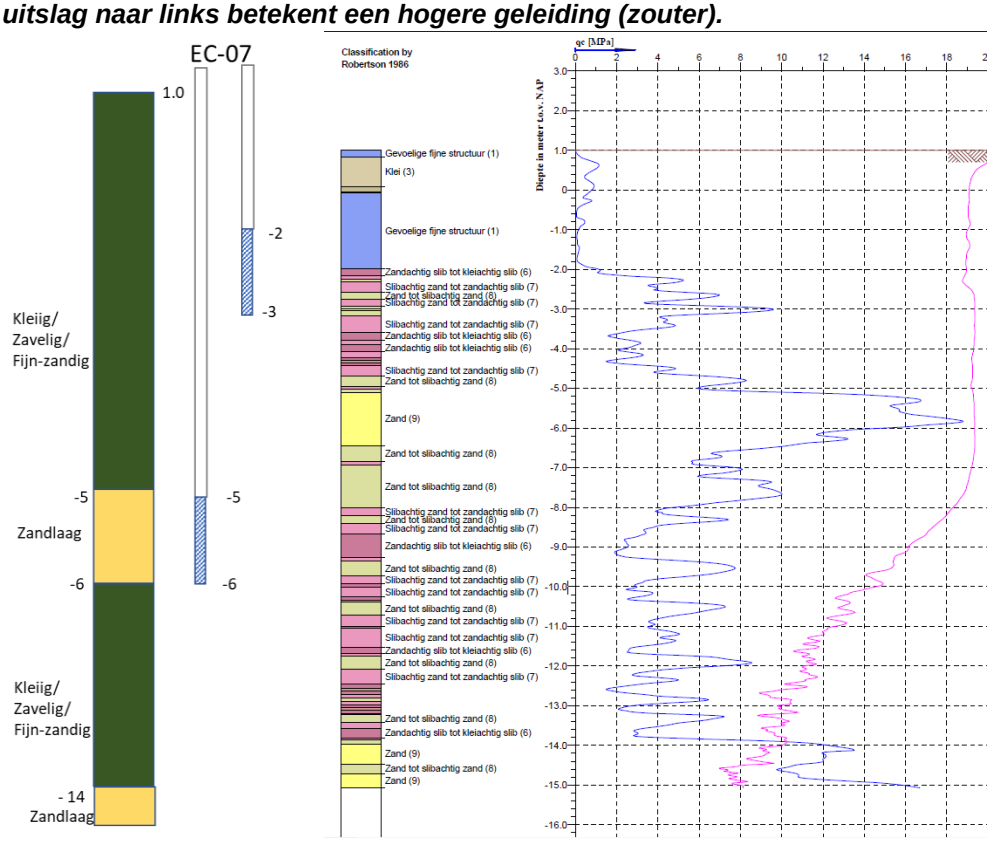
Locatie meetpunt

Meetlocatie EC-07 ligt in de Heerenpolder, op afstand van 170 m ten zuiden van de sloot langs de Nolletjesdijk. De maaiveldhoogte is NAP +1.0 m.

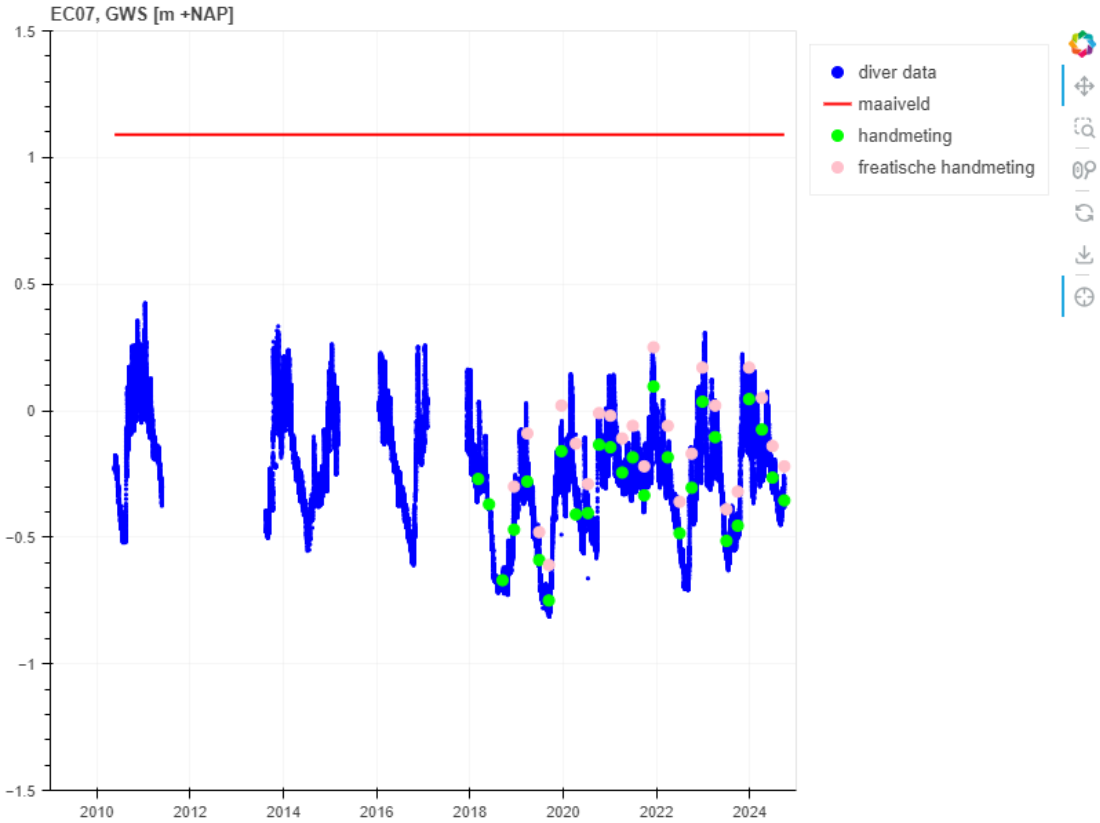
Gegevens peilbuizen

Meetpunt	Bovenkant filter (m t.o.v. NAP)	Onderkant filter (m t.o.v. NAP)	Einddiepte (m t.o.v. NAP)	Chloridegehalte (mg/l)	
				2011	2016
EC-07	-5.0 (diep) ca. -2 (ondiep)	-6.0 (diep) ca. -3 (ondiep)	-15.0	240 72	130 ---

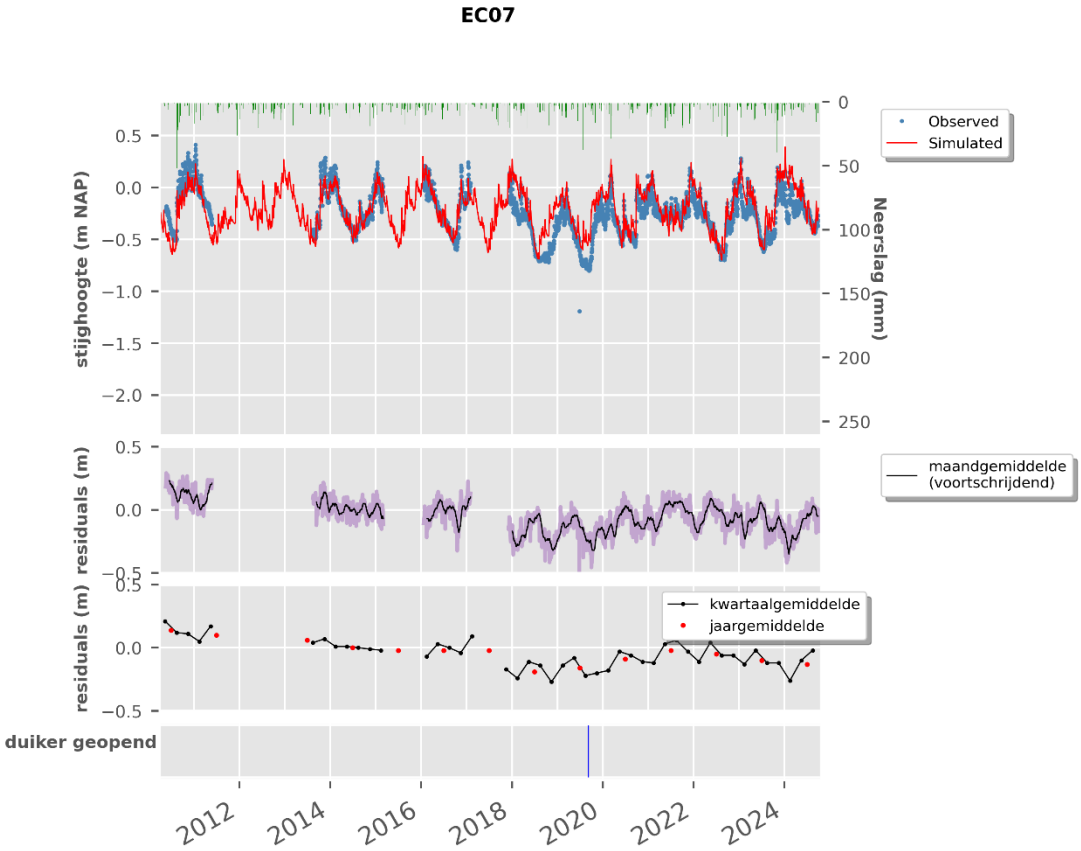
Links: schematische voorstelling bodemopbouw en diepte peilbuizen. Rechts: Bodemopbouw en geleiding volgens EC-sonderingen. De geleiding is de roze lijn, een uitslag naar links betekent een hogere geleiding (zouter).



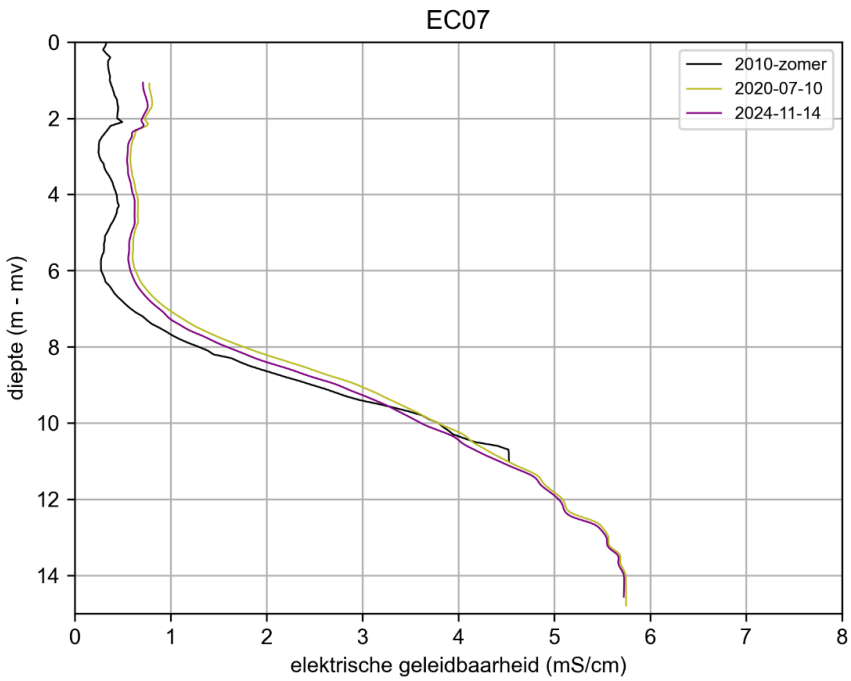
Gemeten stijghoogte (incl. handmetingen):



Tijdreeksanalyse:



Overgangsdiepte zoet-brak grondwater (EM-SlimFlex metingen)



D.8 EC08

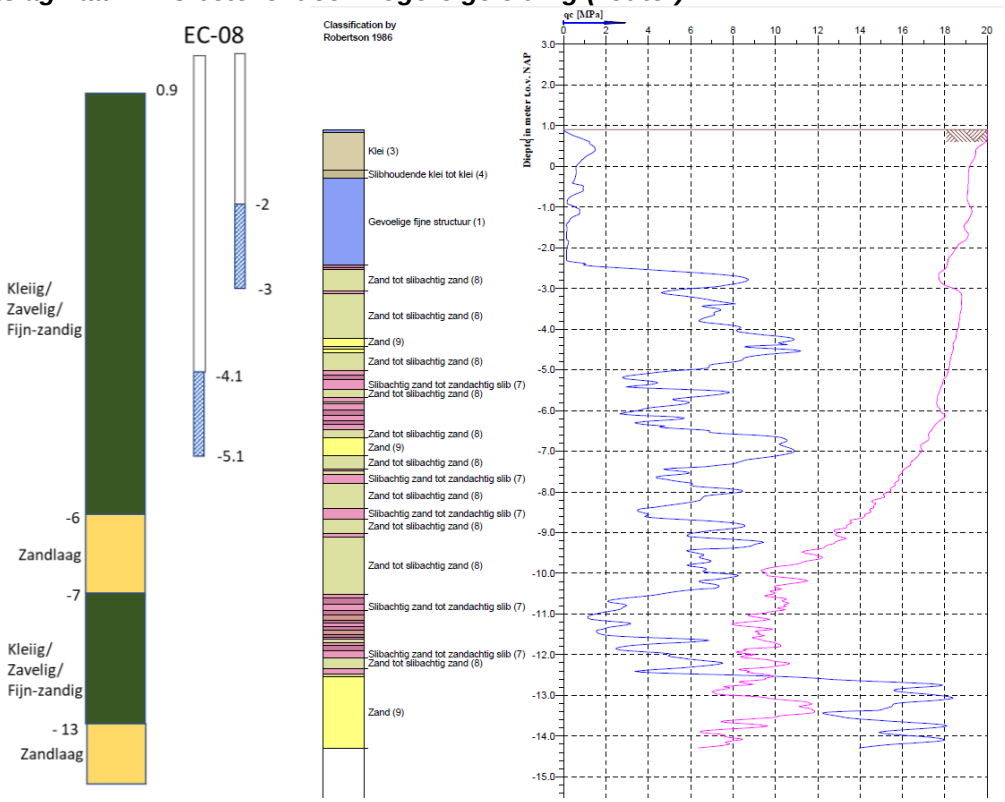
Locatie meetpunt

Meetlocatie EC-08 ligt in de Heerenpolder, op afstand van 75 m ten zuiden van de sloot langs de Nolletjesdijk. De maaiveldhoogte is NAP +0.9 m.

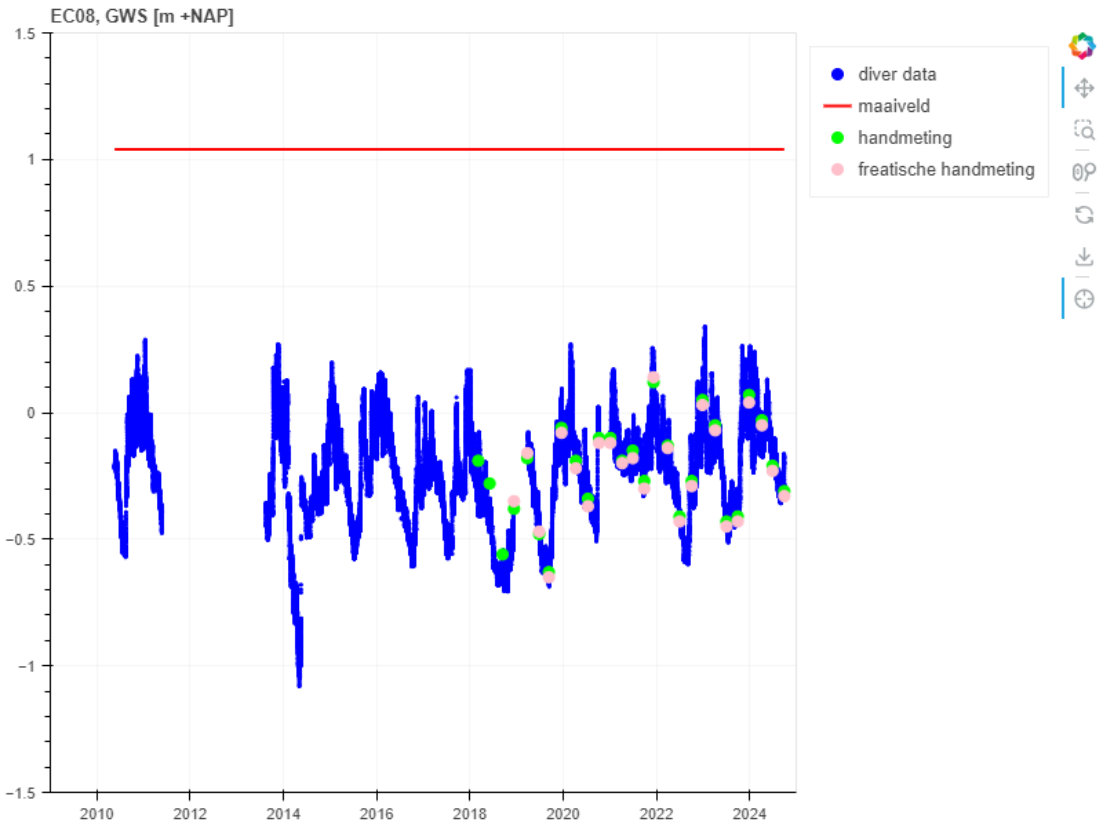
Gegevens peilbuizen

Meetpunt	Bovenkant filter (m t.o.v. NAP)	Onderkant filter (m t.o.v. NAP)	Einddiepte (m t.o.v. NAP)	Chloridegehalte (mg/l)	
				2011	2016
EC-08	-4.1 (diep) ca. -2 (ondiep)	-5.1 (diep) ca. -3 (ondiep)	-13.1	450	920 ---

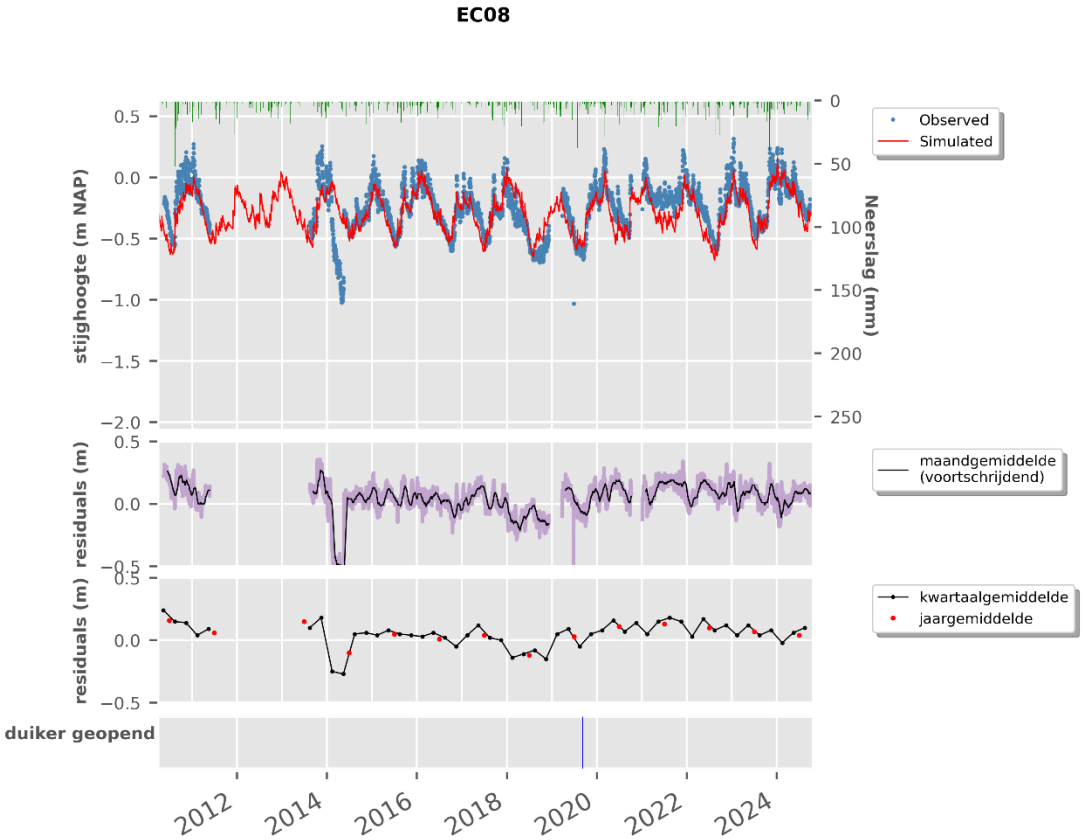
Links: schematische voorstelling bodemopbouw en diepte peilbuizen. Rechts: Bodemopbouw en geleiding volgens EC-sonderingen. De geleiding is de roze lijn, een uitslag naar links betekent een hogere geleiding (zouter).



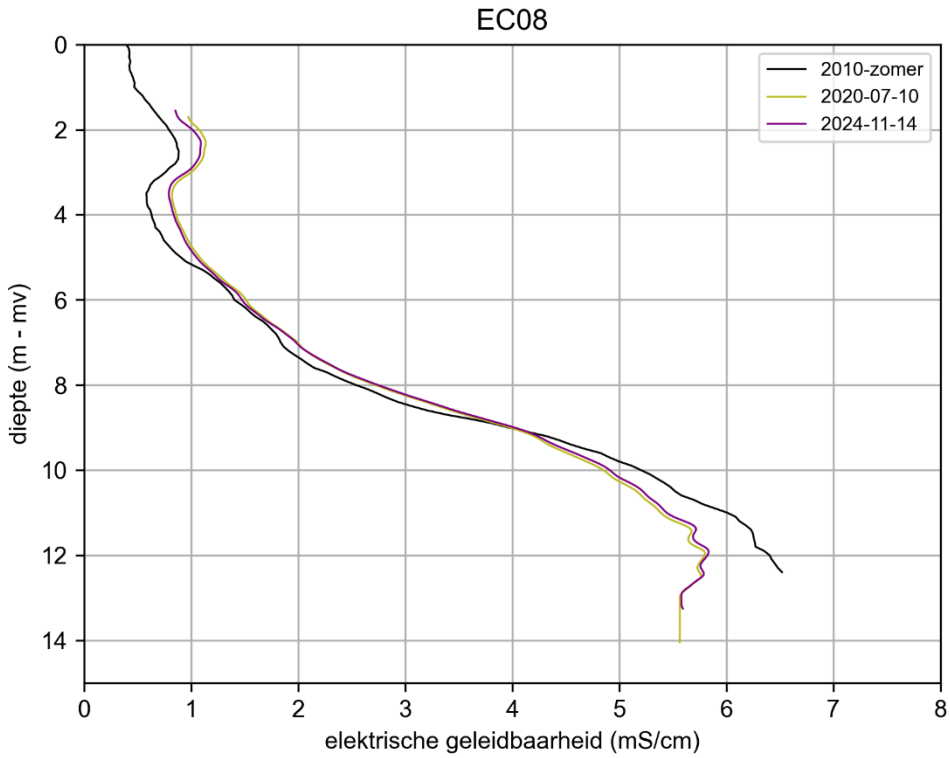
Gemeten stijghoogte (incl. handmetingen):



Tijdreeksanalyse:

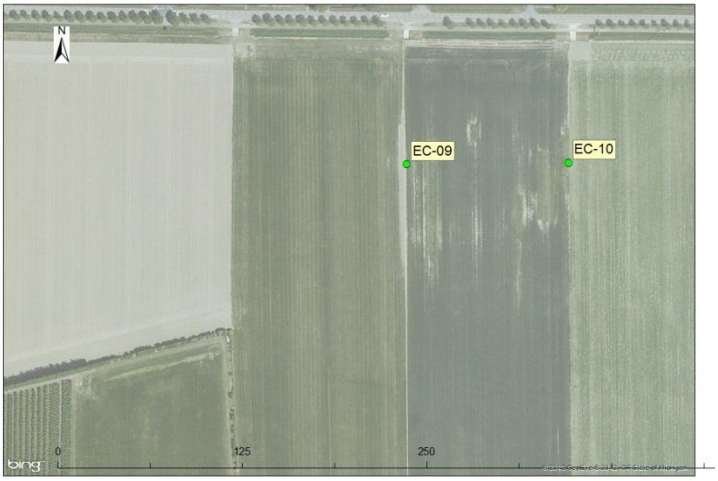


Overgangsdiepte zoet-brak grondwater (EM-SlimFlex metingen)



D.9 EC09

Locatie meetpunt



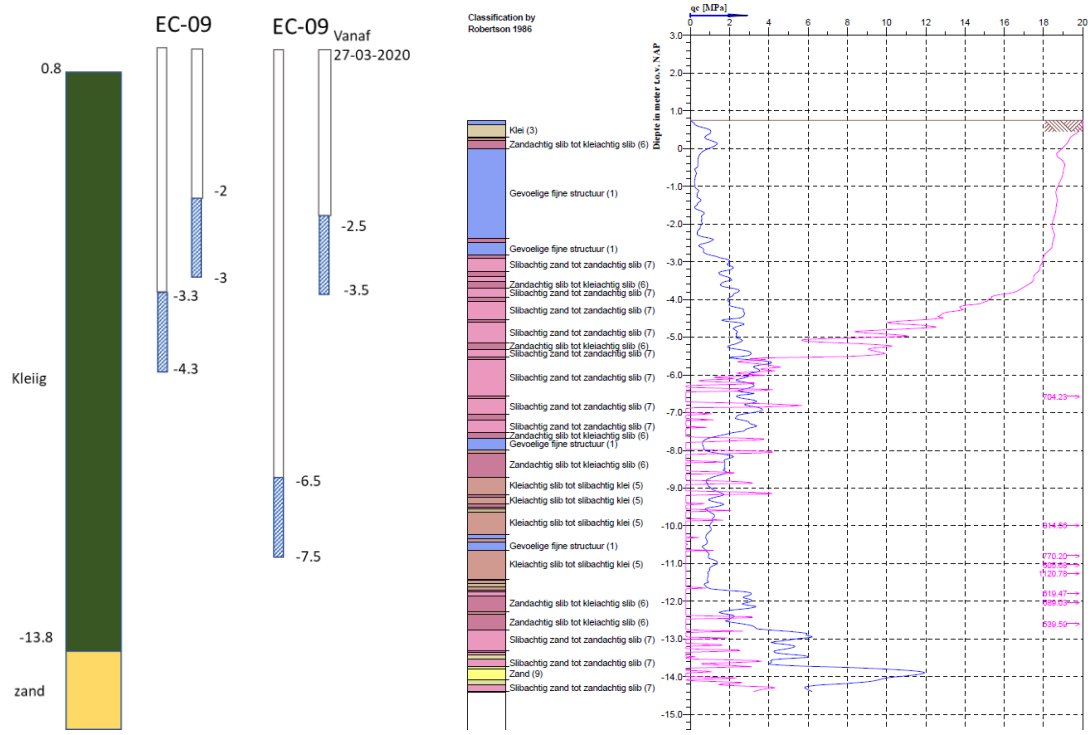
Meetlocatie EC-09 ligt ten westen van Breskens en ten zuiden van recreatiepark ’t Heem. De maaiveldhoogte is ca. NAP +0.8 m.

Gegevens peilbuizen

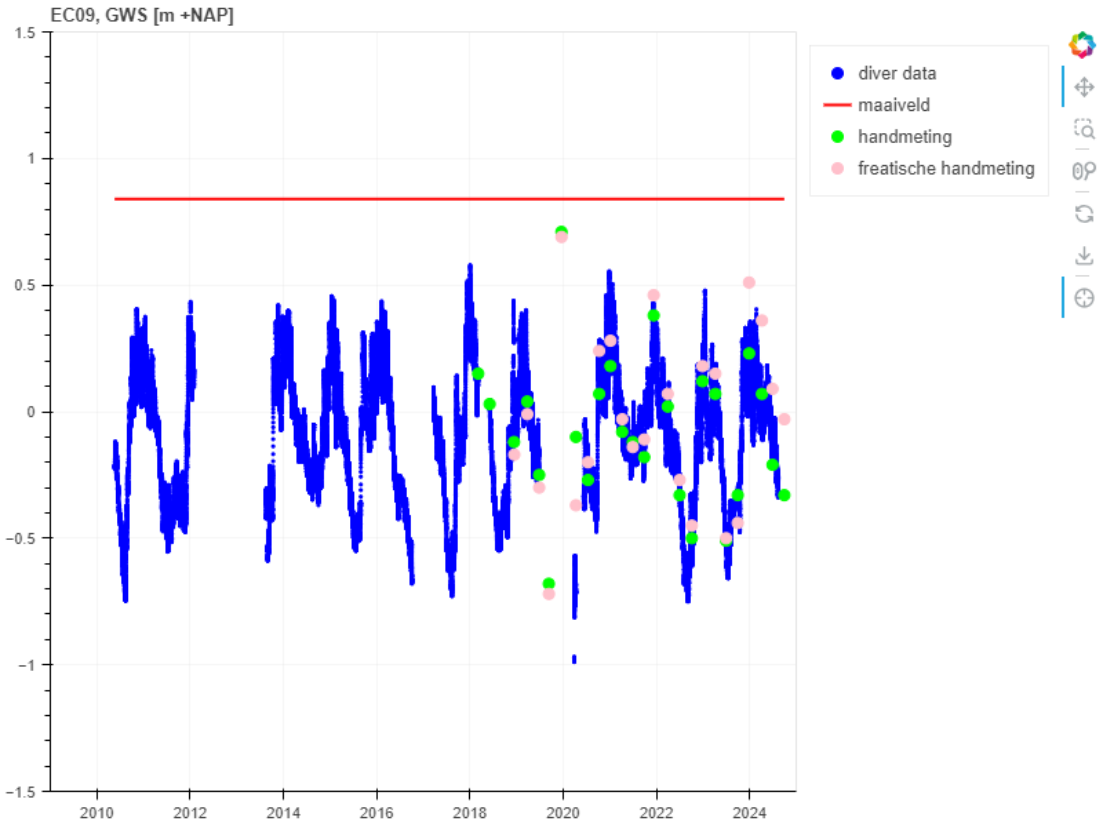
meetpunt	Bovenkant filter (m t.o.v. NAP)	Onderkant filter (m t.o.v. NAP)	Einddiepte (m t.o.v. NAP)	Chloridegehalte (mg/l) [6]	
				2011	*2016*
EC-09 (voór 2019)	-3.3 (diep) ca. -2 (ondiep)	-4.3 (diep) ca. -3 (ondiep)	-8.0	2100 1600	470 ---
EC-09 (na 27-03-20)	-6.5 (diep) ca. -2.5 (ondiep)	-7.5 (diep) ca. -3.5 (ondiep)	-7.5		

[6] De chloridemetingen zijn minder betrouwbaar dan de EM-metingen.

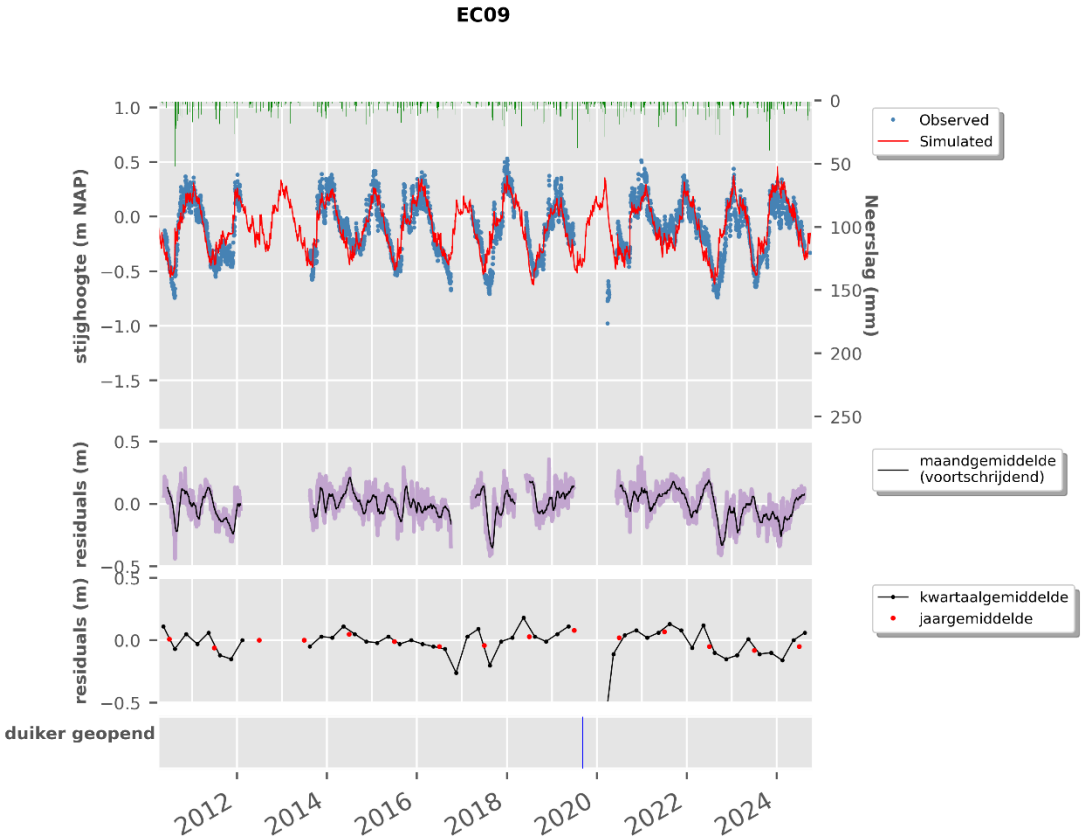
Links: schematische voorstelling bodemopbouw en diepte peilbuizen. Rechts: Bodemopbouw en geleiding volgens EC-sonderingen. De geleiding is de roze lijn, een uitslag naar links betekent een hogere geleiding (zouter).



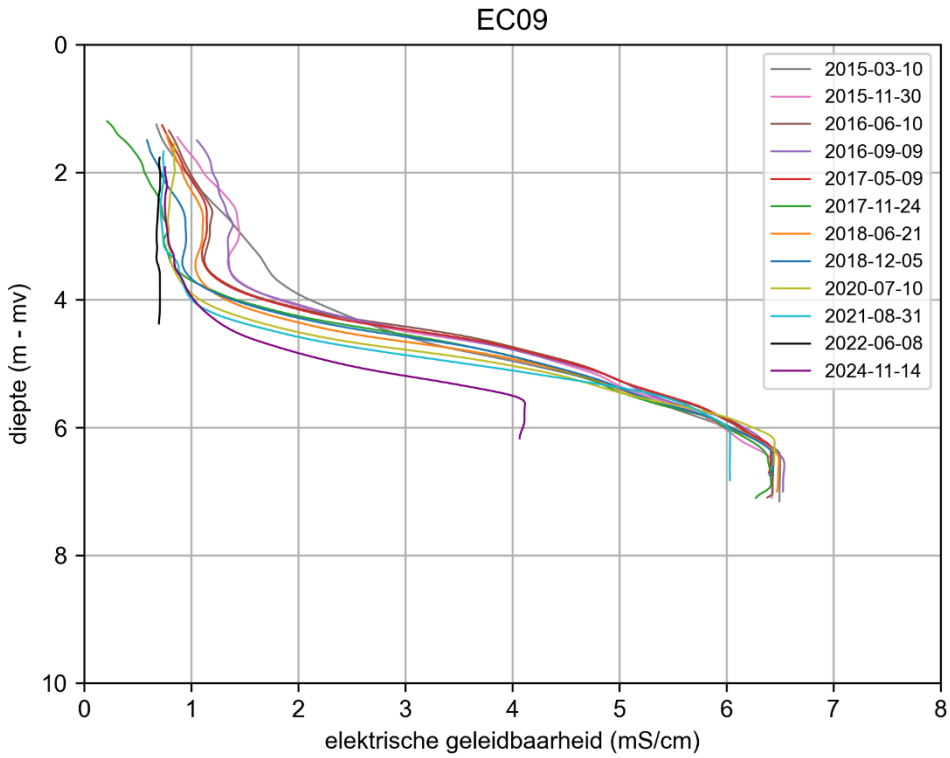
Gemeten stijghoogte (incl. handmetingen):



Tijdreeksanalyse:

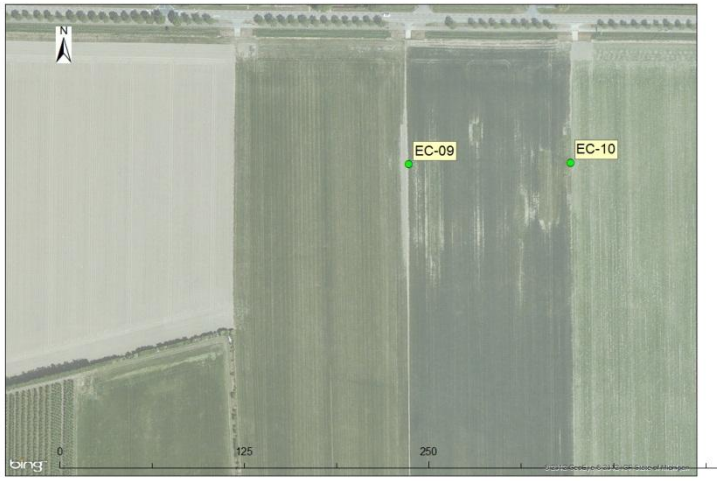


Overgangsdiepte zoet-brak grondwater (EM-SlimFlex metingen)



D.10 EC10

Locatie meetpunt



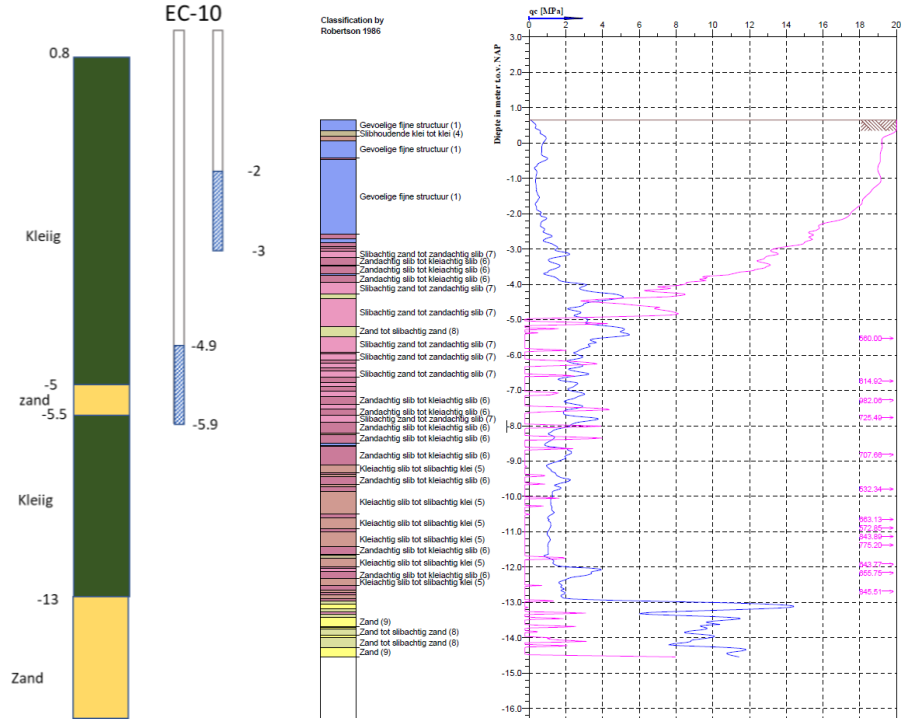
Meetlocatie EC-10 ligt ten westen van Breskens en ten zuiden van recreatiepark ’t Heem. De maaiveldhoogte is ca. NAP +0.8 m.

Gegevens peilbuizen

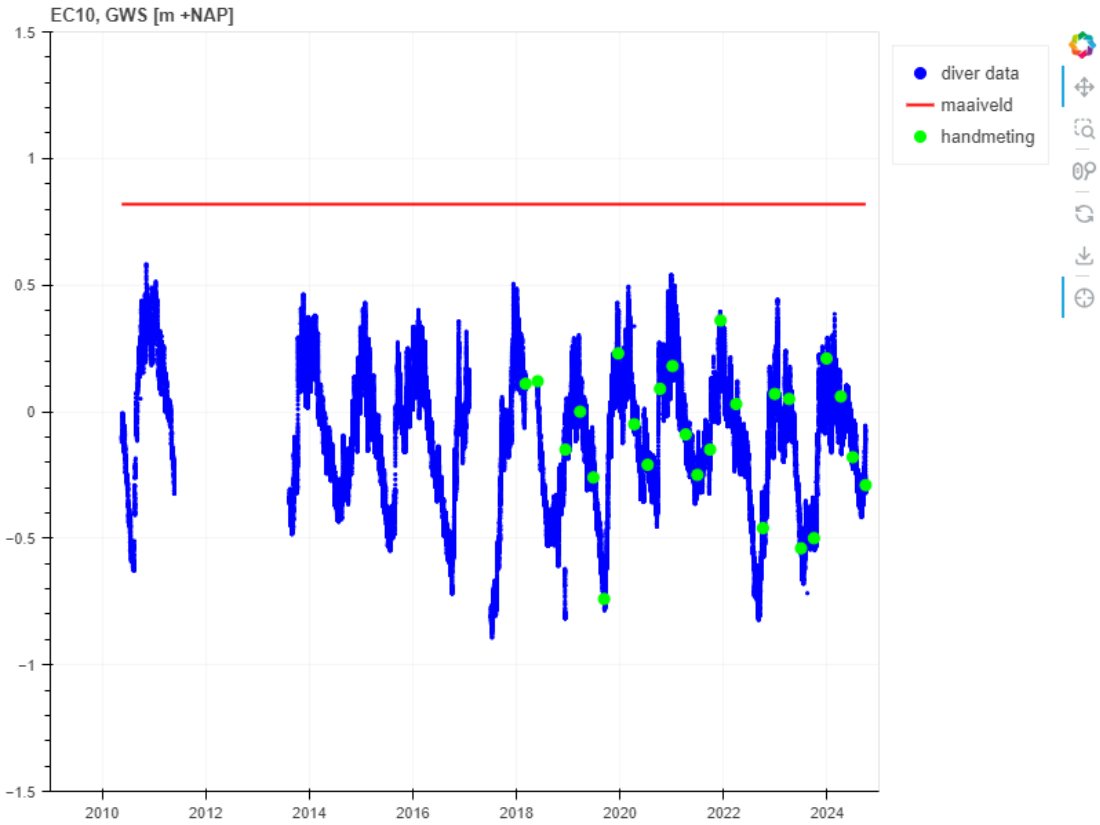
meetpunt	Bovenkant filter (m t.o.v. NAP)	Onderkant filter (m t.o.v. NAP)	Einddiepte (m t.o.v. NAP)	Chloridegehalte (mg/l) [7]	
				2011	*2016*
EC-10	-4.9 (diep) ca. -2 (ondiep)	-5.9 (diep) ca. -3 (ondiep)	-8.4	5400 1800	18.000 ---

[7] De chloridemetingen zijn minder betrouwbaar dan de EM-metingen.

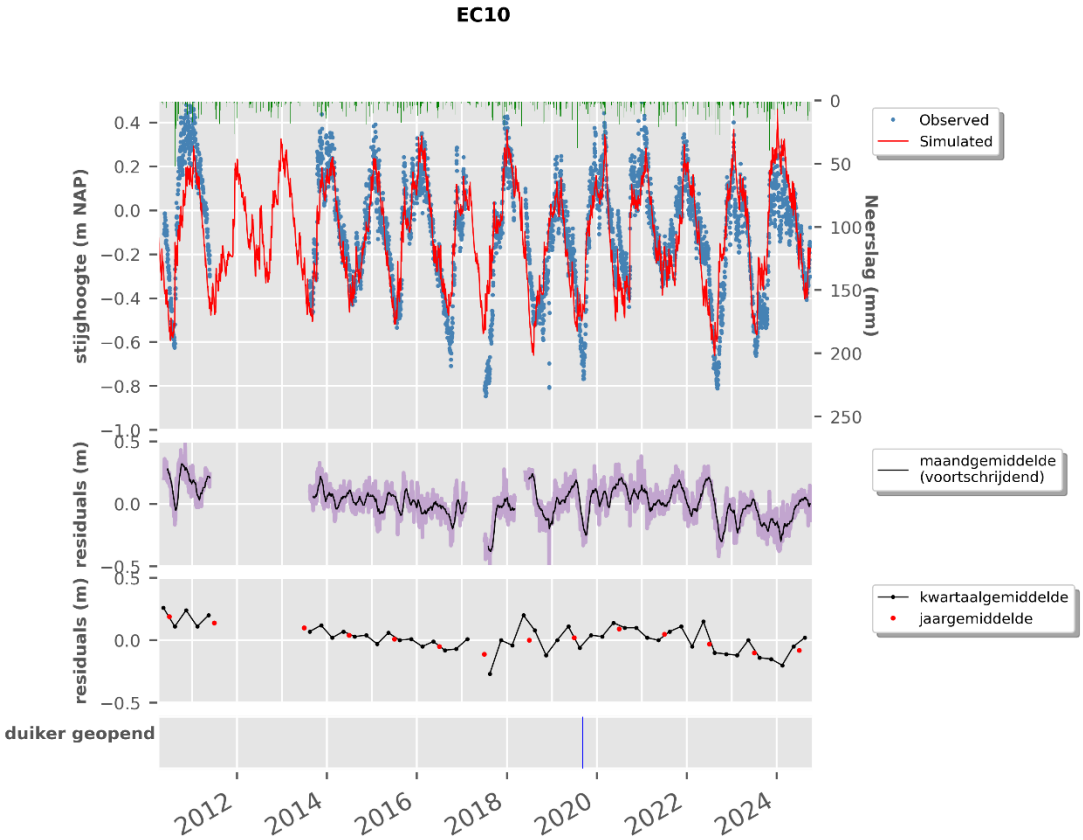
Links: schematische voorstelling bodemopbouw en diepte peilbuizen. Rechts: Bodemopbouw en geleiding volgens EC-sonderingen. De geleiding is de roze lijn, een uitslag naar links betekent een hogere geleiding (zouter).



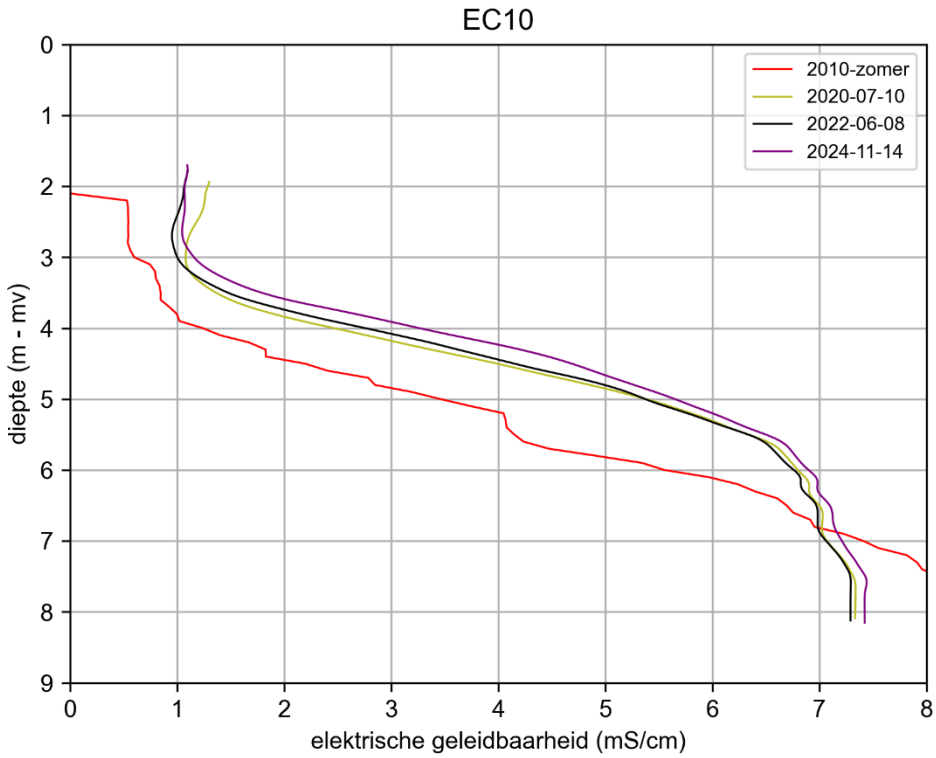
Gemeten stijghoogte (incl. handmetingen):



Tijdreeksanalyse:



Overgangsdiepte zoet-brak grondwater (EM-SlimFlex metingen)



D.11 EC11

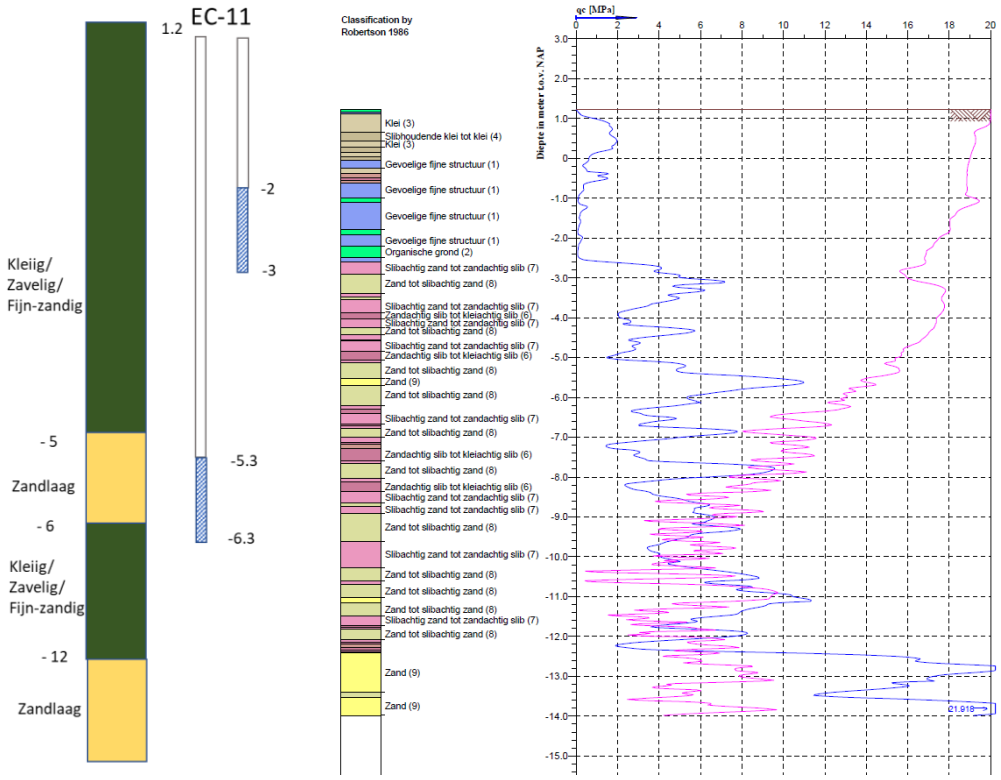
Locatie meetpunt

Meetlocatie EC-11 ligt in de Heerenpolder, op afstanden van 15 m ten zuiden van de sloot langs de Nolletjesdijk. De maaiveldhoogte is NAP +1.2 m.

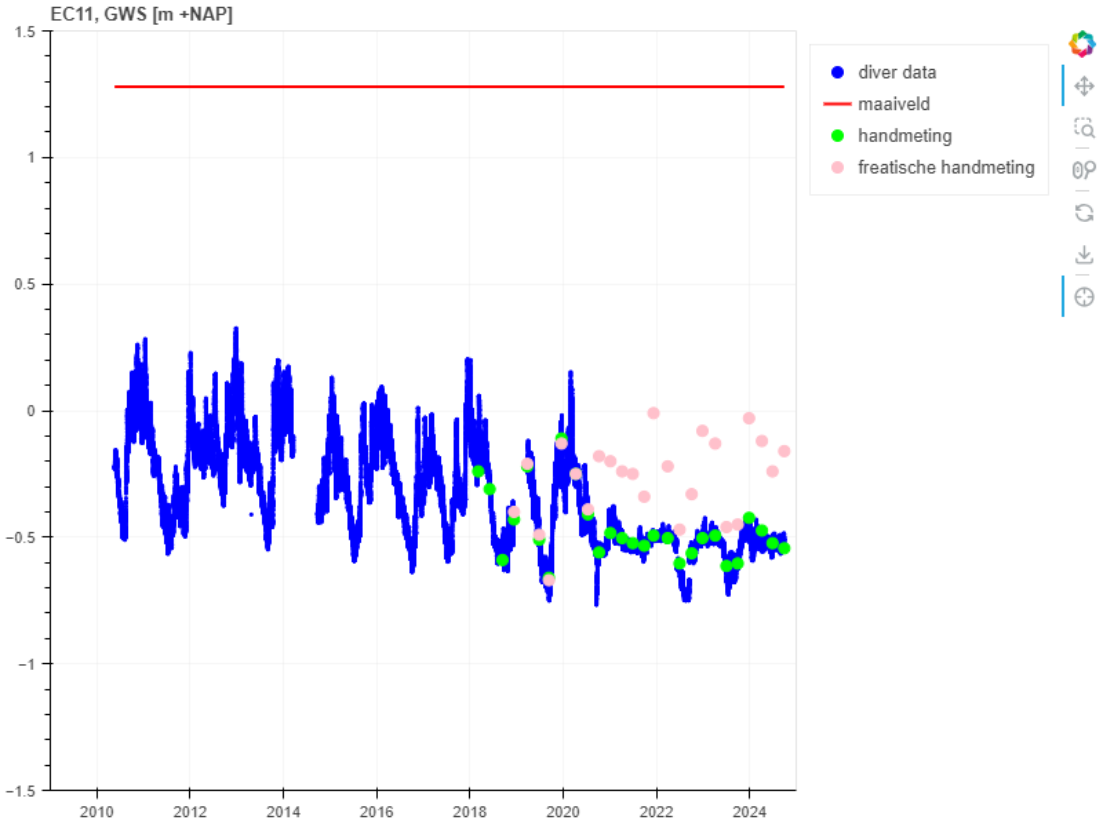
Gegevens peilbuizen

Meetpunt	Bovenkant filter (m t.o.v. NAP)	Onderkant filter (m t.o.v. NAP)	Einddiepte (m t.o.v. NAP)	Chloridegehalte (mg/l)	
				2011	2016
EC-11	-5.3 ca. 2 (ondiep)	-6.3 (diep) ca. -3 (ondiep)	-10.8	4500 2400	4800 ---

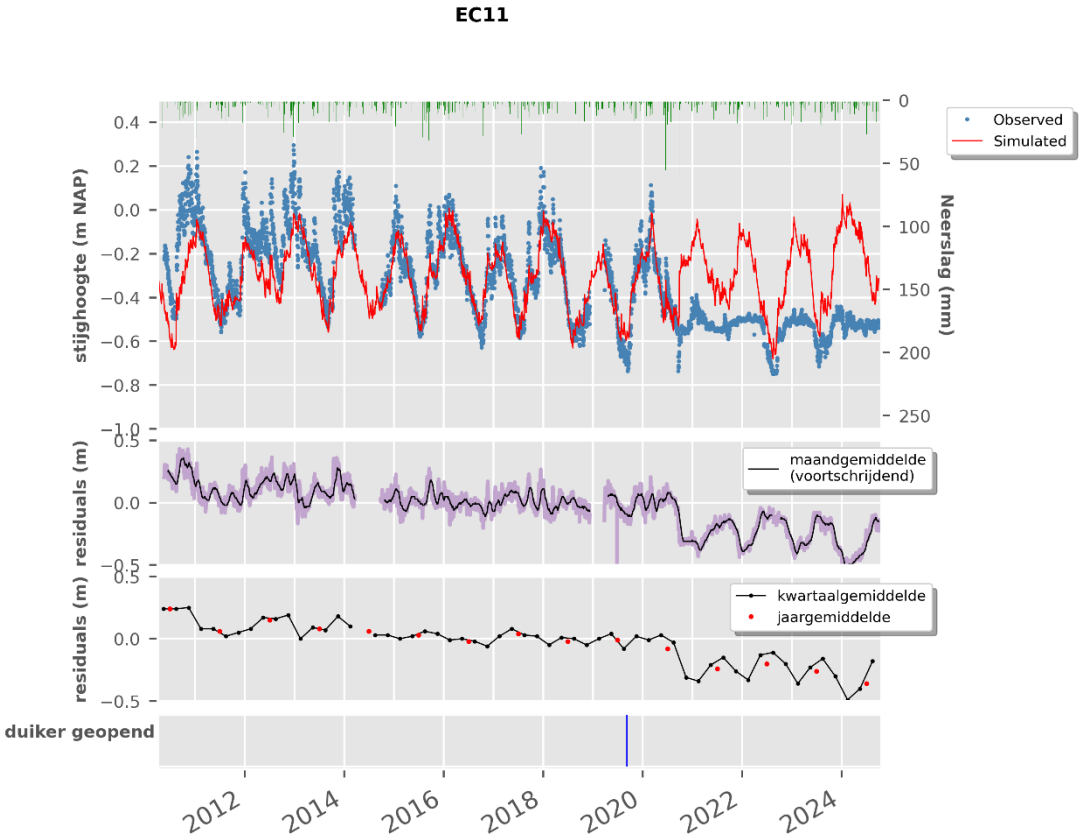
Links: schematische voorstelling bodemopbouw en diepte peilbuizen. Rechts: Bodemopbouw en geleiding volgens EC-sonderingen. De geleiding is de roze lijn, een uitslag naar links betekent een hogere geleiding (zouter).



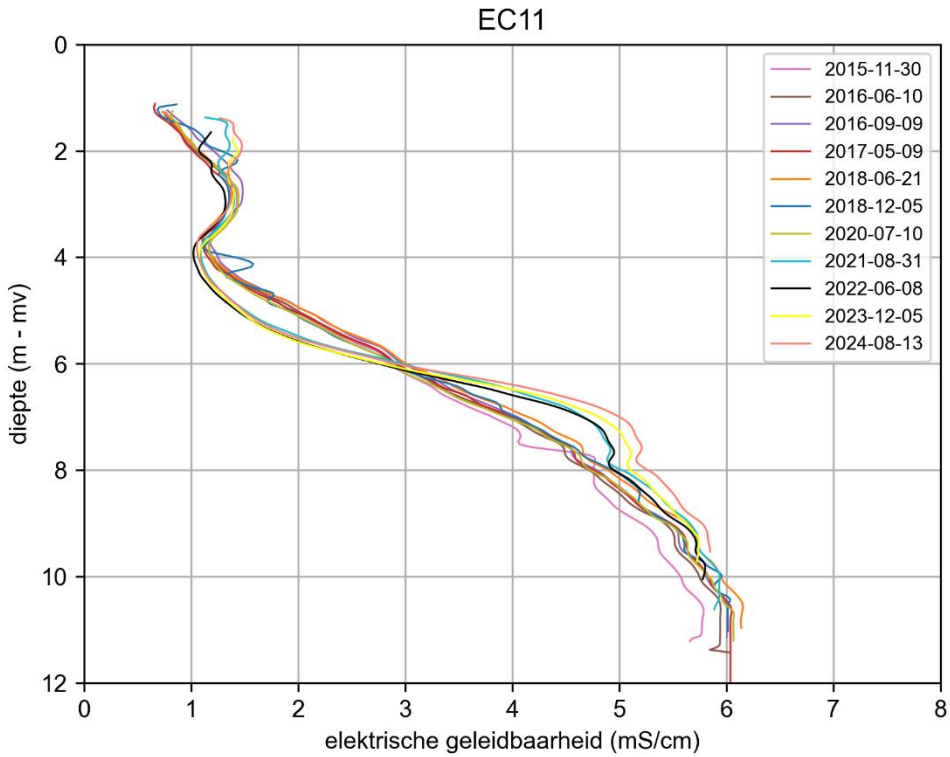
Gemeten stijghoogte (incl. handmetingen):



Tijdreeksanalyse:



Overgangsdiepte zoet-brak grondwater (EM-SlimFlex metingen)



D.12 EC12

Locatie meetpunt

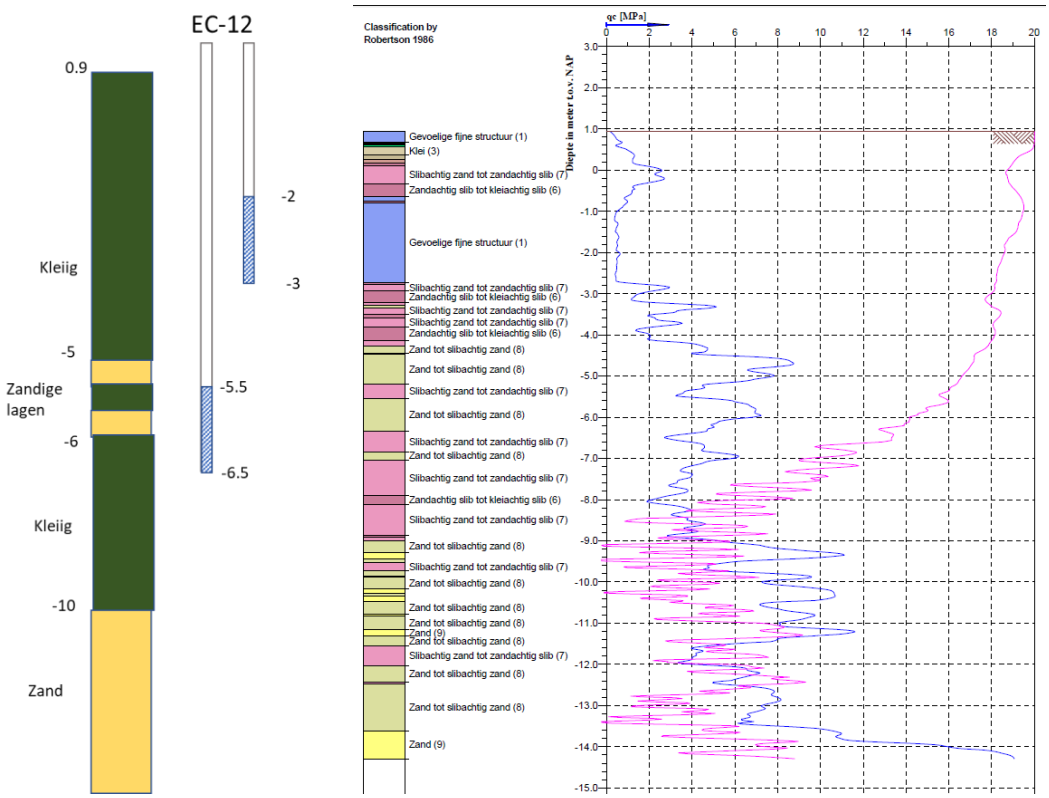
Meetlocatie EC-12 ligt in de Parasijspolder, ten noorden van de Nolletjesdijk. De maaiveldhoogte is ca. NAP +0.9 m.

Gegevens peilbuizen

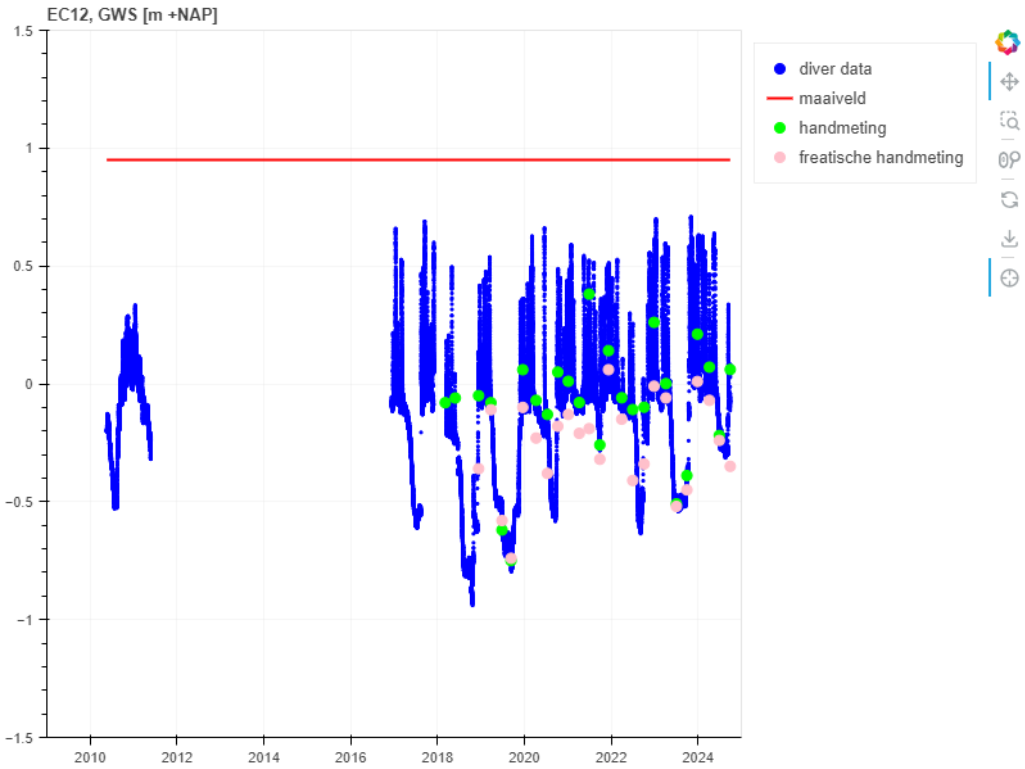
peilbuis	Bovenkant filter (m t.o.v. NAP)	Onderkant filter (m t.o.v. NAP)	Einddiepte (m t.o.v. NAP)	Chloridegehalte (mg/l)	
				2011	2016[8]
EC-12	-5.5 (diep) ca. -2 (ondiep)	-6.5 (diep) ca. -3 (ondiep)	-11.1	2500 230	3800 ±10%

[8] *Het chloridegehalte in 2016 is niet rechtstreeks gemeten maar afgeleid op basis van een veldmeting van het elektrisch geleidingsvermogen (EGV).*

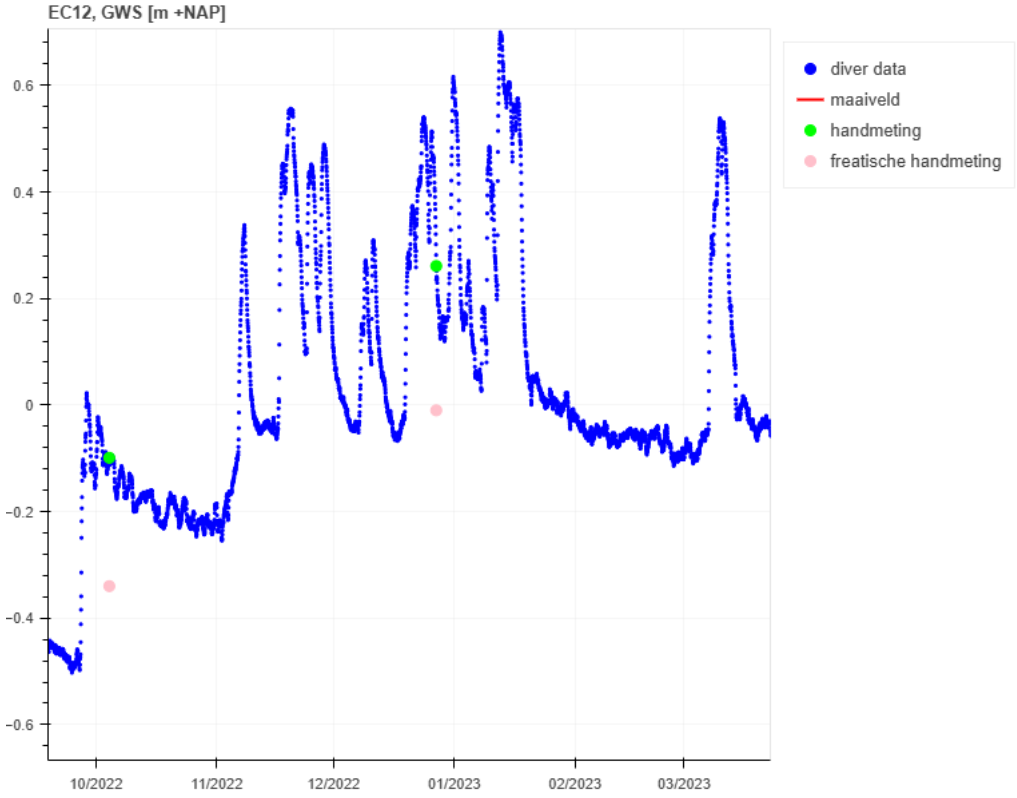
Links: schematische voorstelling bodemopbouw en diepte peilbuizen. Rechts: Bodemopbouw en geleiding volgens EC-sonderingen. De geleiding is de roze lijn, een uitslag naar links betekent een hogere geleiding (zouter).



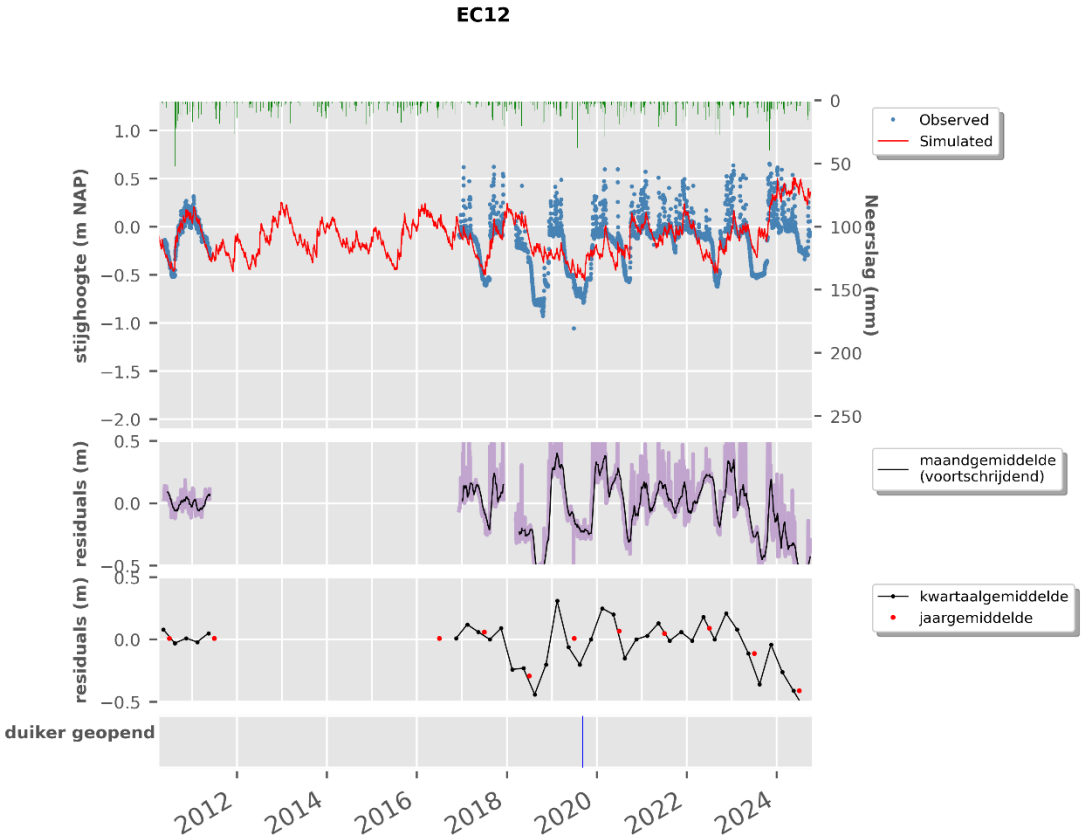
Gemeten stijghoogte (incl. handmetingen):



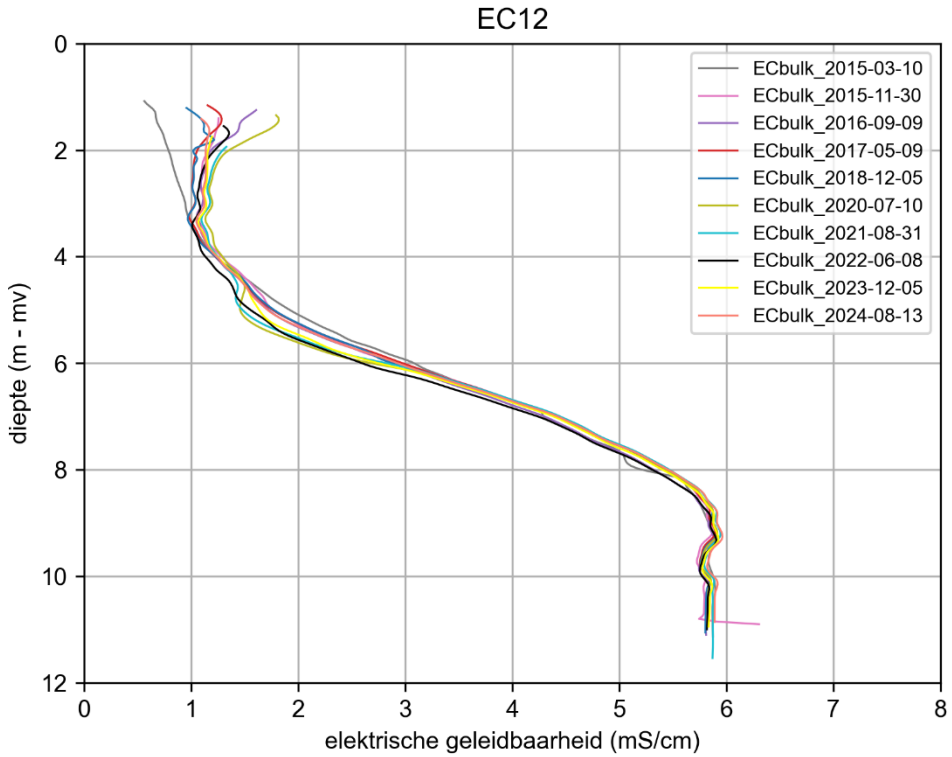
Ingezoomde meetreeks oktober 2022 tot april 2023. Zeer hoge stijgingen van tientallen cm in één dag tijd zichtbaar.



Tijdreeksanalyse:



Overgangsdiepte zoet-brak grondwater (EM-SlimFlex metingen)



D.13 EC13

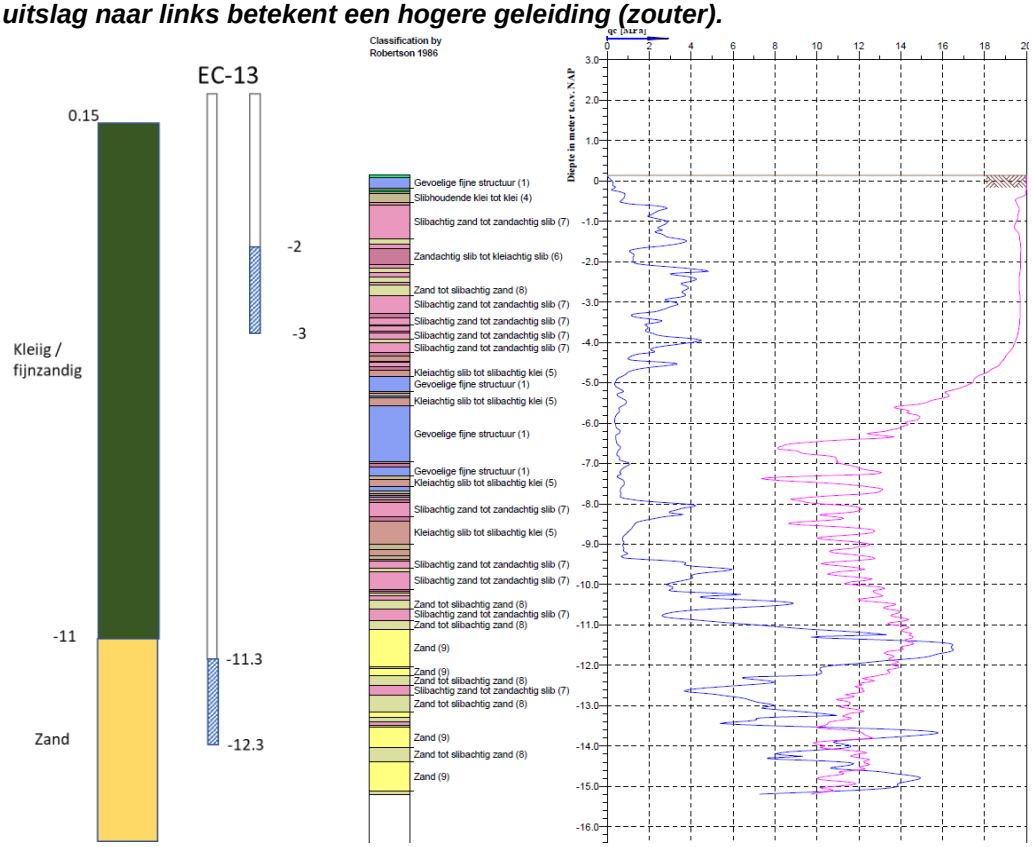
Locatie meetpunt

Meetlocatie EC-13 ligt in de Gerard de Moorpolder, op een afstand van 15 m ten zuiden van de sloot langs de Puijendijk. De maaiveldhoogte is ca. NAP +0.15 m.

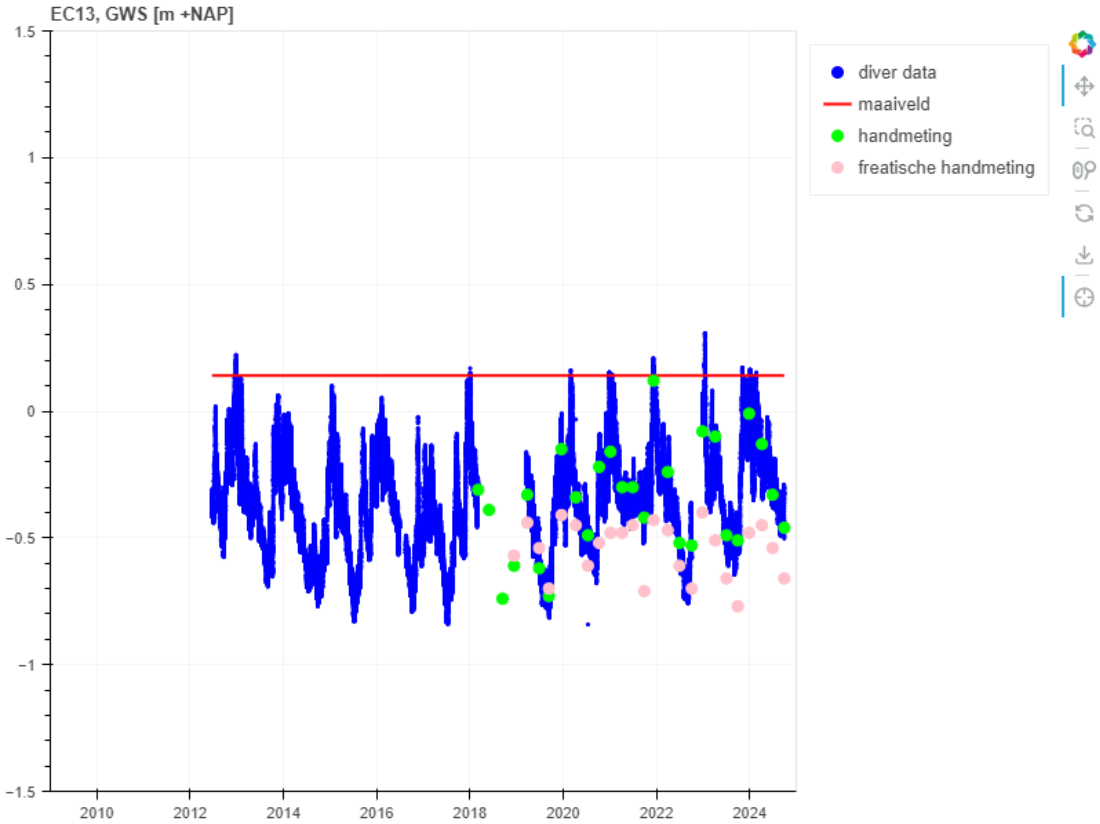
Gegevens peilbuizen

peilbuis	Bovenkant filter (m t.o.v. NAP)	Onderkant filter (m t.o.v. NAP)	Einddiepte (m t.o.v. NAP)	Chloridegehalte (mg/l)	
EC-13	-11.3 ca. -2 (ondiep)	-12.3 ca. -3 (ondiep)	-12.0	9900 5900	10.000 ---

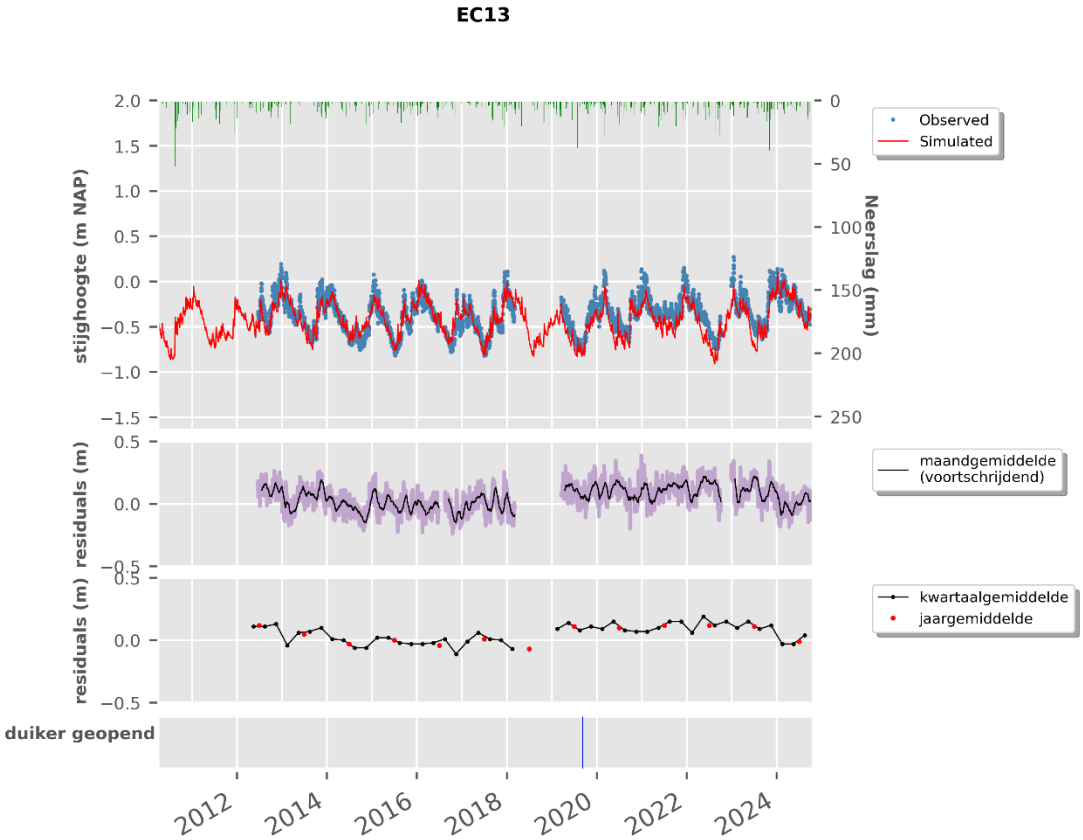
Links: schematische voorstelling bodemopbouw en diepte peilbuizen. Rechts: Bodemopbouw en geleiding volgens EC-sonderingen. De geleiding is de roze lijn, een uitslag naar links betekent een hogere geleiding (zouter).



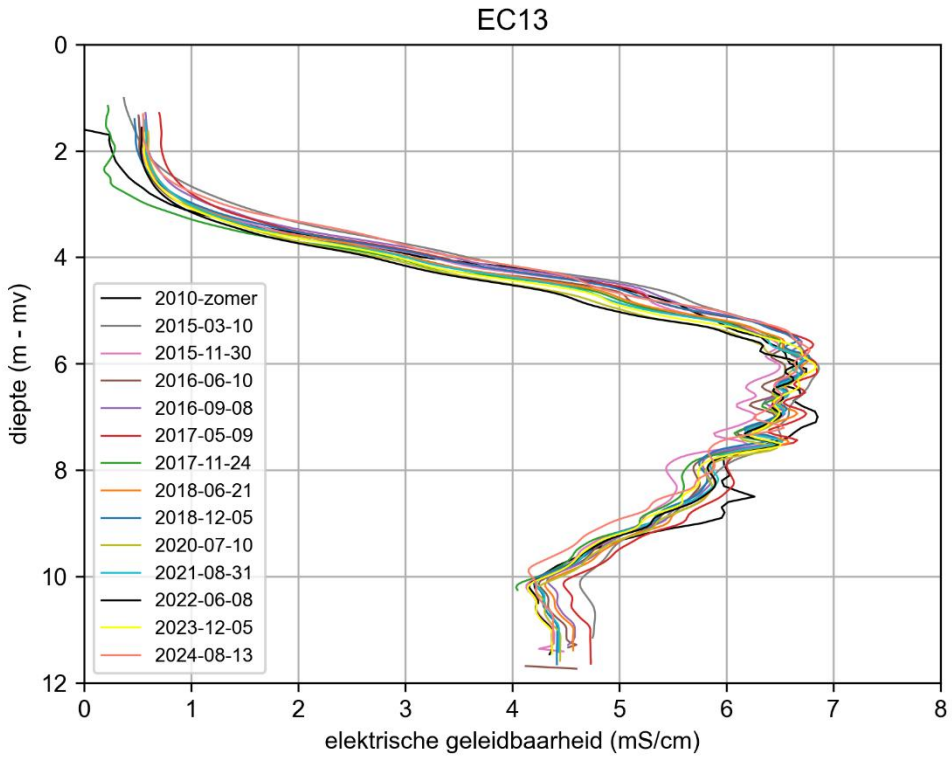
Gemeten stijghoogte (incl. handmetingen):



Tijdreeksanalyse:



Overgangsdiepte zoet-brak grondwater (EM-SlimFlex metingen)



D.14 EC14

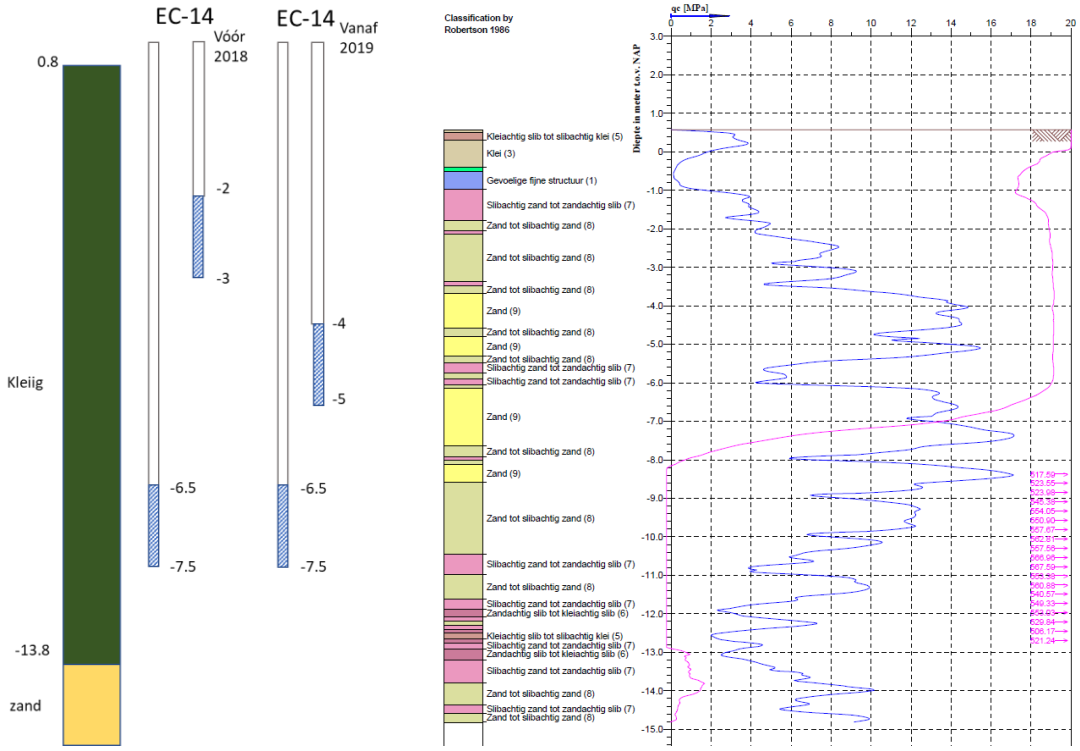
Locatie meetpunt

EC-14 bestaat uit een sondeerlocatie ca. 15 m ten zuiden van de sloot langs de Hogedijk, op de grens van de percelen Obg S 1418 en S 1479, en een peilbuis ca. 8 m ten noorden van de sloot. De maaiveldhoogte is ca. NAP +0.6 m. De peilbuis is in 2018 beschadigd geraakt en vervangen door een nieuw meetpunt.

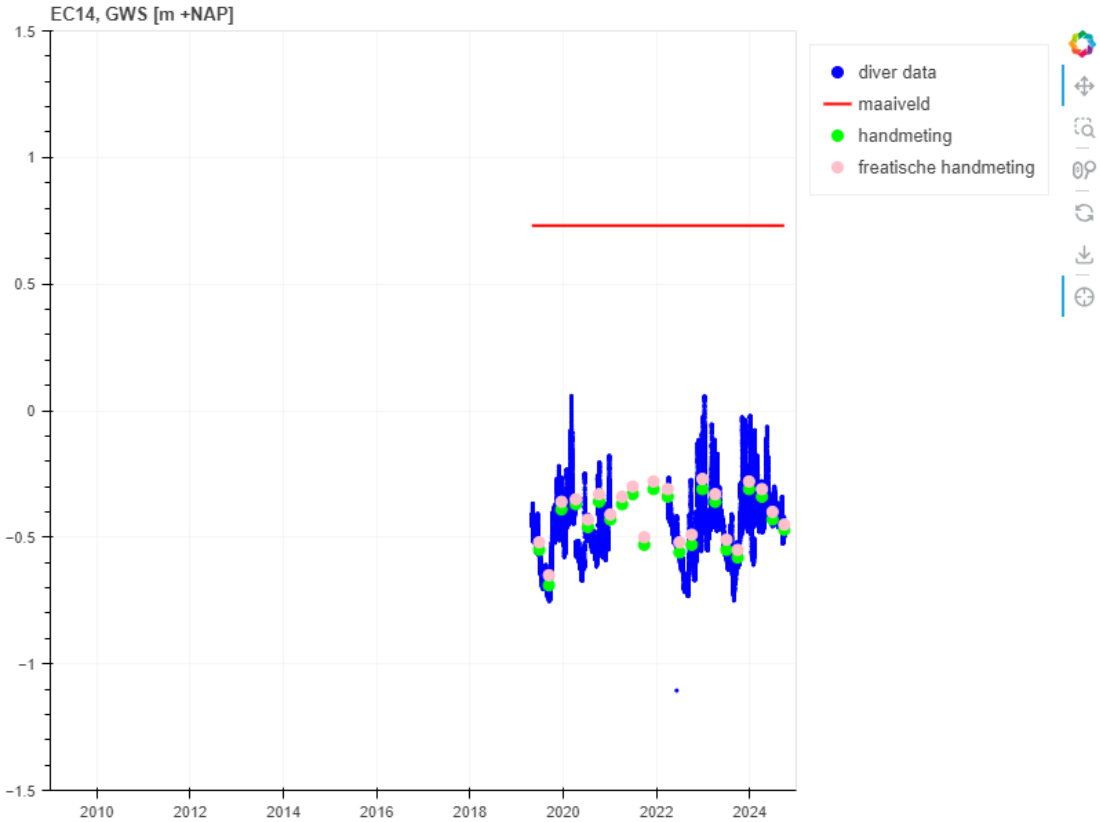
Gegevens peilbuizen

peilbuis	Bovenkant filter (m t.o.v. NAP)	Onderkant filter (m t.o.v. NAP)	Einddiepte (m t.o.v. NAP)	Chloridegehalte (mg/l, oktober 2012)
EC-14 (vóór 2018)	-6.5 ca. -2 (ondiep)	-7.5 ca. -3 (ondiep)	-10.0	12255
EC-14 (vanaf 2019)	-6.5 ca. -4 (ondiep)	-7.5 ca. -5 (ondiep)	-10.0	

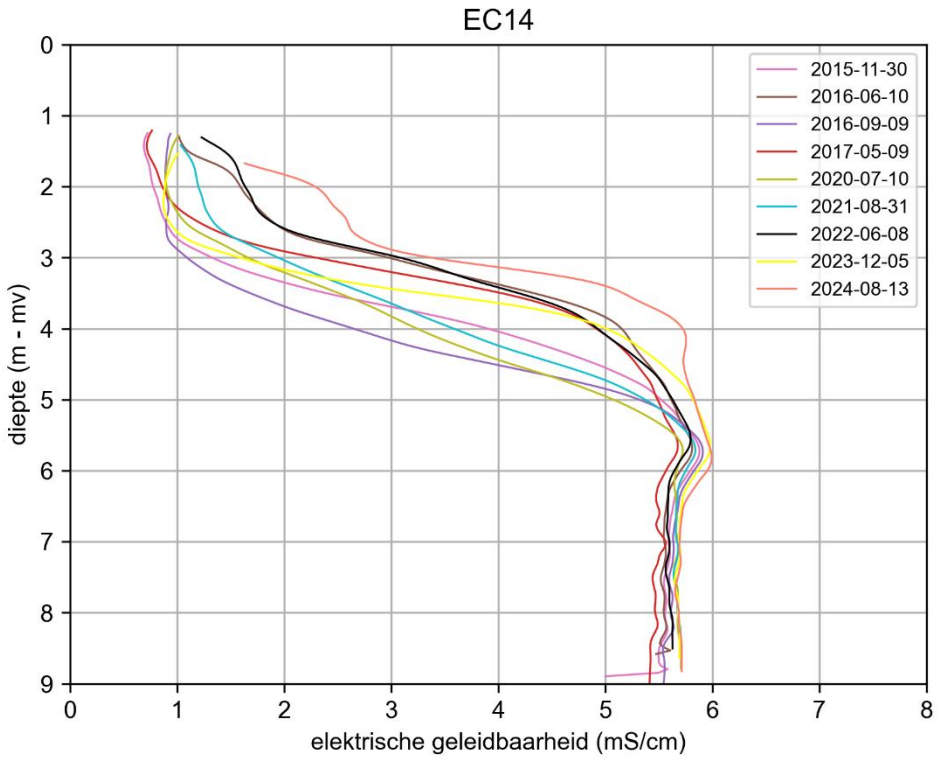
Links: schematische voorstelling bodemopbouw en diepte peilbuizen. Rechts: Bodemopbouw en geleiding volgens EC-sonderingen. De geleiding is de roze lijn, een uitslag naar links betekent een hogere geleiding (zouter).



Gemeten stijghoogte (incl. handmetingen):

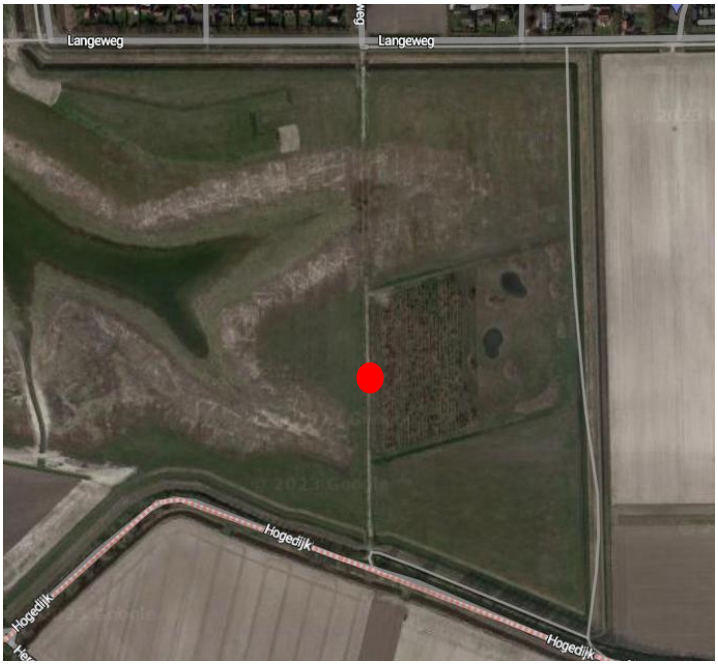


Overgangsdiepte zoet-brak grondwater (EM-SlimFlex metingen)



D.15 EC15

Locatie meetpunt

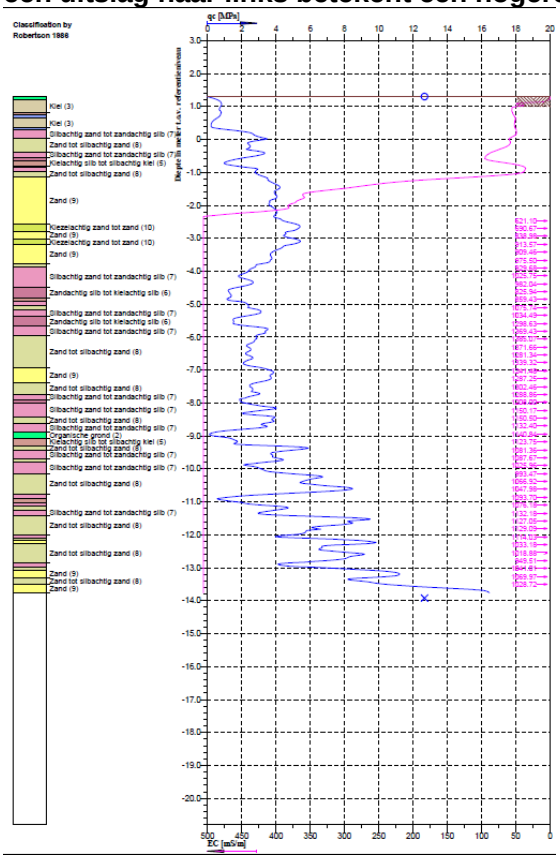


Meetlocatie EC15 ligt aan de westrand van het plangebied Waterdunen, ten noorden van de Hogedijk. De maaiveldhoogte is ca. NAP +1.3 m.

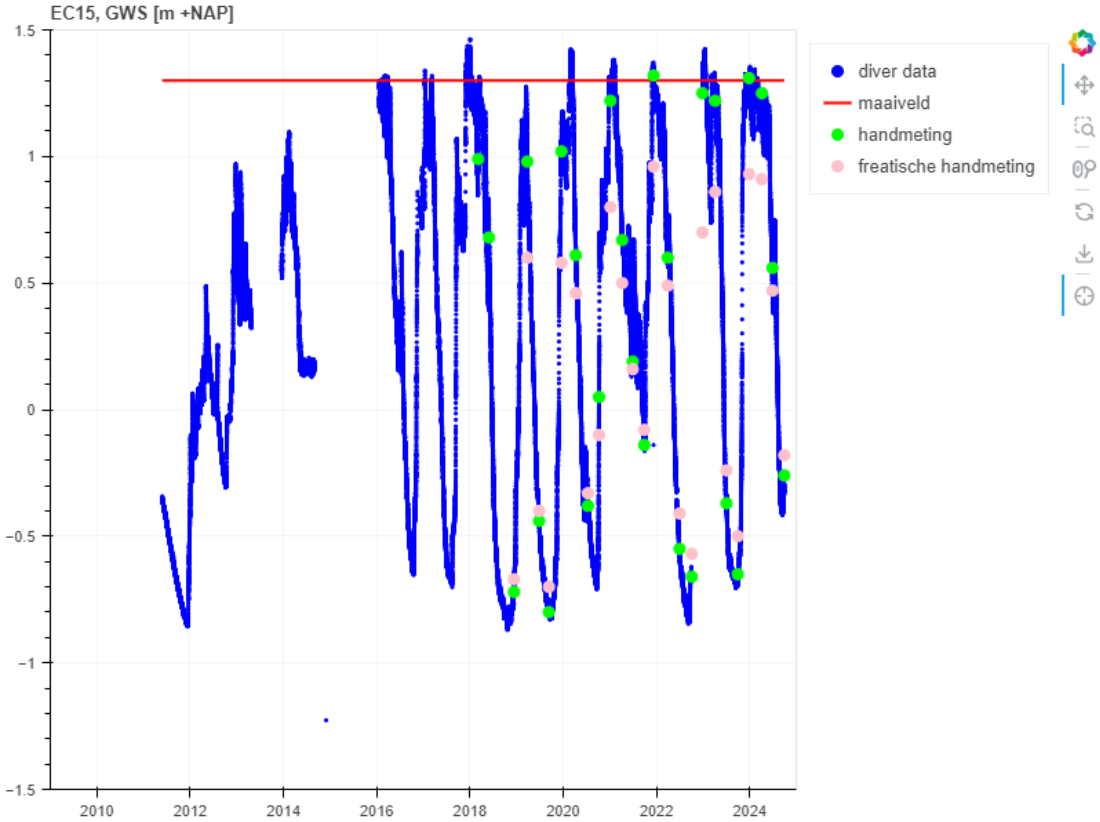
Gegevens peilbuizen

peilbuis	Bovenkant filter (m t.o.v. NAP)	Onderkant filter (m t.o.v. NAP)	Einddiepte (m t.o.v. NAP)	Chloridegehalte (mg/l)
				2012
EC-15	-2.5	-3.5	-3.5	2200

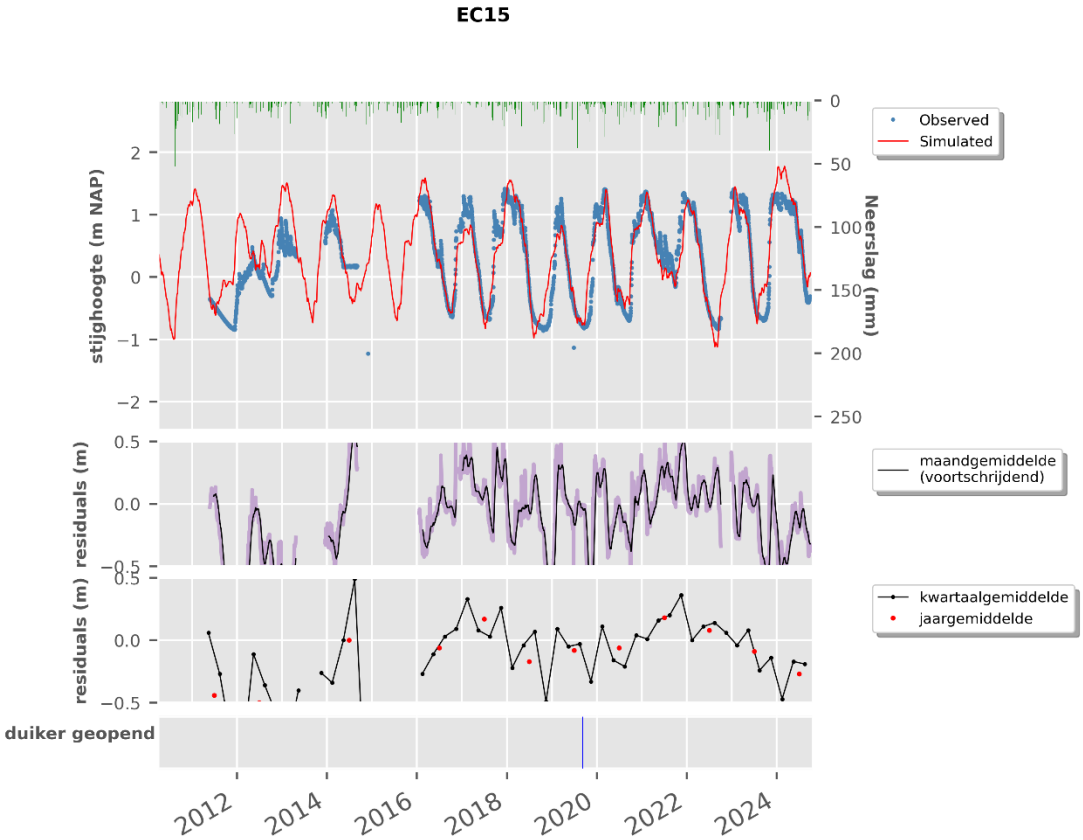
Bodemopbouw en geleiding volgens EC-sonderingen. De geleiding is de roze lijn, een uitslag naar links betekent een hogere geleiding (zouter).



Gemeten stijghoogte (incl. handmetingen):

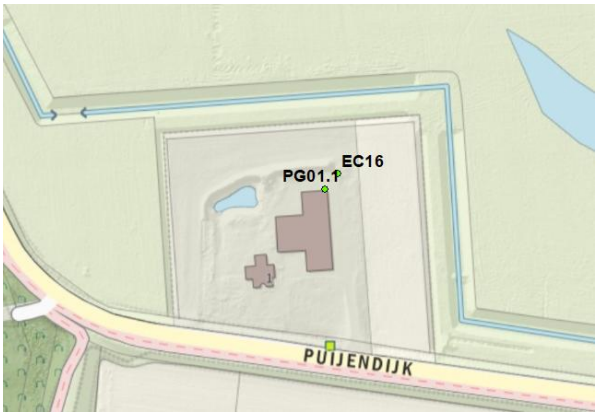


Tijdreeksanalyse:



D.16 EC16

Locatie meetpunt

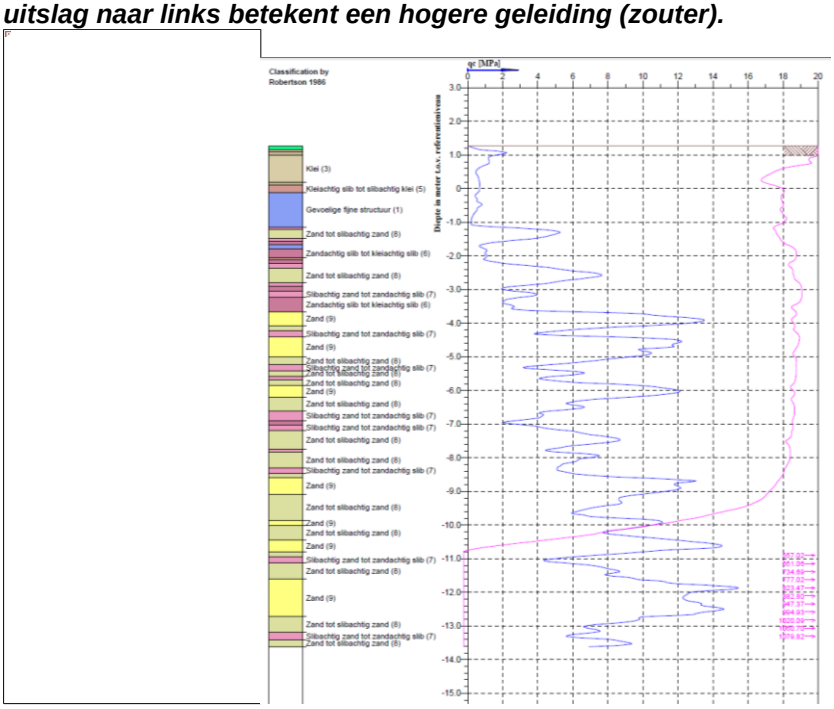


Meetlocatie EC16 ligt in het zuiden van plangebied Waterdunen. De maaiveldhoogte ter plaatse is ca. NAP +1.6 m.

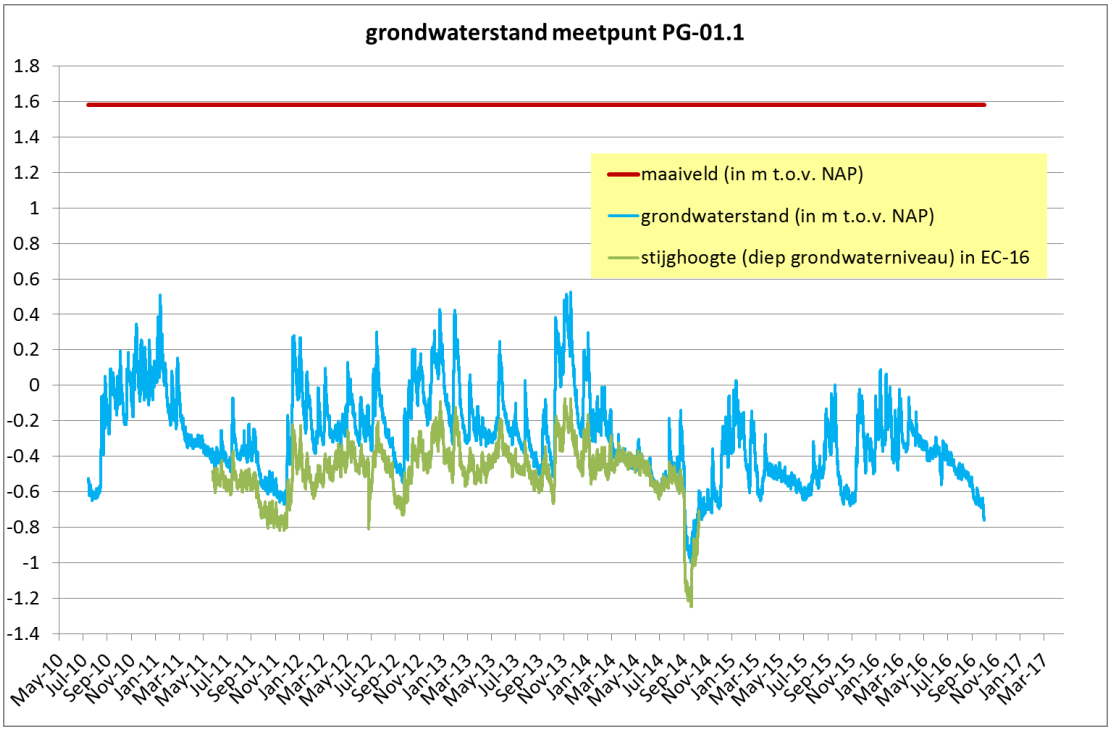
Gegevens peilbuizen

peilbuis	Bovenkant filter (m t.o.v. NAP)	Onderkant filter (m t.o.v. NAP)	Einddiepte (m t.o.v. NAP)	Chloridegehalte (mg/l)	
				2011	2016
EC-16	-4.5	-5.5	-5.5	24 en 66	

Links: schematische voorstelling bodemopbouw en diepte peilbuizen. Rechts: Bodemopbouw en geleiding volgens EC-sonderingen. De geleiding is de roze lijn, een uitslag naar links betekent een hogere geleiding (zouter).

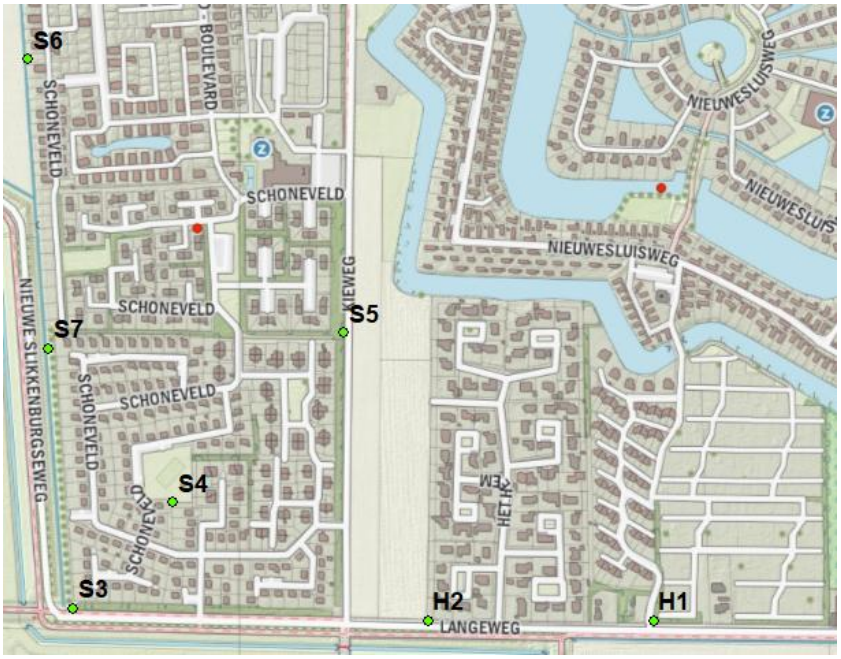


Gemeten stijghoogte:
De meetsensor in EC-16 is in november 2014 uitgevallen en niet vervangen. In figuur hieronder is de stijghoogte tot november 2014 zichtbaar (samen met de meetreeks van PG01.1).



D.17 H1

Locatie meetpunt

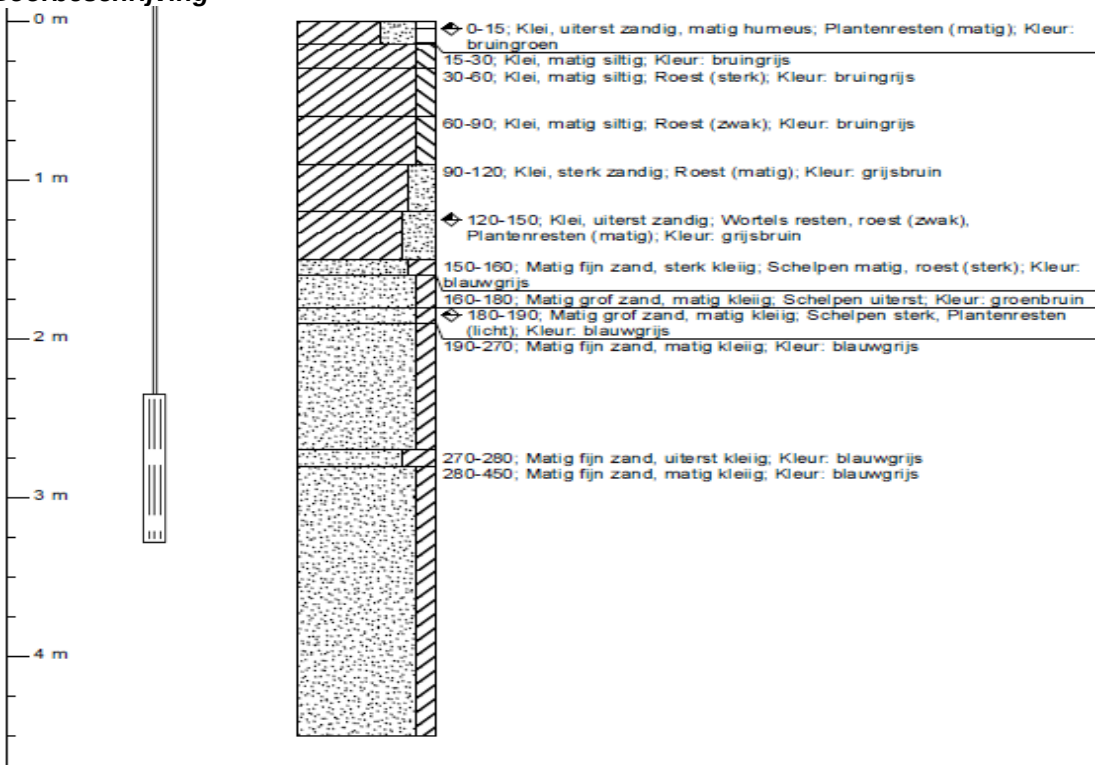


De meetlocatie H-1 ligt in recreatiepark ’t Heem.De maaiveldhoogte is NAP +1,23 m.

Gegevens peilbuizen

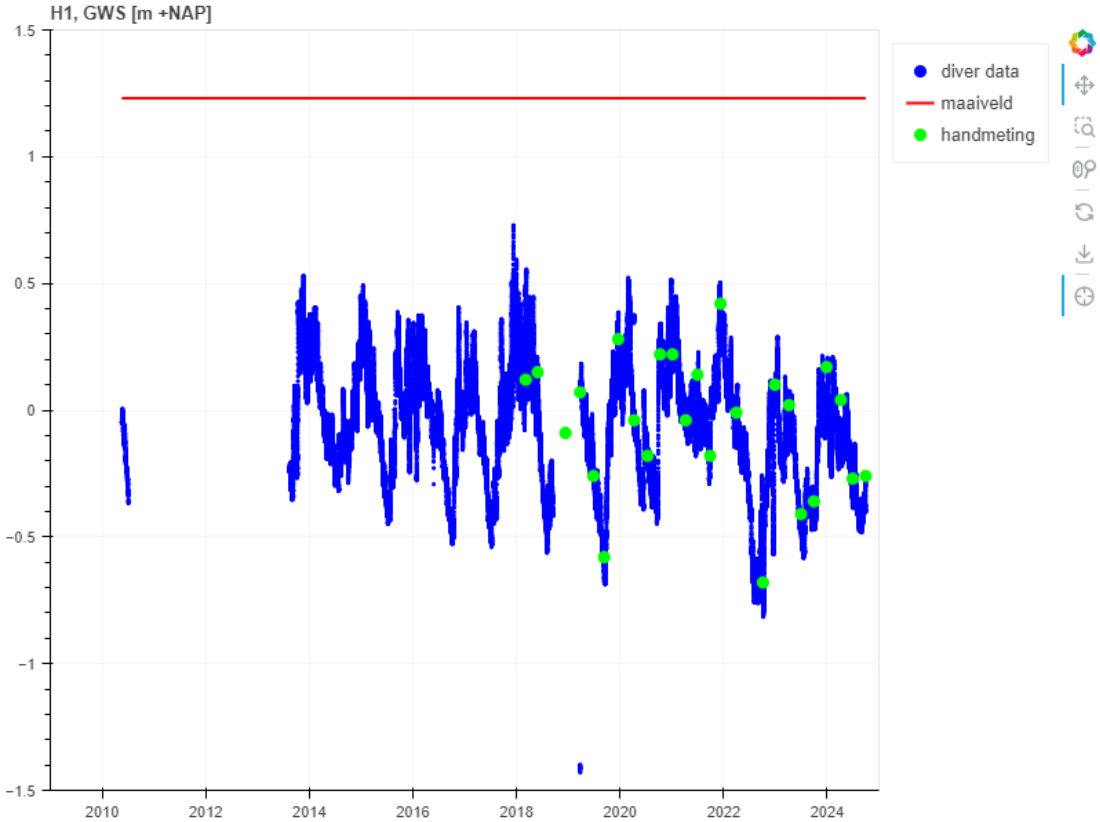
peilbuis	Bovenkant filter (m t.o.v. NAP)	Onderkant filter (m t.o.v. NAP)	Einddiepte (m t.o.v. mv)	Chloridegehalte (mg/l)	
				2011	2016
H-1	-2.2	-3.2	4.3	130	56

Boorbeschrijving

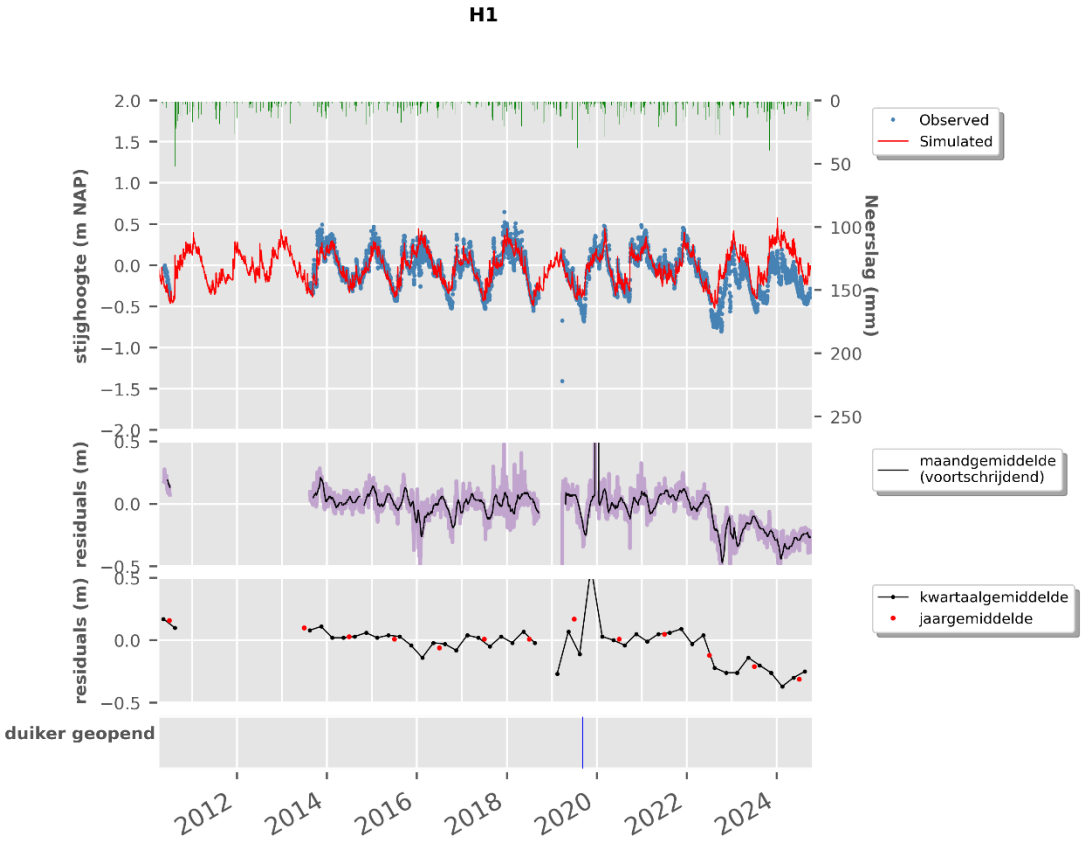


Gemeten stijghoogte (incl. handmetingen):

De meting van heeft sinds halverwege 2022 last van een ‘dwalende diver’, waarbij de continue diver-meting steeds iets verder gaat afwijken van de daadwerkelijke (hand-) meting. De grondwaterstand is eind 2024 in werkelijk maximaal 15 cm hoger dan nu in de meting te zien is.

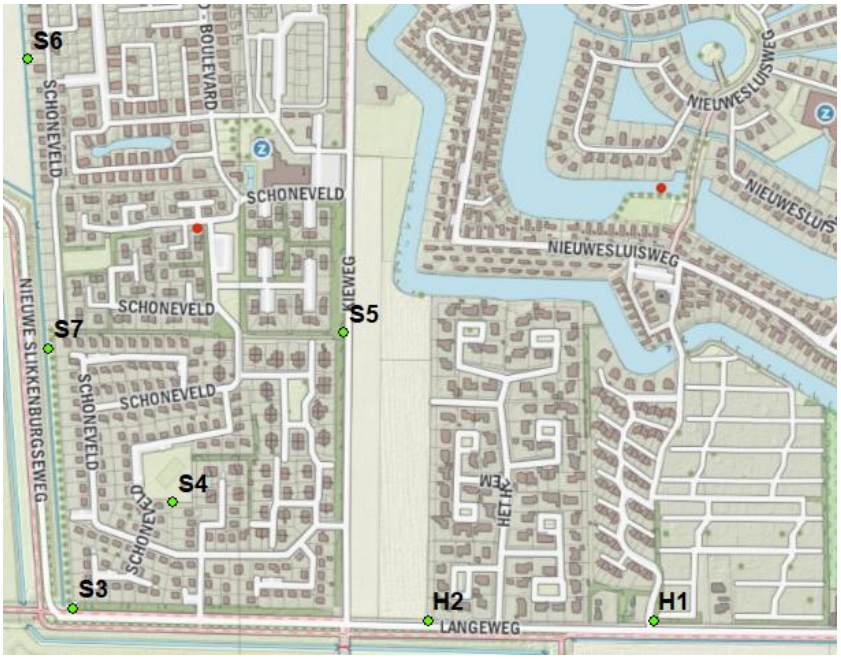


Tijdreeksanalyse:



D.18 H2

Locatie meetpunt

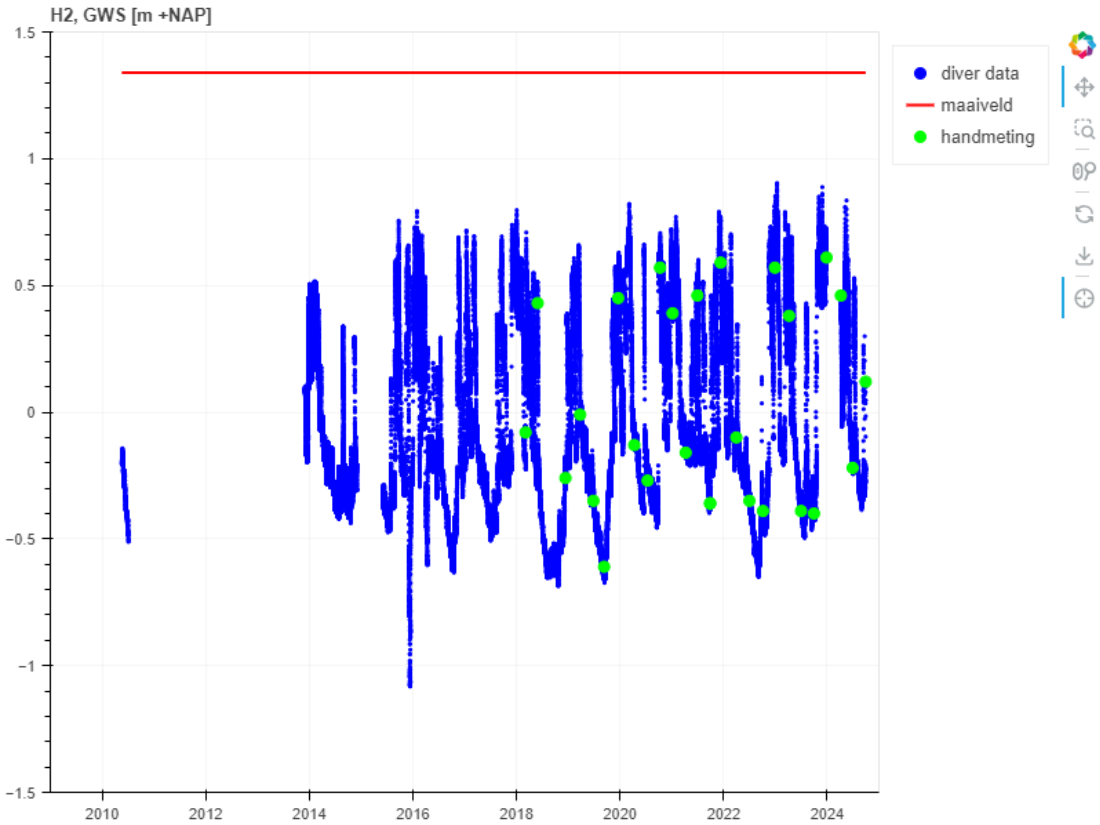


De meetlocatie H-2 ligt in recreatiepark ’t Heem. De maaiveldhoogte is NAP +1,34 m.

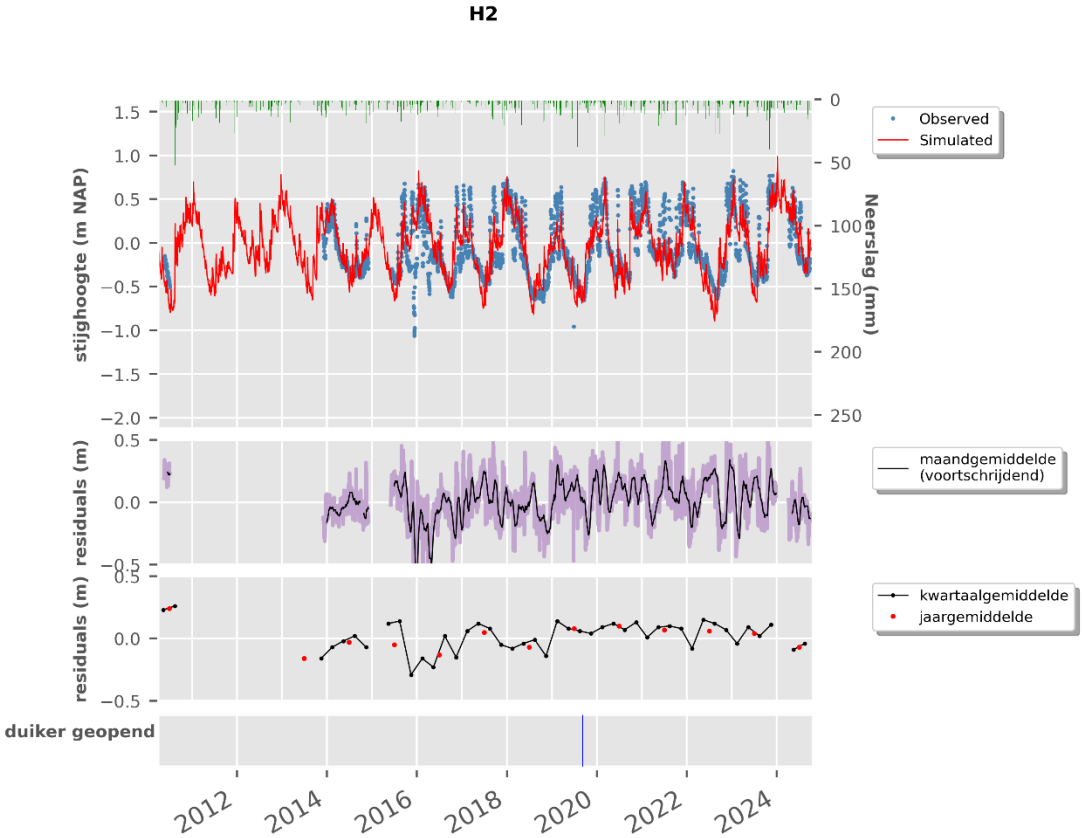
Gegevens peilbuizen

peilbuis	Bovenkant filter (m t.o.v. NAP)	Onderkant filter (m t.o.v. NAP)	Einddiepte (m t.o.v. mv)	Chloridegehalte (mg/l)	
				2011	2016
H-2	-1.8	-2.8	3.5	110	54

Gemeten stijghoogte (incl. handmetingen):



Tijdreeksanalyse:



D.19 KB6.1

Locatie meetpunt

Meetlocatie KB06.1 ligt in het noorden van plangebied Waterdunen. De maaiveldhoogte nabij de peilbuis is +0,9 m NAP.

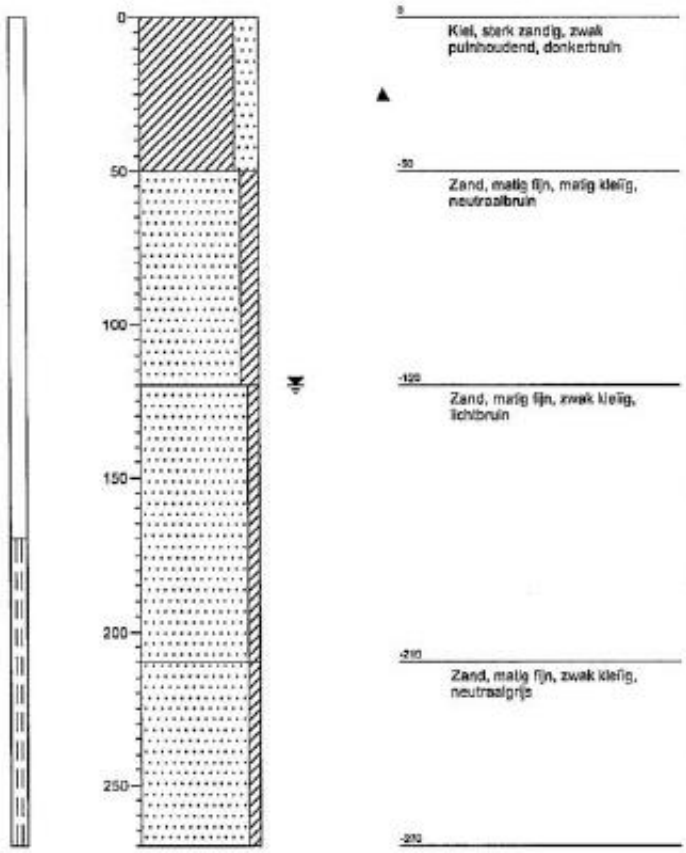
Gegevens peilbuizen

peilbuis	Bovenkant filter (m t.o.v. NAP)	Onderkant filter (m t.o.v. NAP)	Einddiepte (m t.o.v. NAP)	Chloridegehalte (mg/l)	
				2011	2016
Kb06.1	*1.7 m - maaiveld*	*2.7 m - maaiveld*	*2.7 m - maaiveld*	46	---

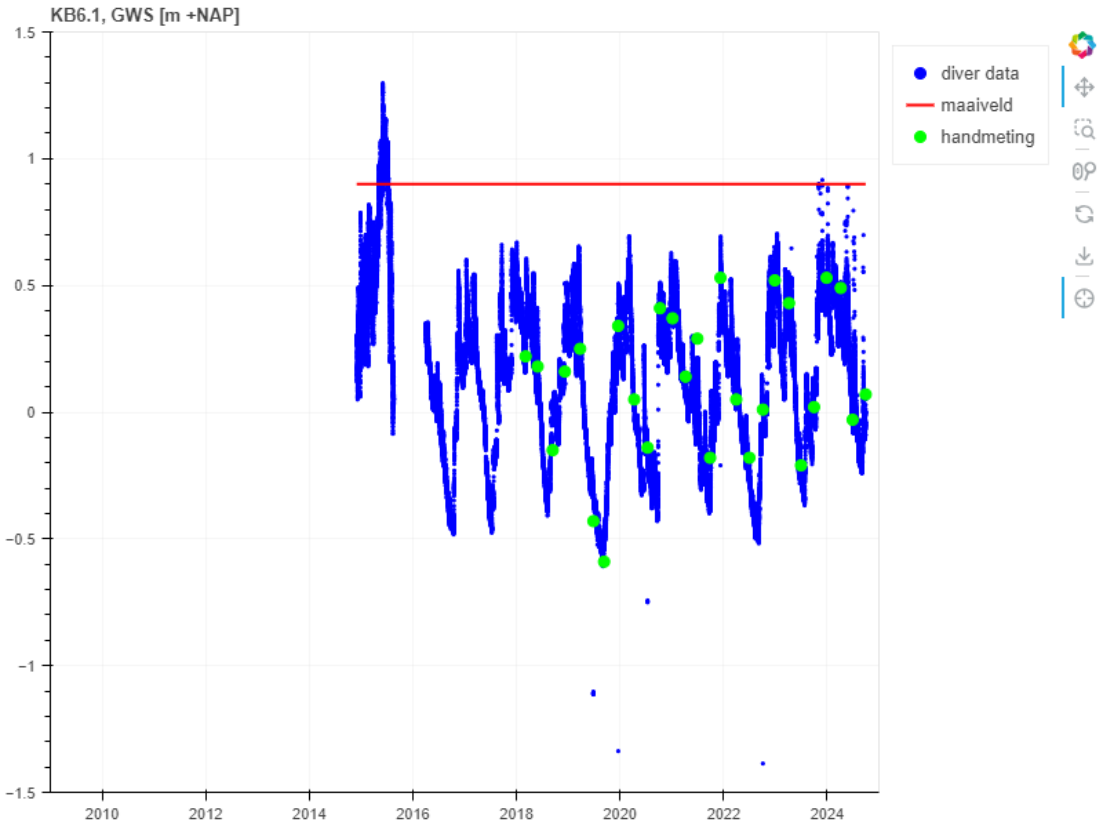
Bodemopbouw

Boring: kb06.1 (P1)

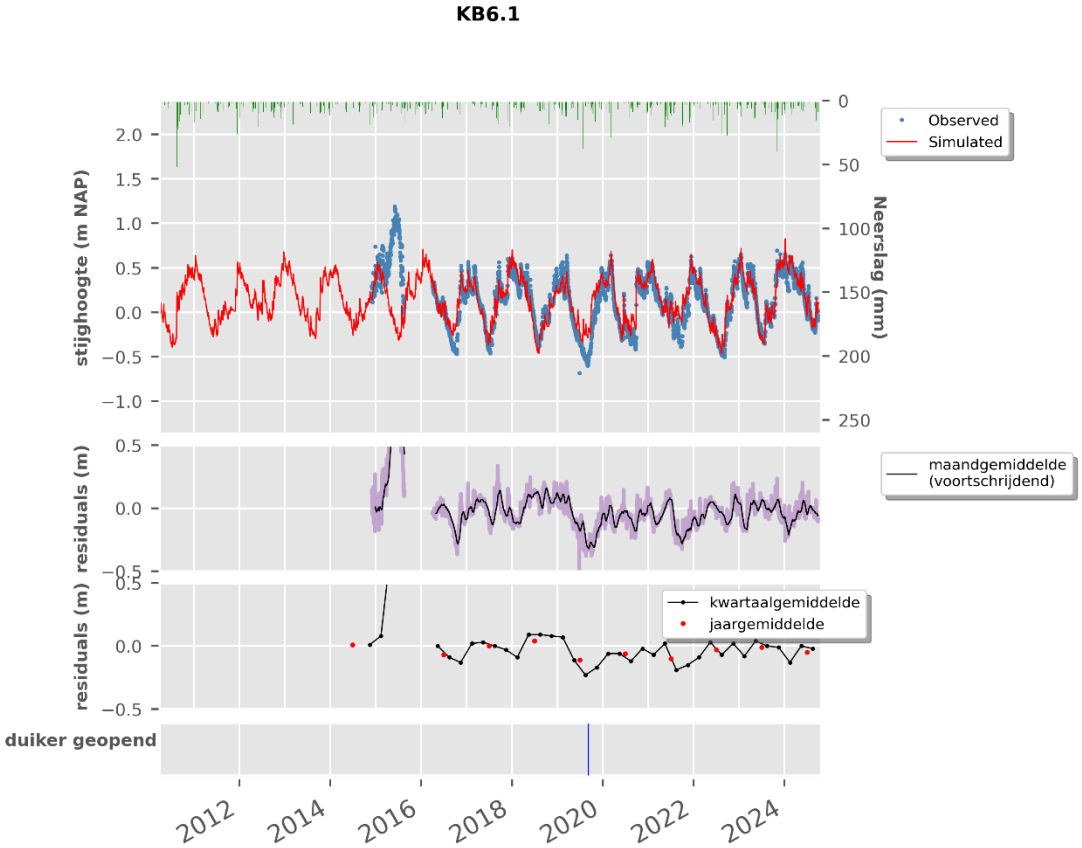
Datum: 04-06-2010



Gemeten stijghoogte (incl. handmetingen):



Tijdreeksanalyse:



D.20 KB6.2

Locatie meetpunt

Meetlocatie KB06.2 ligt in het noorden van plangebied Waterdunen. De maaiveldhoogte nabij de peilbuis is +1,14 m NAP.

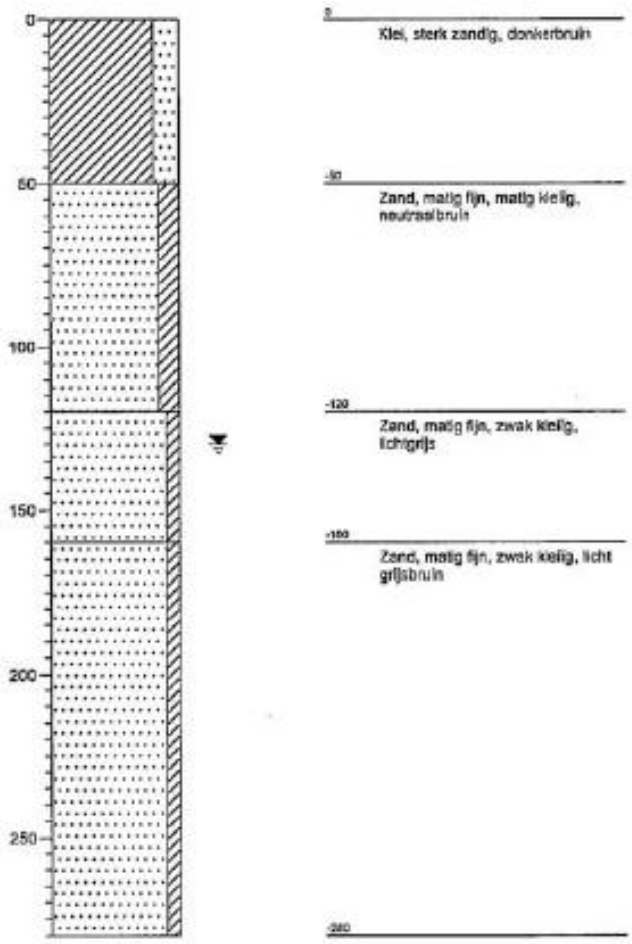
Gegevens peilbuizen

peilbuis	Bovenkant filter (m t.o.v. NAP)	Onderkant filter (m t.o.v. NAP)	Einddiepte (m t.o.v. NAP)	Chloridegehalte (mg/l)	
				2011	2016
Kb06.2	-0.7	-1.7	-1.7	200	82

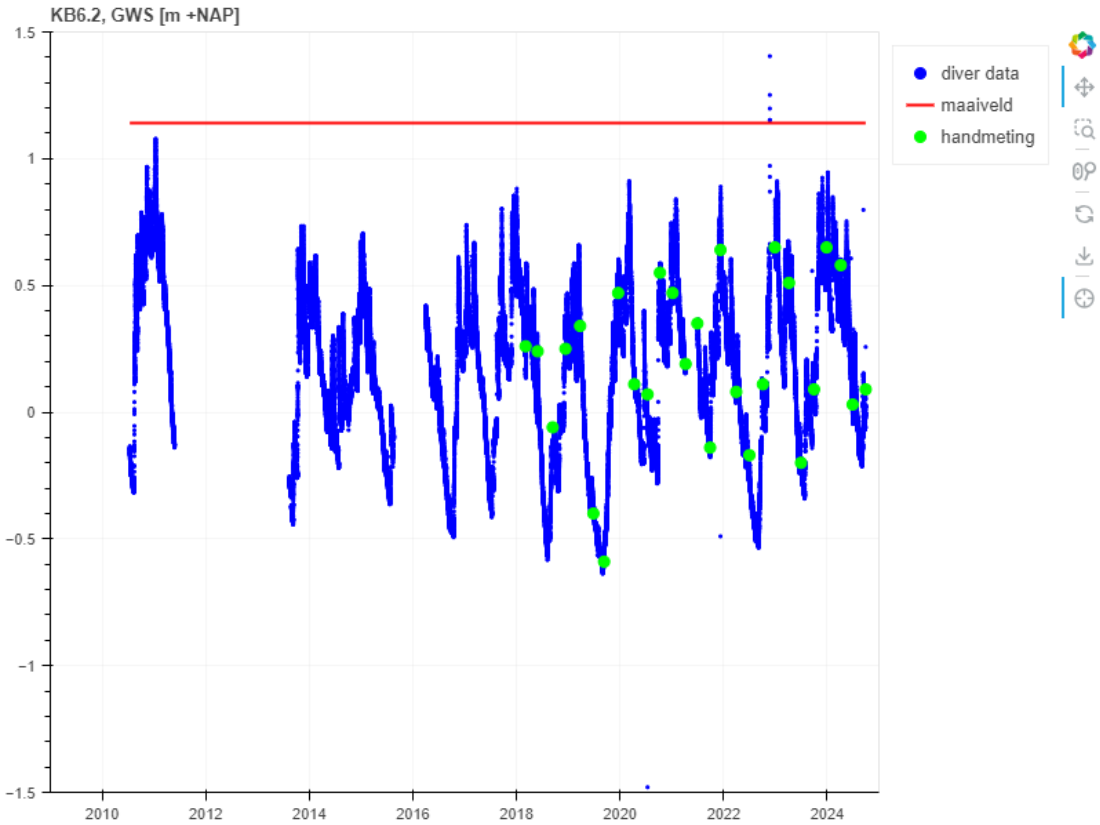
Bodemopbouw

Boring: kb06.2 (P2)

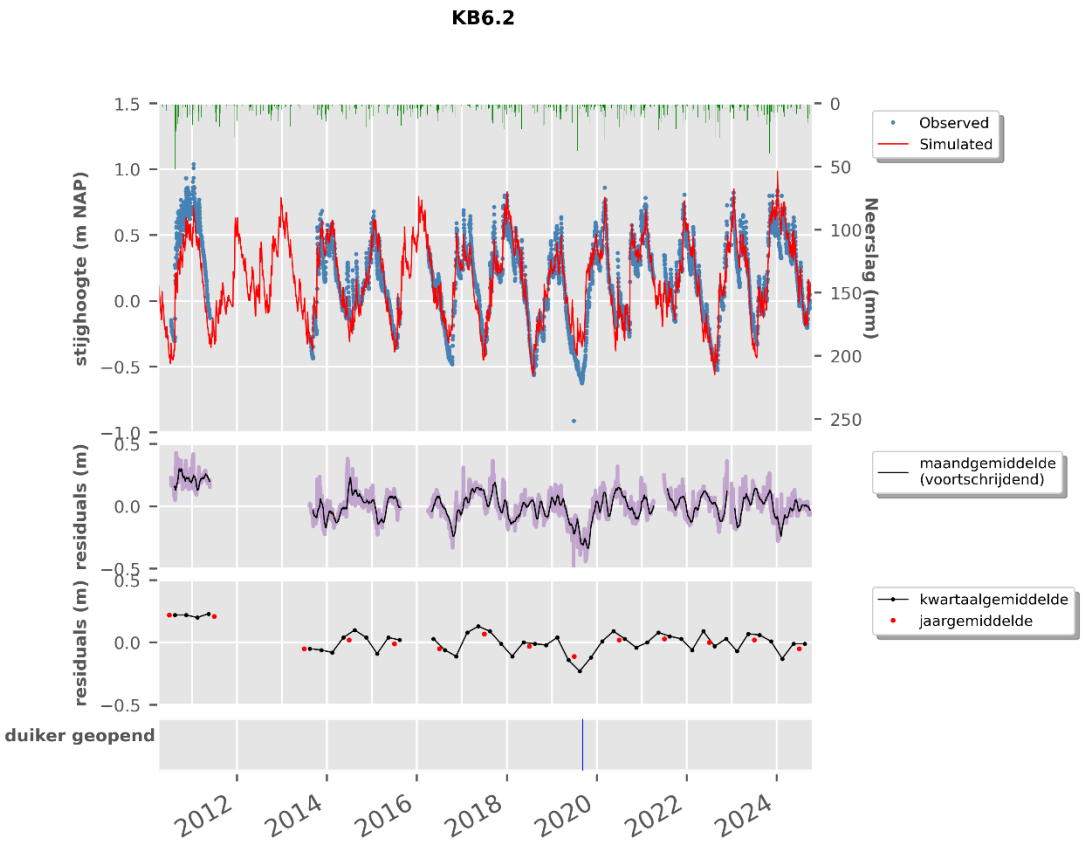
Datum: 04-06-2010



Gemeten stijghoogte (incl. handmetingen):

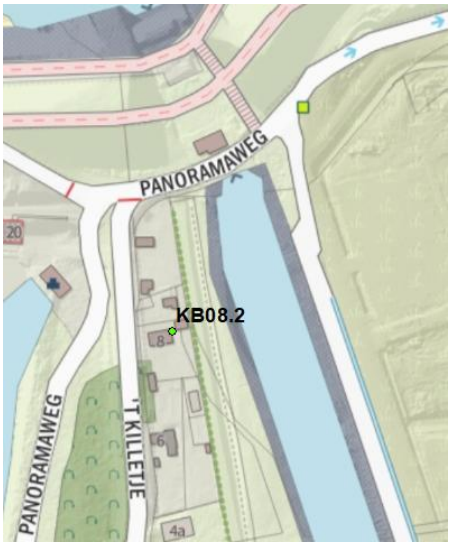


Tijdreeksanalyse:



D.21 KB08.2

Locatie meetpunt



Meetlocatie KB08.2 ligt in het noorden van plangebied Waterdunen. De maaiveldhoogte ter plaatse is circa NAP +1,4 m.

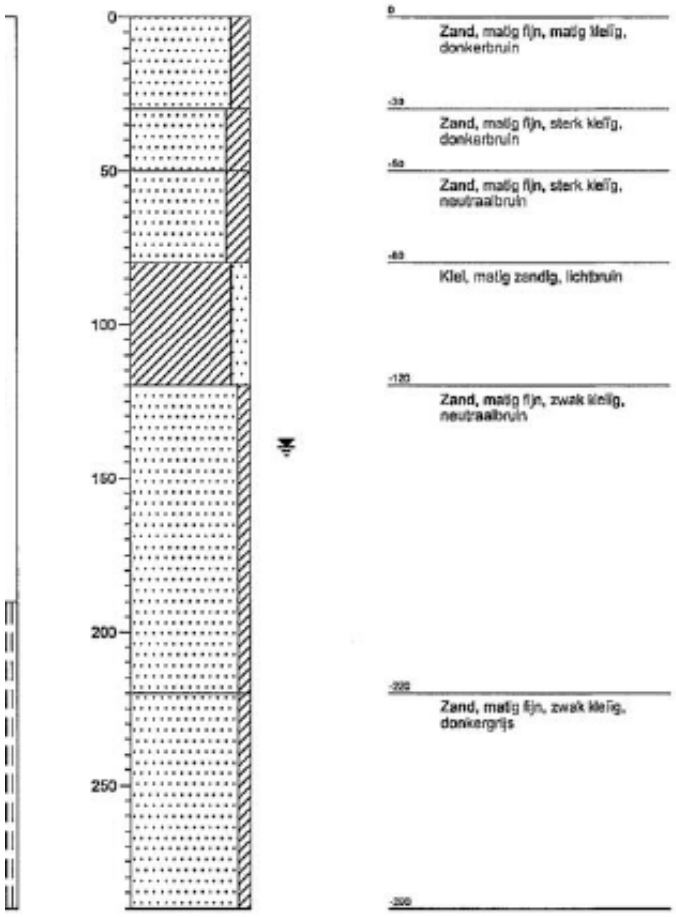
Gegevens peilbuizen

peilbuis	Bovenkant filter (m t.o.v. NAP)	Onderkant filter (m t.o.v. NAP)	Einddiepte (m t.o.v. NAP)	Chloridegehalte (mg/l)	
				2011	2016
Kb08.2	-0.4	-1.4	-1.4	220	120

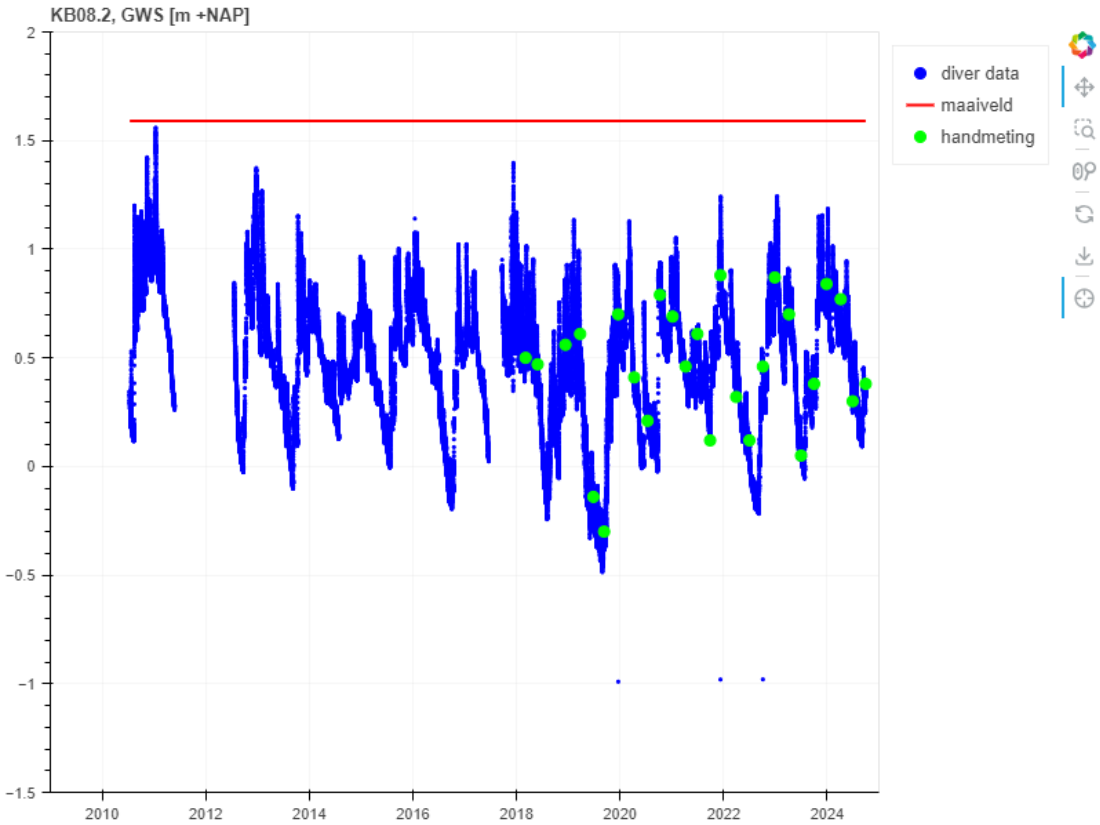
Bodemopbouw

Boring: kb08.2 (P2)

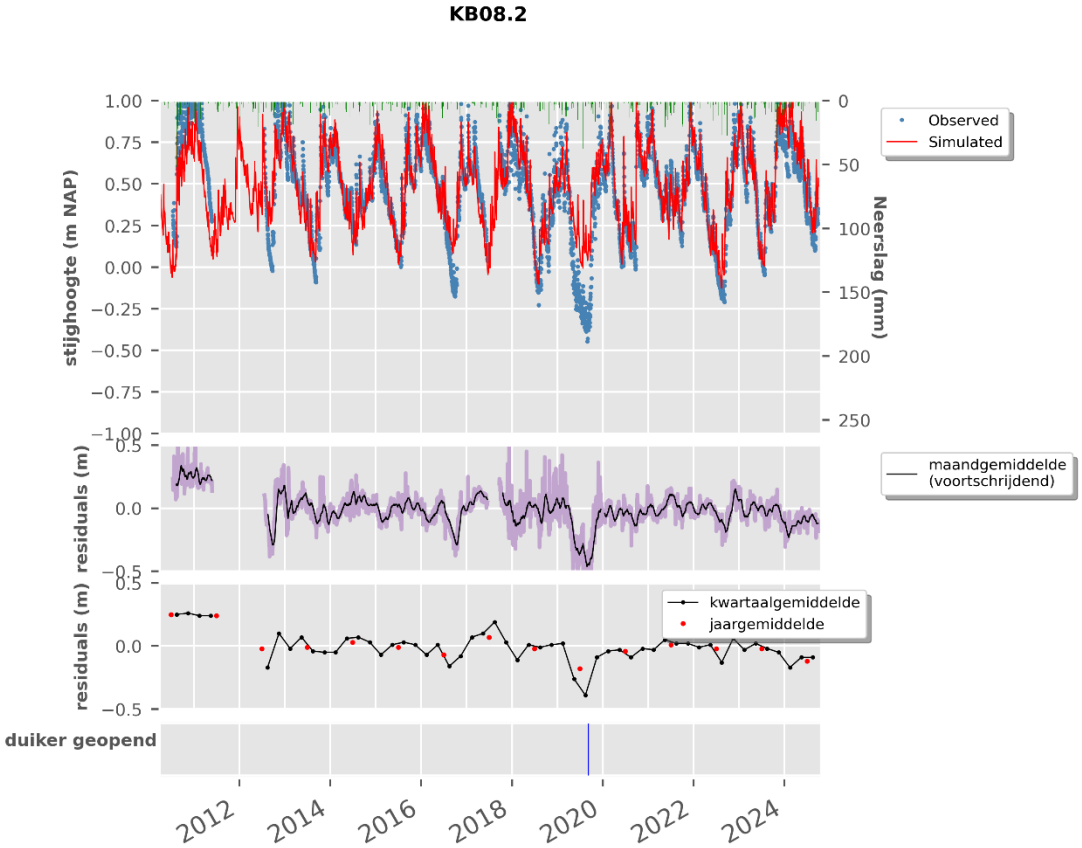
Datum: 31-05-2010



Gemeten stijghoogte (incl. handmetingen):



Tijdreeksanalyse:



D.22 KB10.1

Locatie meetpunt

Meetlocatie KB10.1 ligt in het noorden van plangebied Waterdunen. De maaiveldhoogte ter plaatse is circa NAP + 1,1 m.

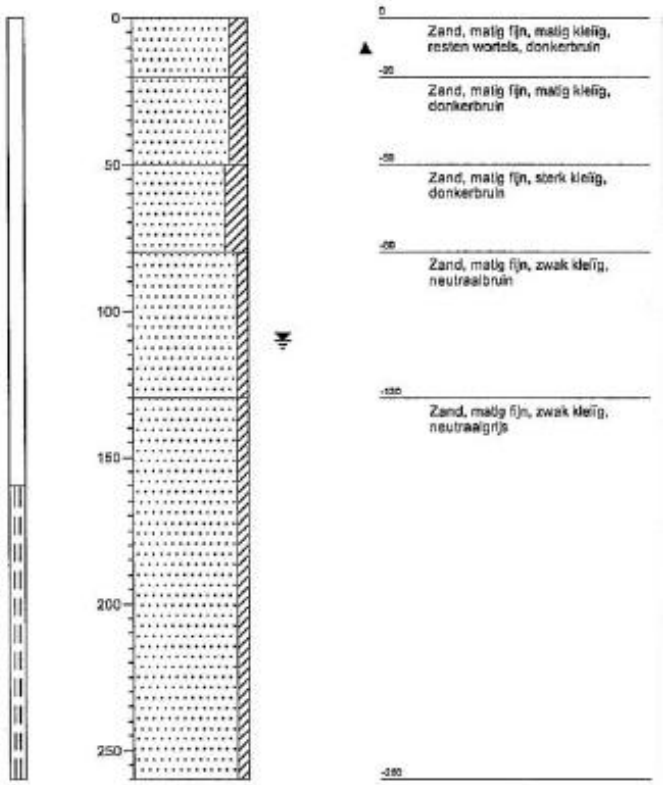
Gegevens peilbuizen

peilbuis	Bovenkant filter (m t.o.v. NAP)	Onderkant filter (m t.o.v. NAP)	Einddiepte (m t.o.v. NAP)	Chloridegehalte (mg/l)	
				2011	2016
Kb10.1	-0.2	-1.2	-1.2	310	280

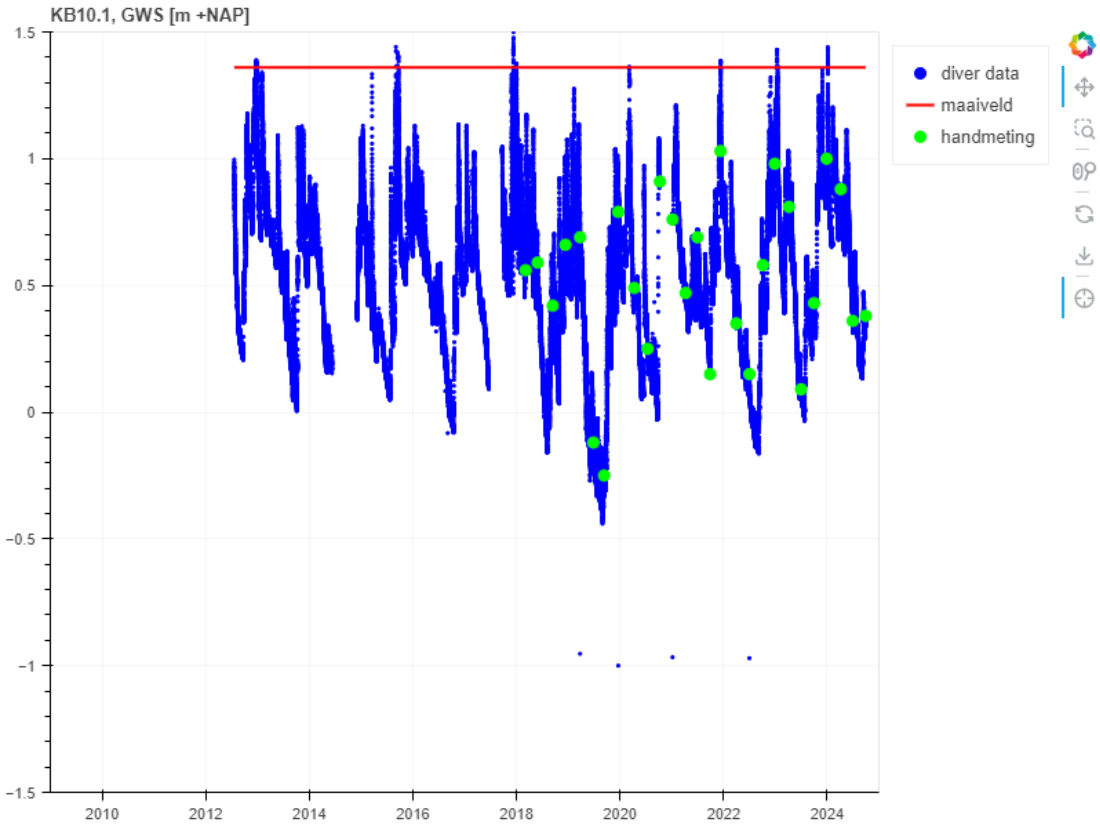
Bodemopbouw

Boring: kb10.1 (P1)

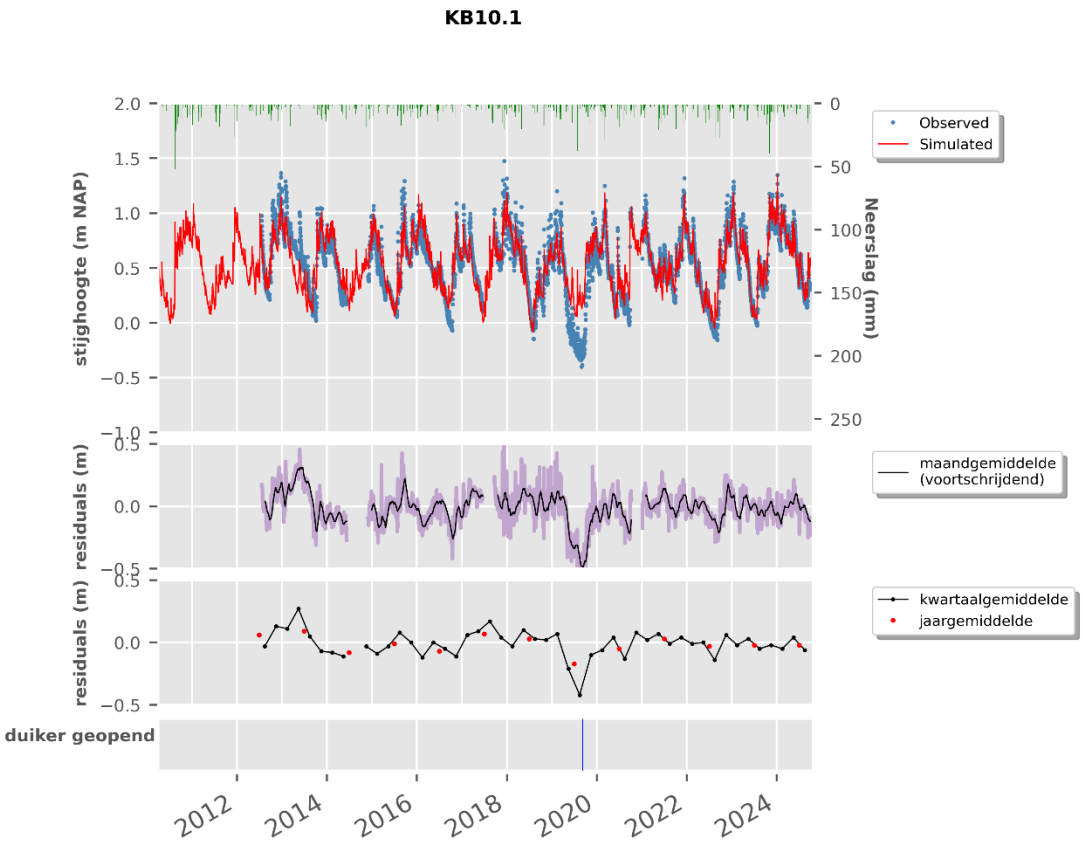
Datum: 31-05-2010



Gemeten stijghoogte (incl. handmetingen):

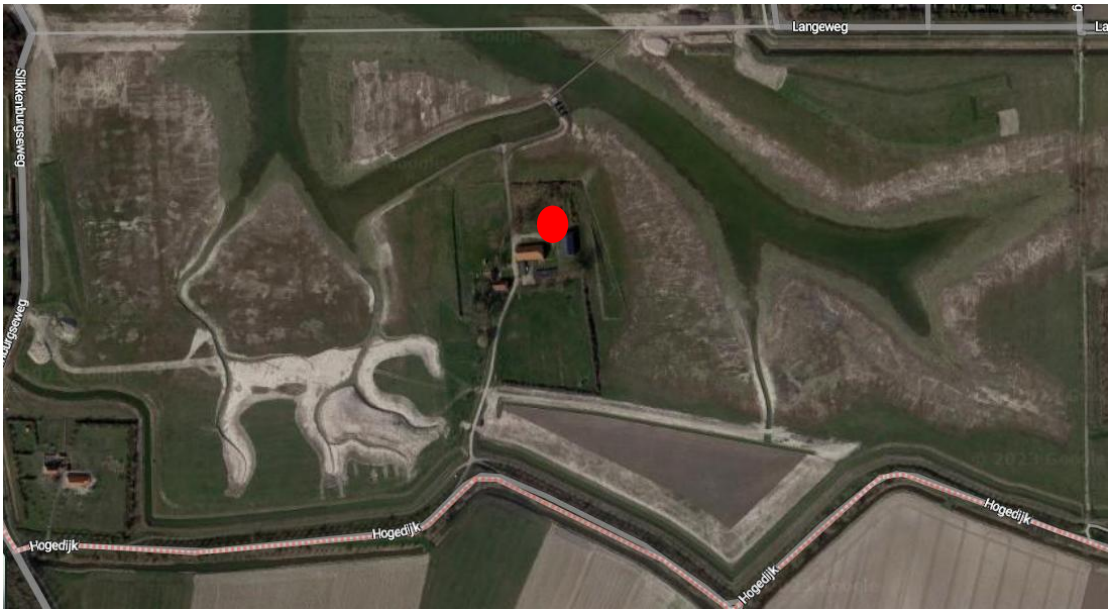


Tijdreeksanalyse:



D.23 LB103

Locatie meetpunt



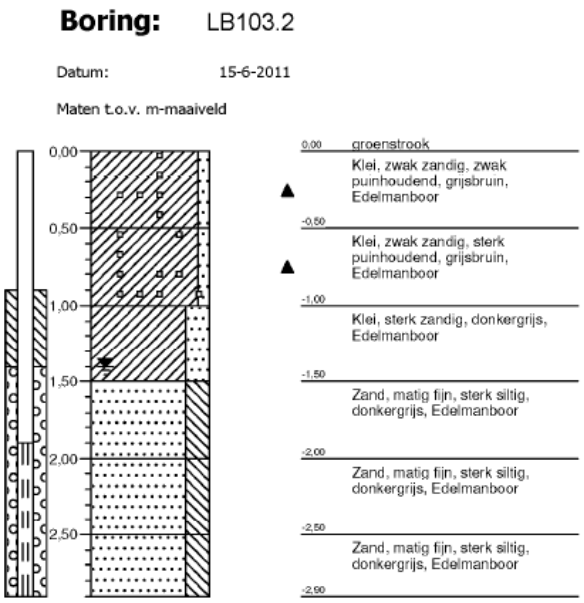
Meetlocatie LB-103 ligt in het plangebied Waterdunen, ten noorden van de Hogedijk. De maaiveldhoogte is ca. NAP +1.7 m.

Locatie meetpunt

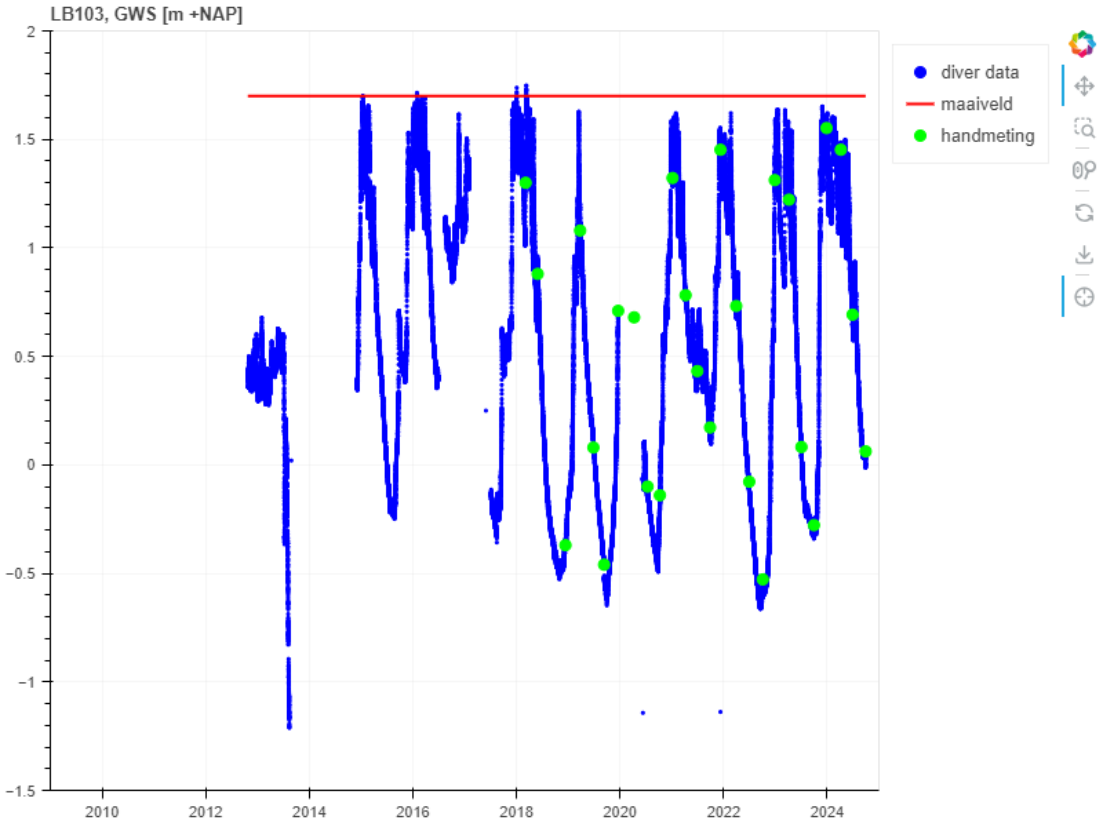
Gegevens peilbuizen

peilbuis	Bovenkant filter (m t.o.v. MV)	Onderkant filter (m t.o.v. MV)	Einddiepte (m t.o.v. MV)	Chloridegehalte (mg/l)
				2012
LB103	1.9	2.9	2.9	91

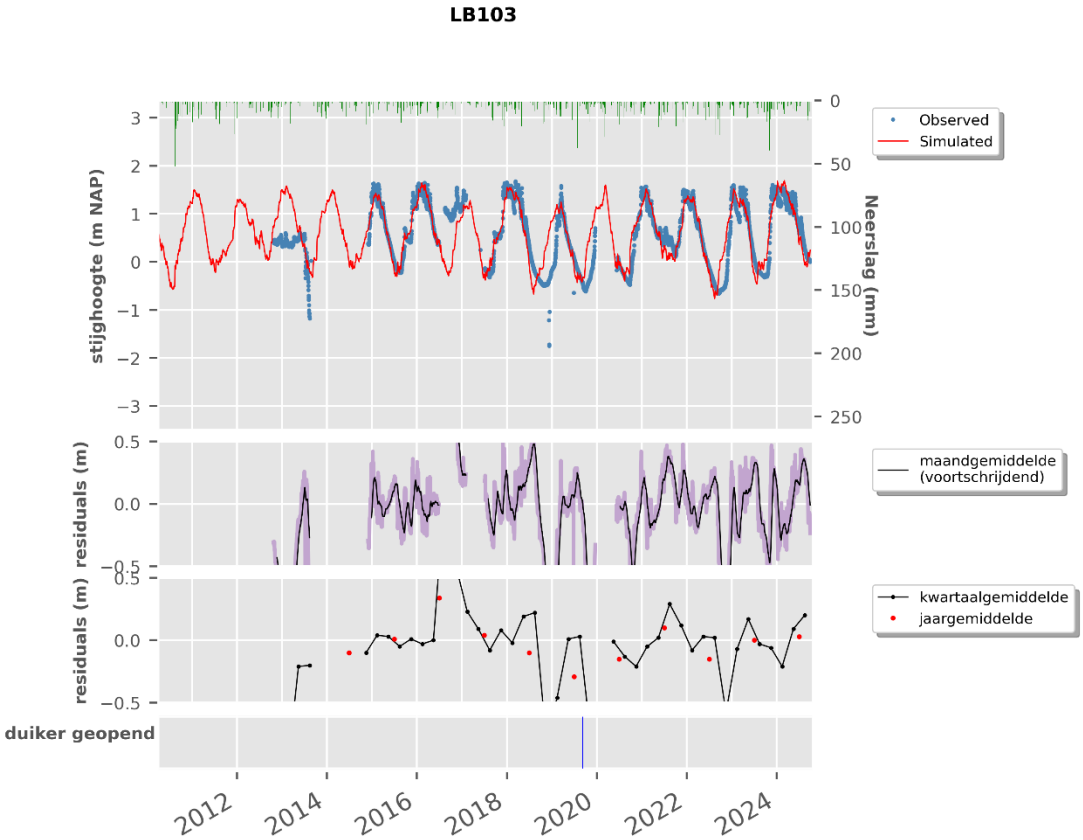
Bodemopbouw en diepte peilbuis



Gemeten stijghoogte (incl. handmetingen):



Tijdreeksanalyse:



D.24 NB09.1

Locatie meetpunt

Meetlocatie NB09.1 ligt in plangebied Waterdunen, op het bebouwde perceel aan de Nieuwesluisweg. De maaiveldhoogte ter plaatse is ca. NAP +1,1 m.

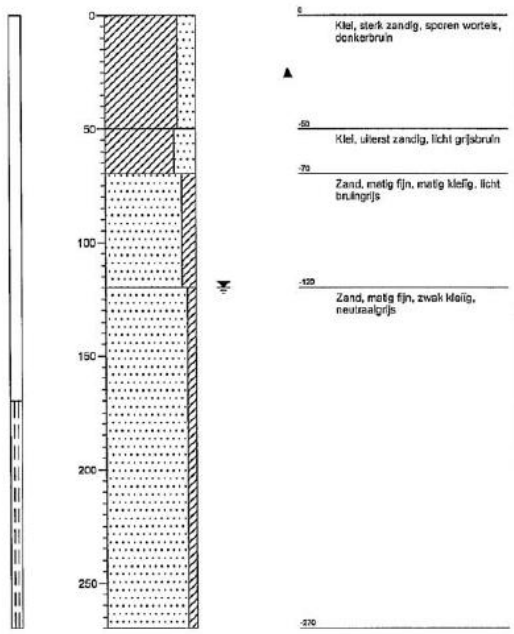
Gegevens peilbuizen

peilbuis	Bovenkant filter (m t.o.v. NAP)	Onderkant filter (m t.o.v. NAP)	Einddiepte (m t.o.v. NAP)	Chloridegehalte (mg/l)	
				2011	2016
NB09.1	-0.6	-1.6	-1.62	14000	7000

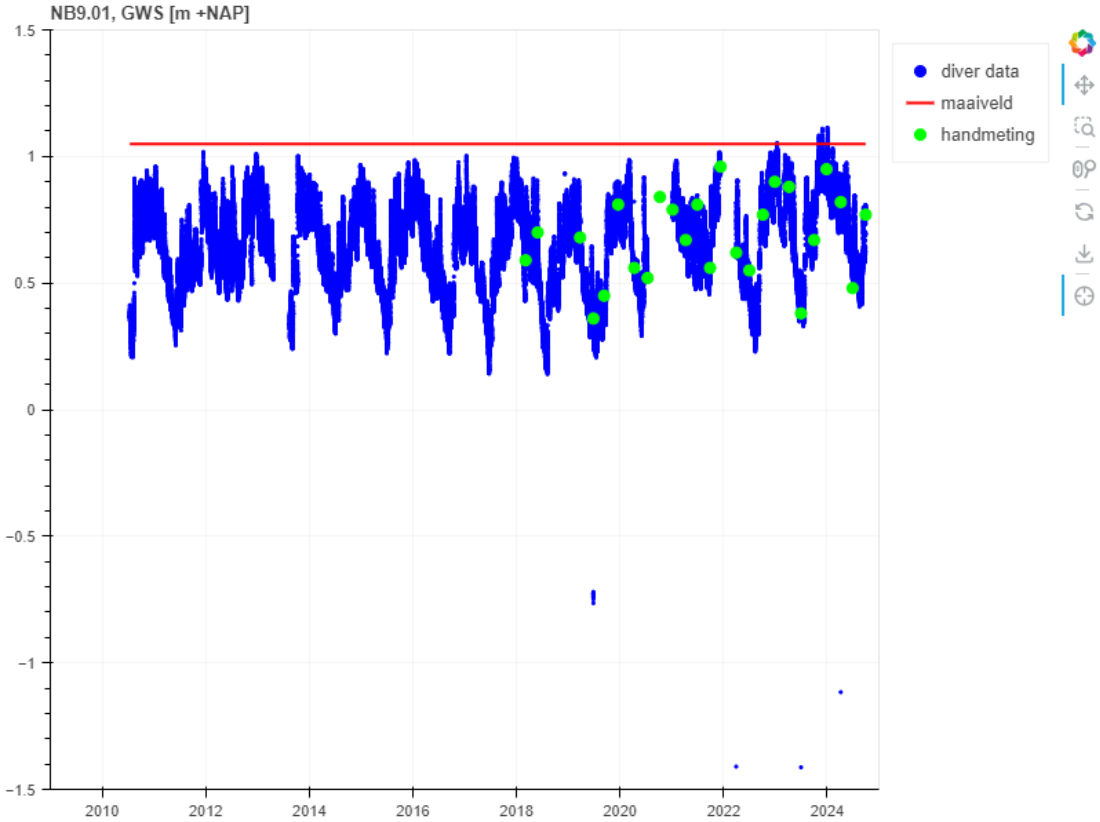
Bodemopbouw

Boring: **nb09.1 (P1)**

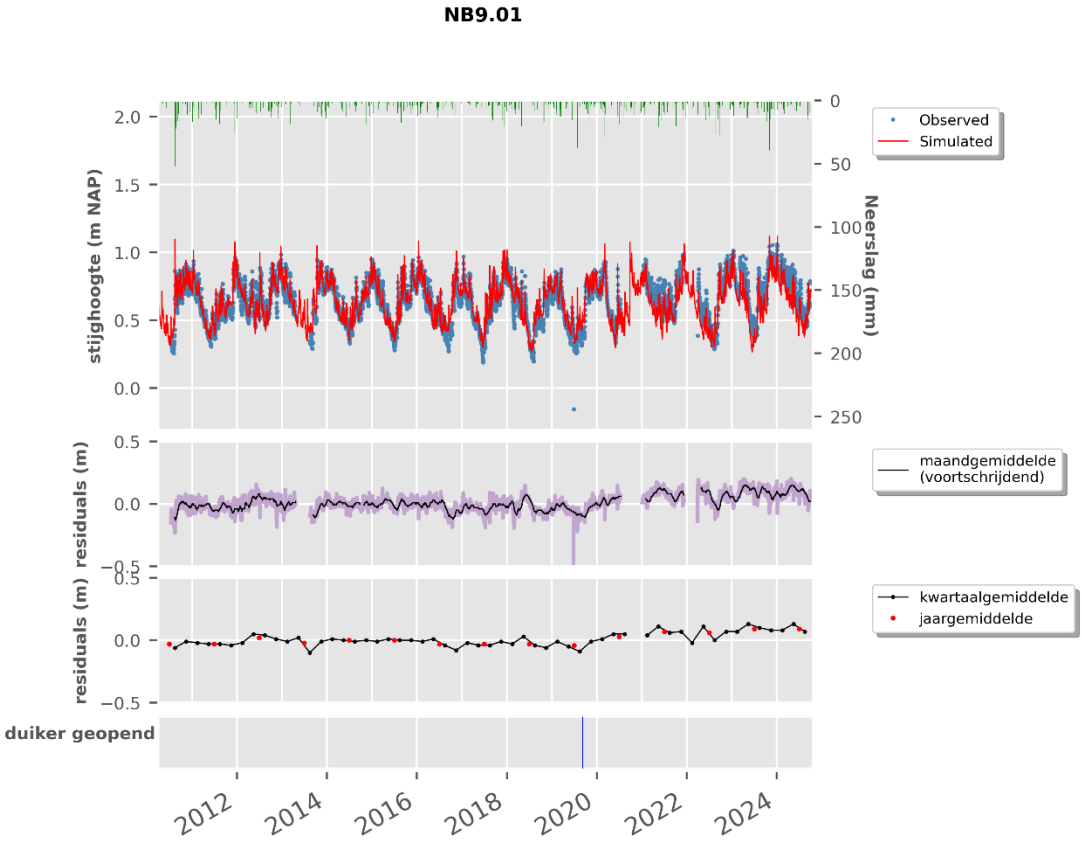
Datum: 02-06-2010



Gemeten stijghoogte (incl. handmetingen):



Tijdreeksanalyse:



D.25 NB11.2

Locatie meetpunt

Meetlocatie NB11.2 ligt in het noordoosten van plangebied Waterdunen. De maaiveldhoogte ter plaatse is ca. NAP +1,0 m.

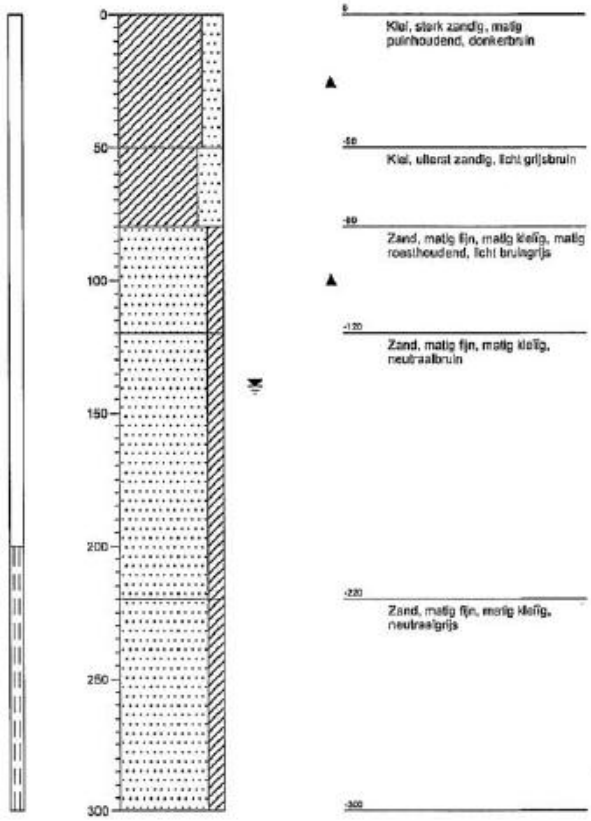
Gegevens peilbuizen

Peilbuis	Bovenkant filter (m t.o.v. NAP)	Onderkant filter (m t.o.v. NAP)	Einddiepte (m t.o.v. NAP)	Chloridegehalte (mg/l)	
				2011	2016
NB11.2	-0.74	-1.74	-1.74	120	94

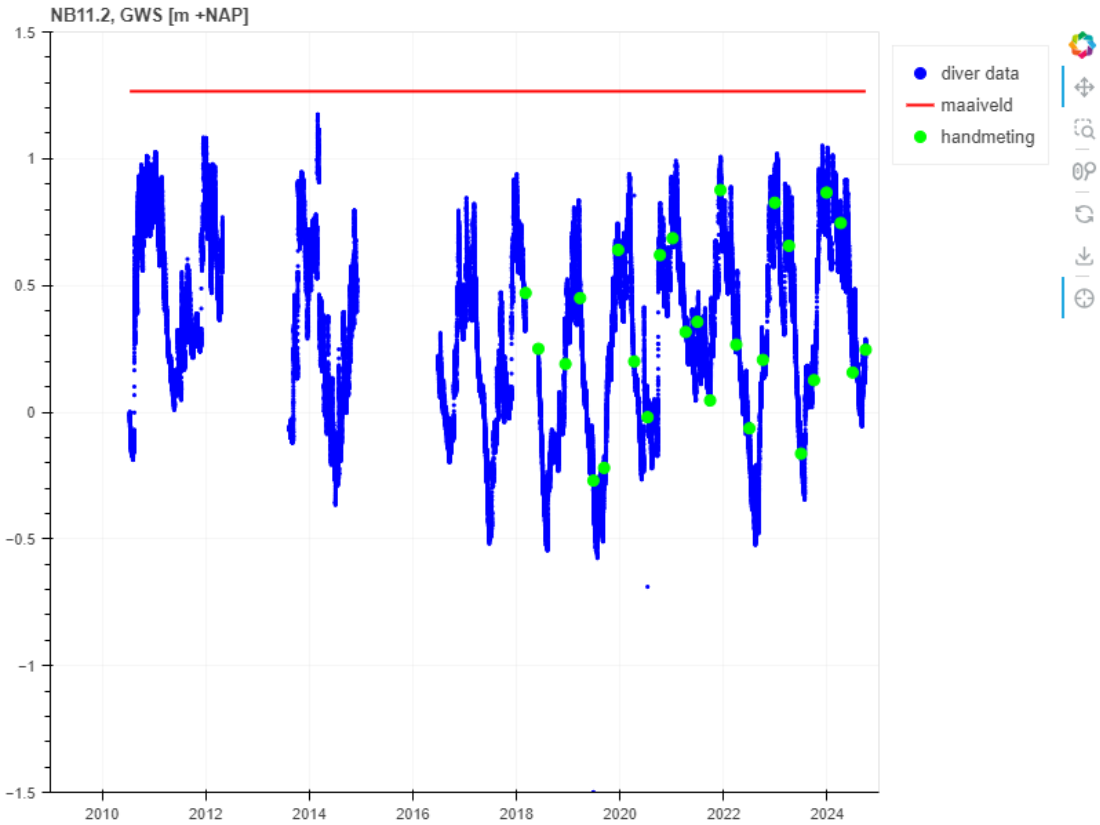
Bodemopbouw

Boring: nb11.1 (P1)

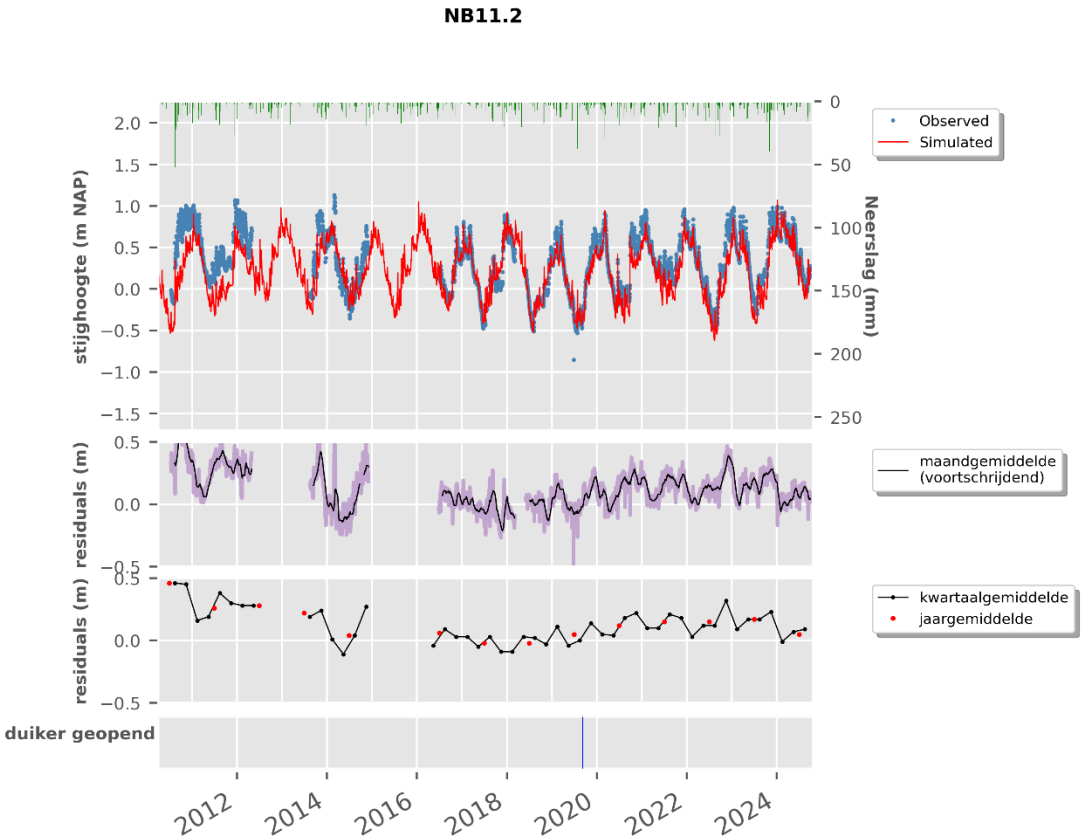
Datum: 02-06-2010



Gemeten stijghoogte (incl. handmetingen):

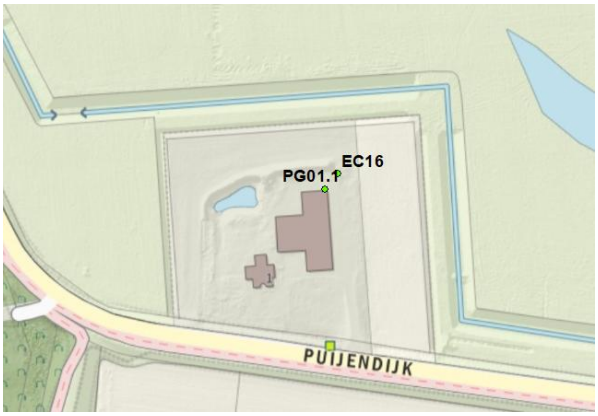


Tijdreeksanalyse:



D.26 PG01.1

Locatie meetpunt



Meetlocatie PG01.1 ligt in het zuiden van plangebied Waterdunen. De maaiveldhoogte ter plaatse is ca. NAP +1.6 m.

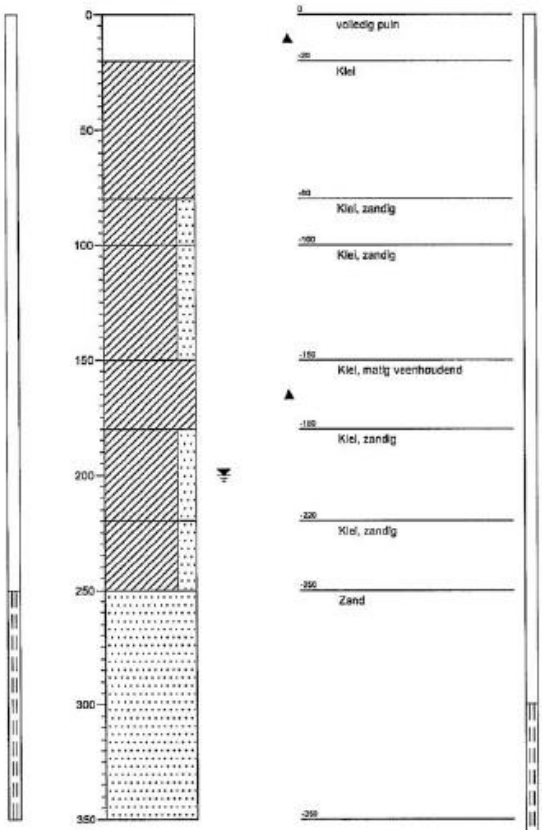
Gegevens peilbuizen

peilbuis	Bovenkant filter (m t.o.v. NAP)	Onderkant filter (m t.o.v. NAP)	Einddiepte (m t.o.v. NAP)	Chloridegehalte (mg/l)	
				2011	2016
PG01.1	-2.5	-3.5	3.50		23

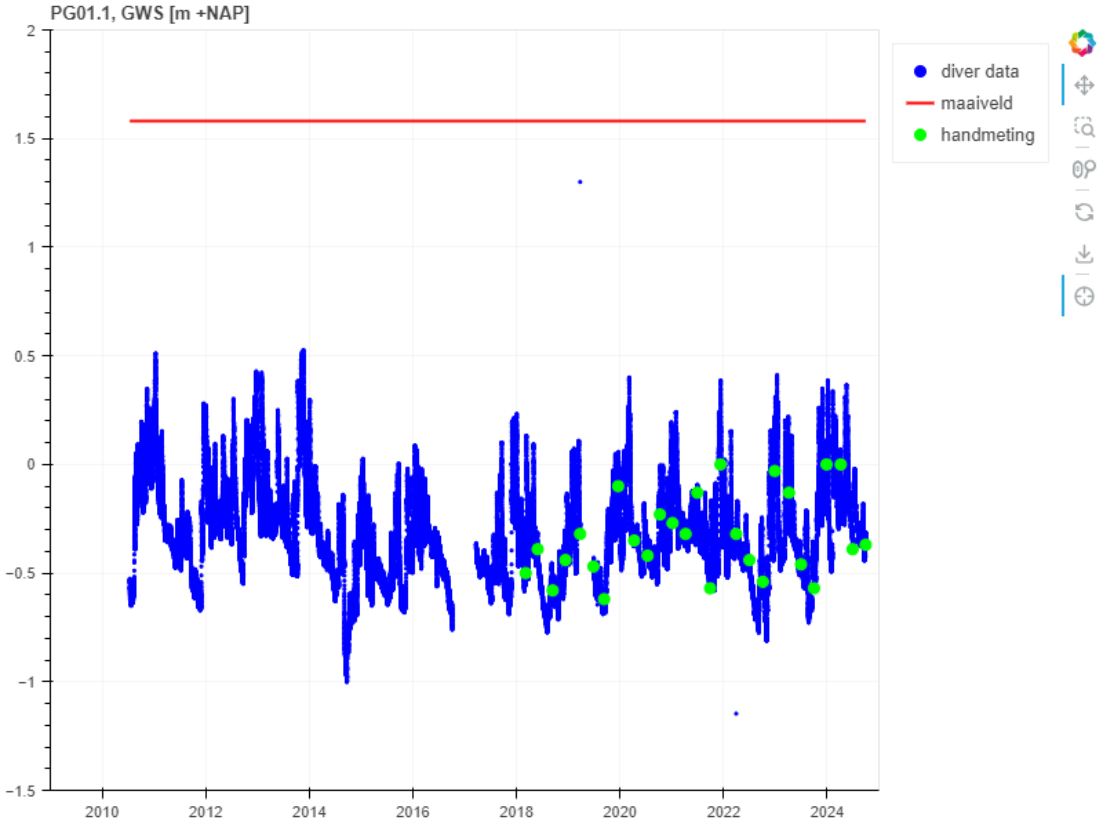
Bodemopbouw

Boring: pg01.1 (P1)

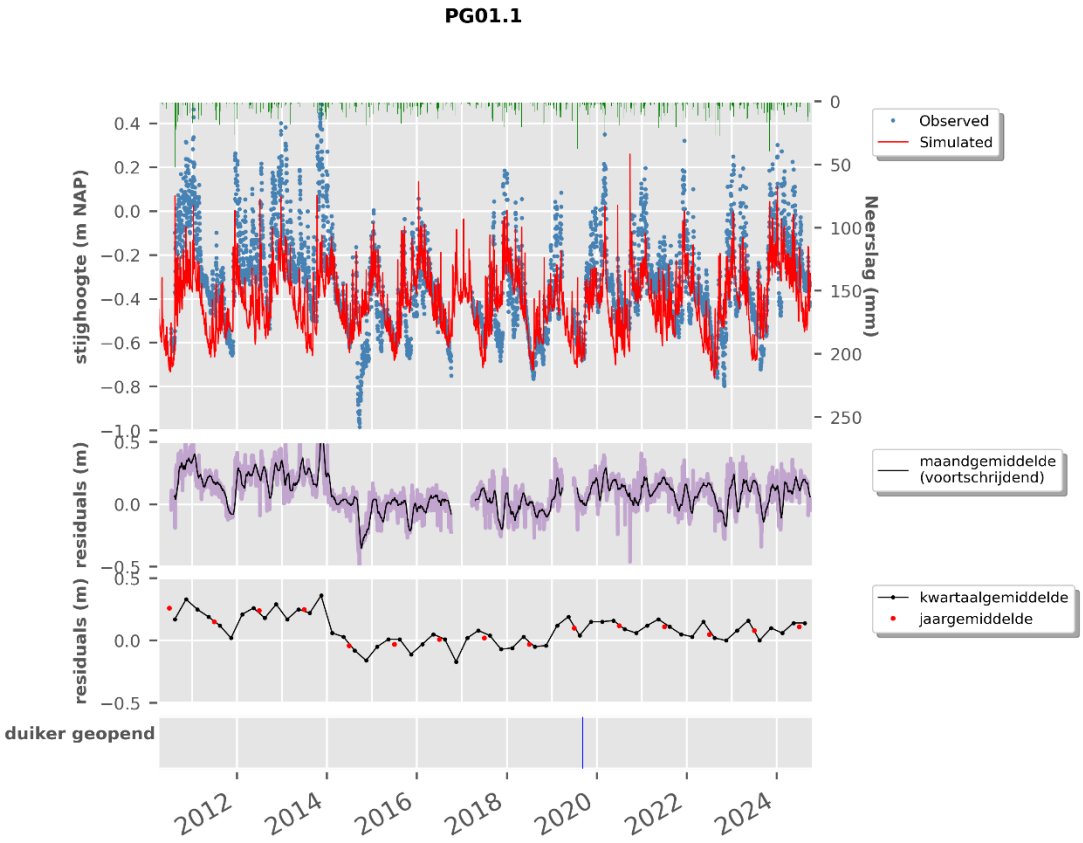
Datum: 14-06-2010



Gemeten stijghoogte (incl. handmetingen):

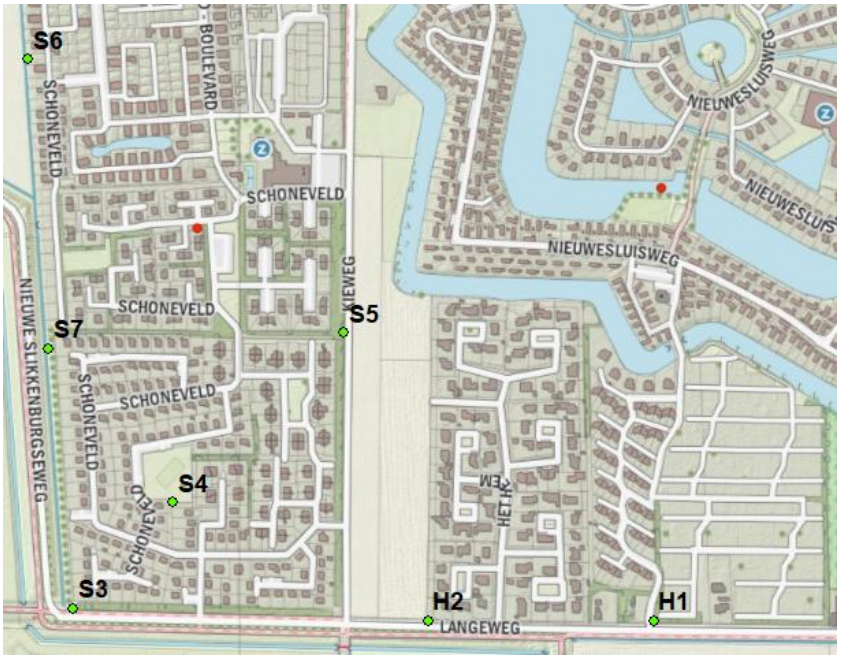


Tijdreeksanalyse:



D.27 S3

Locatie meetpunt

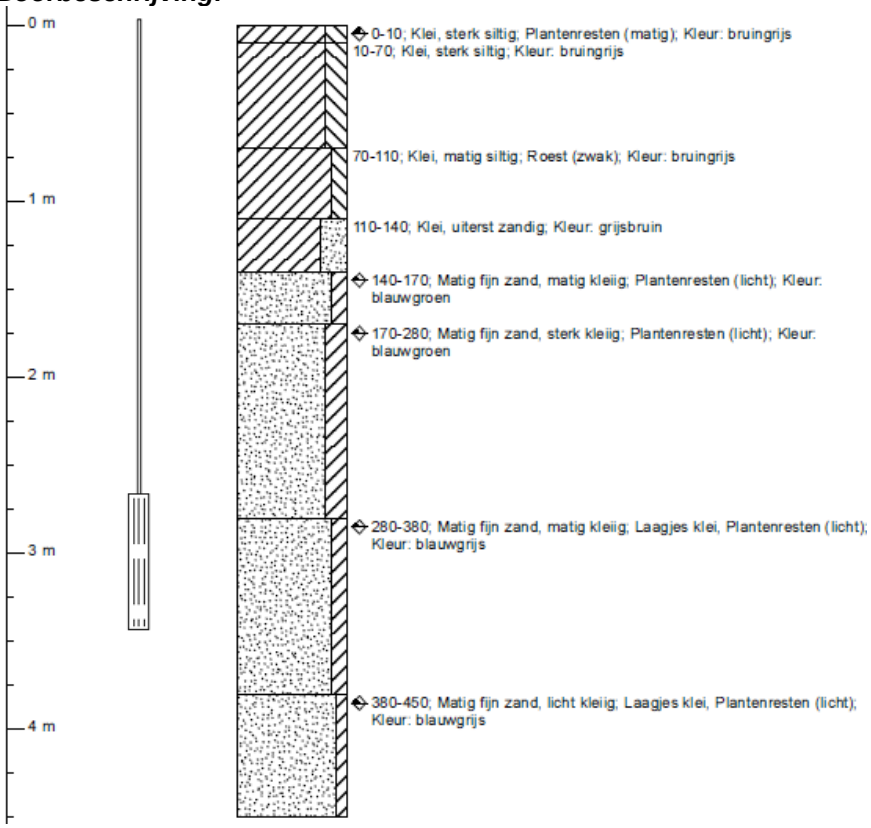


De meetlocatie S-3 ligt in recreatieparken Schoneveld. De maaiveldhoogte is NAP +1,28 m.

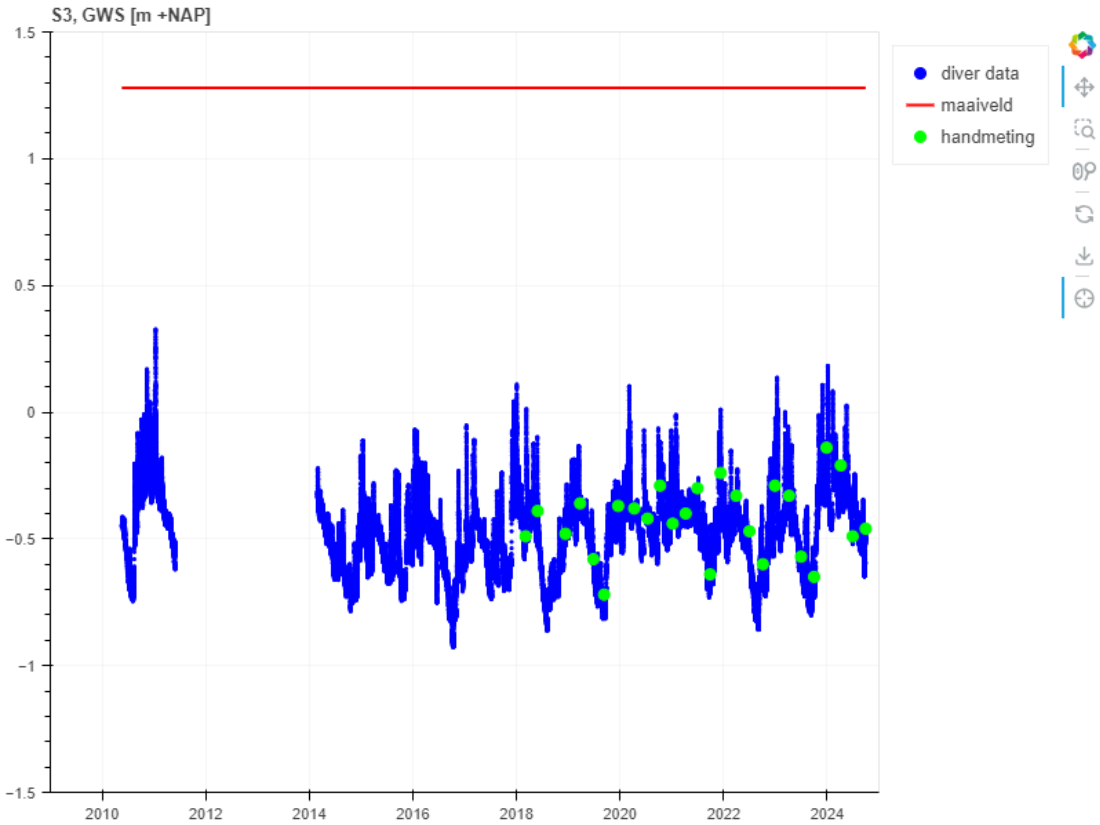
Gegevens peilbuizen

peilbuis	Bovenkant filter (m t.o.v. NAP)	Onderkant filter (m t.o.v. NAP)	Einddiepte (m t.o.v. mv)	Chloridegehalte (mg/l)	
				2011	2016
S-3	-2.2	-3.2	4.3	6700	1100

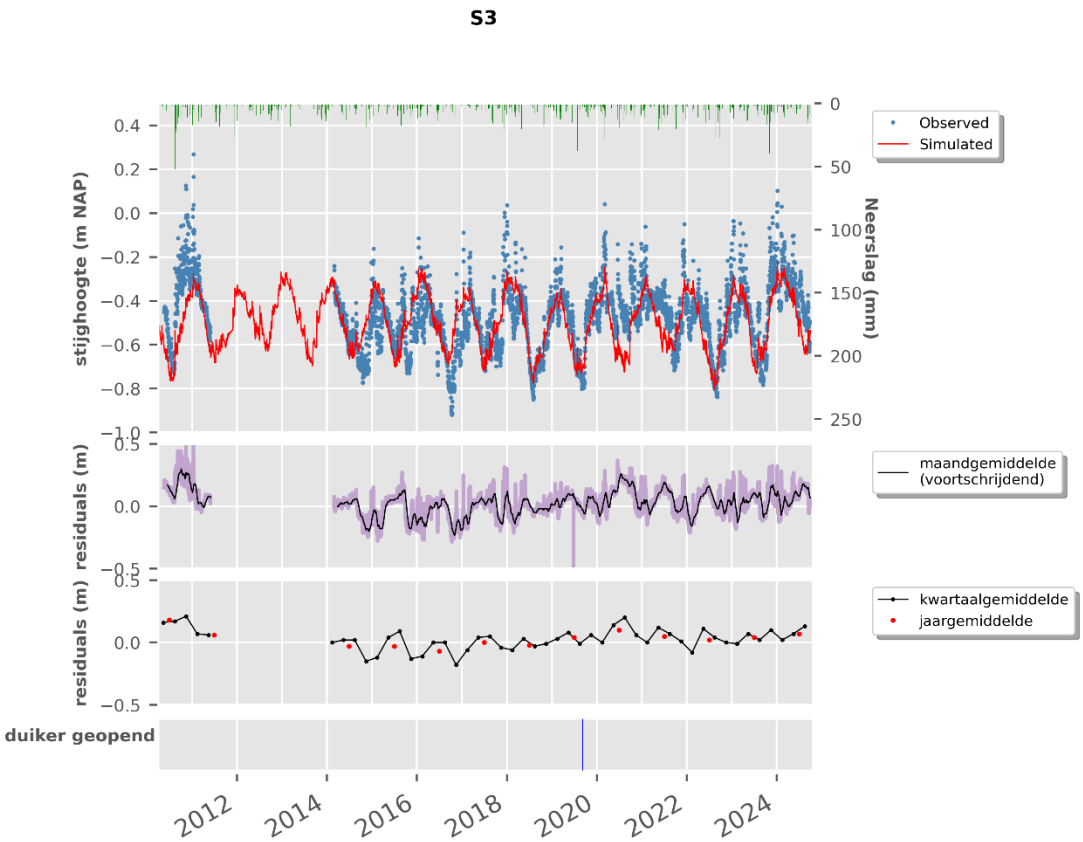
Boorbeschrijving:



Gemeten stijghoogte (incl. handmetingen):

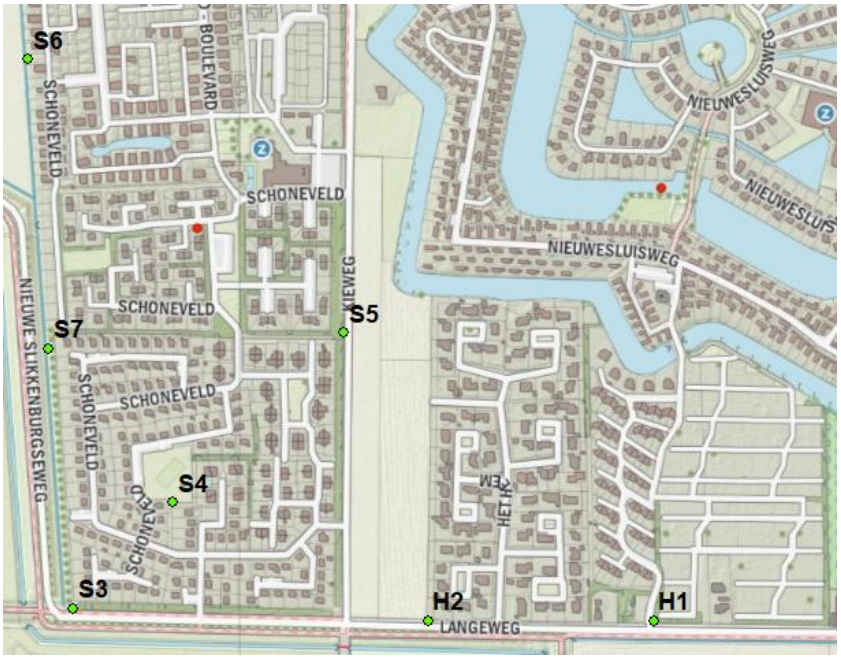


Tijdreeksanalyse:



D.28 S4

Locatie meetpunt

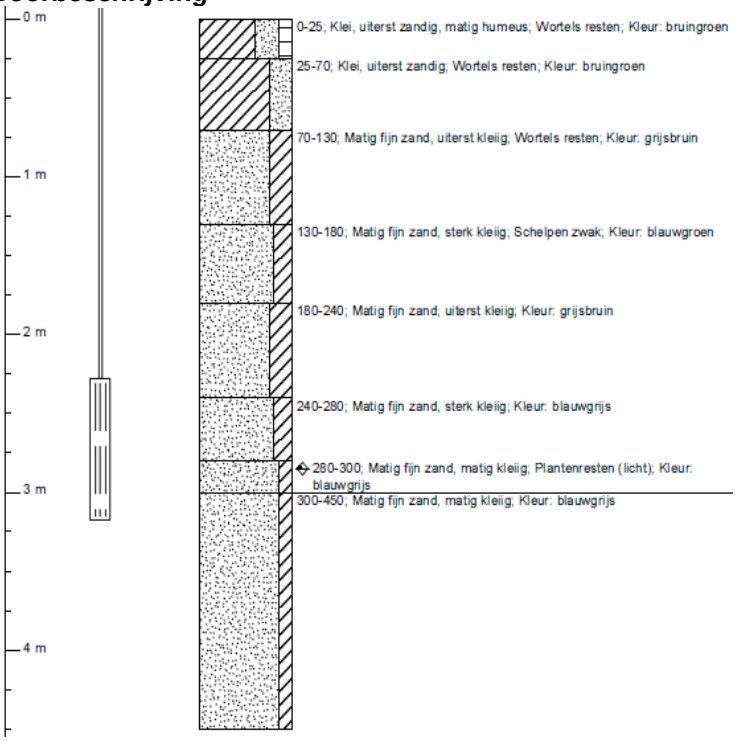


De meetlocatie S-4 ligt in recreatieparken Schoneveld. De maaiveldhoogte is NAP +0.99 m.

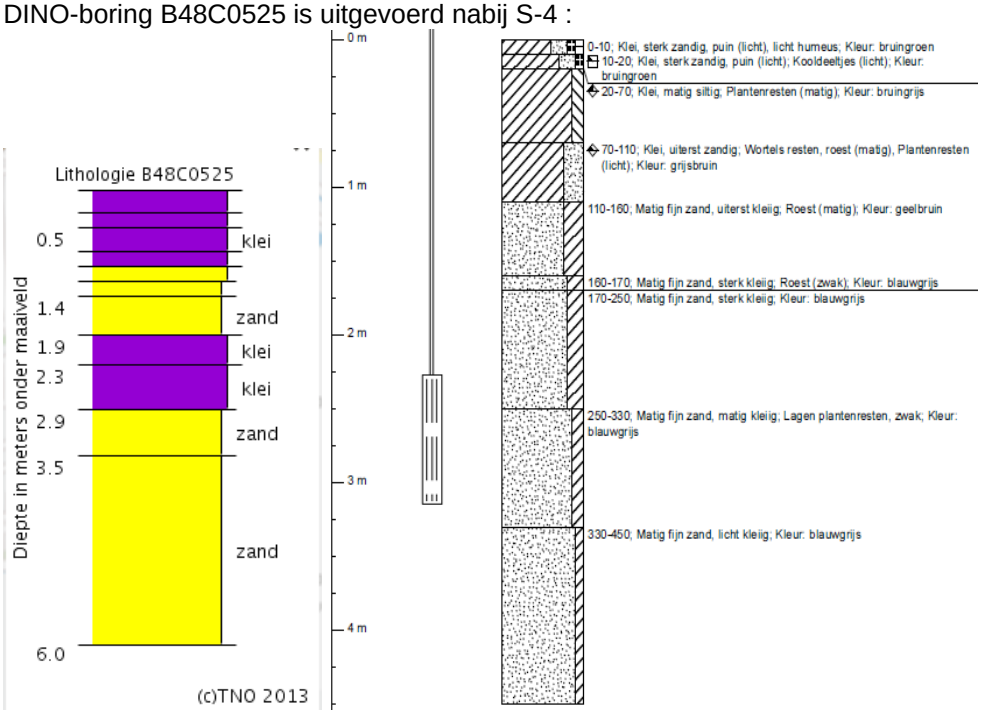
Gegevens peilbuizen

peilbuis	Bovenkant filter (m t.o.v. NAP)	Onderkant filter (m t.o.v. NAP)	Einddiepte (m t.o.v. mv)	Chloridegehalte (mg/l)	
				2011	2016
S-4	-2.5	-3.5	4.4	33	32

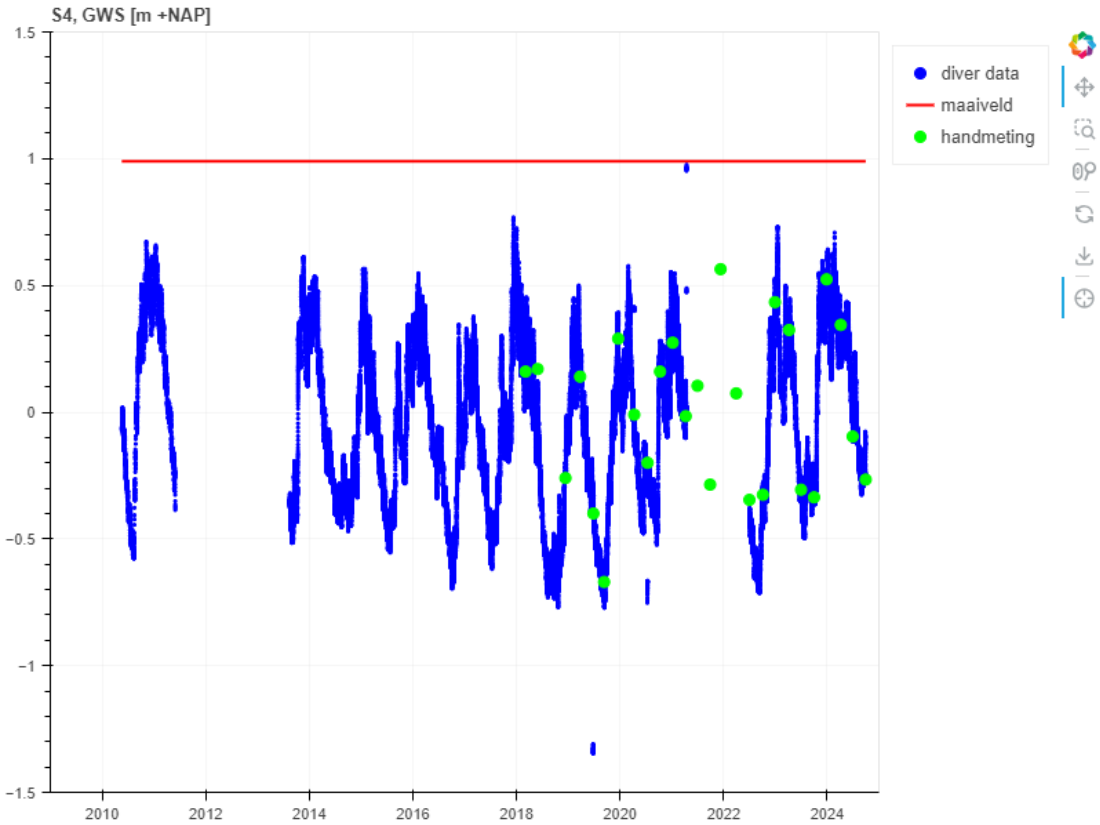
Boorbeschrijving



DINO-boring B48C0525 is uitgevoerd nabij S-4 :



Gemeten stijghoogte (incl. handmetingen):

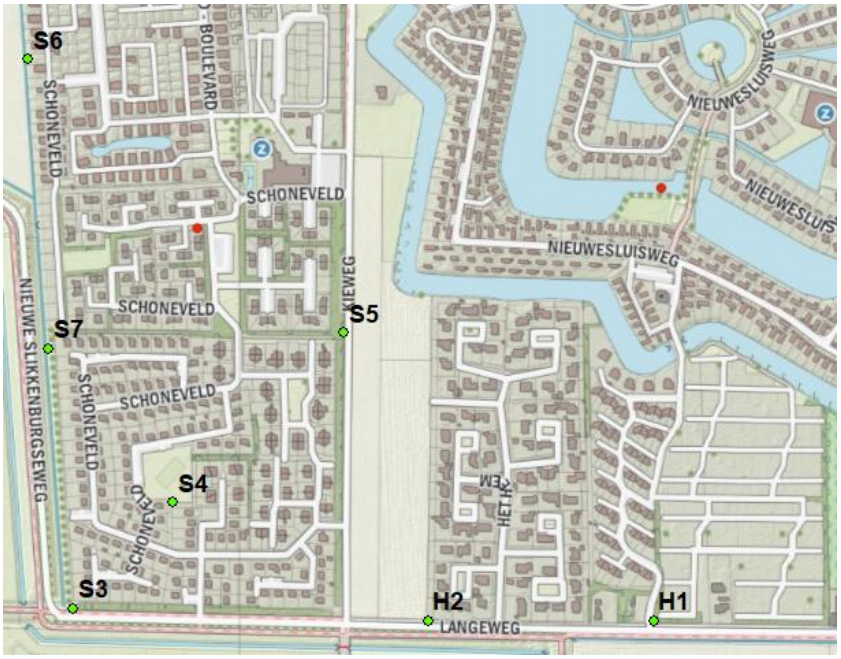


Tijdreeksanalyse:

S4

D.29 S5

Locatie meetpunt

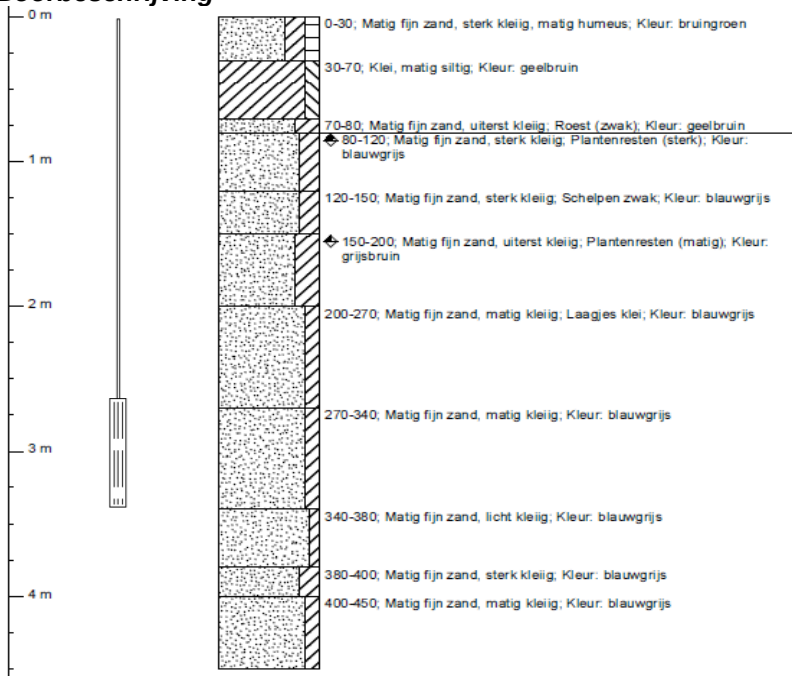


De meetlocatie S-5 ligt in recreatieparken Schoneveld. De maaiveldhoogte is NAP +1,4 m.

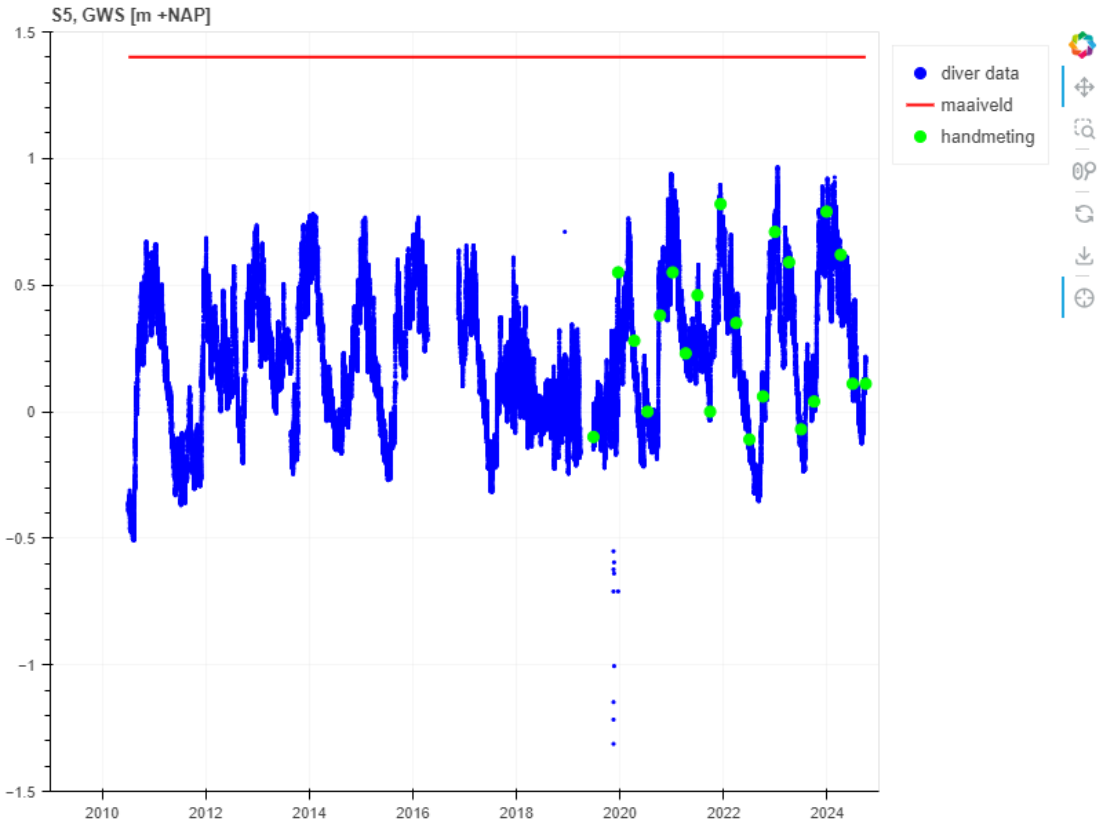
Gegevens peilbuizen

peilbuis	Bovenkant filter (m t.o.v. NAP)	Onderkant filter (m t.o.v. NAP)	Einddiepte (m t.o.v. mv)	Chloridegehalte (mg/l)	
				2011	2016
S-5	-2.2	-3.2	4.4	280	190

Boorbeschrijving

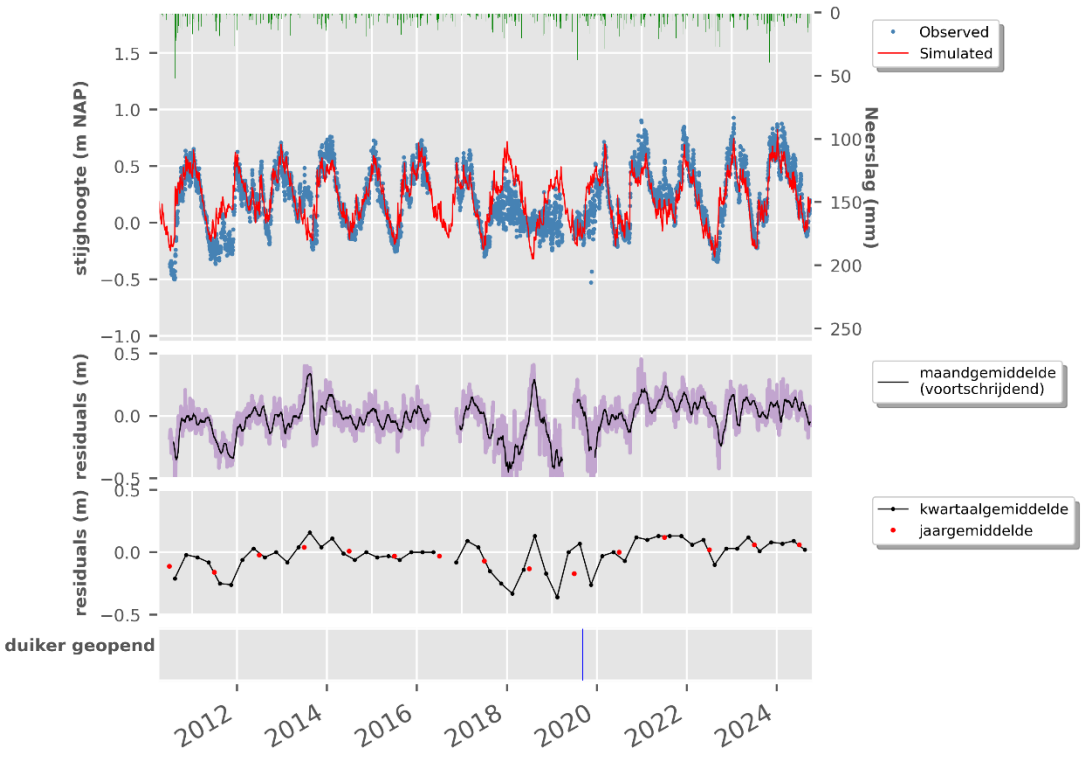


Gemeten stijghoogte (incl. handmetingen):



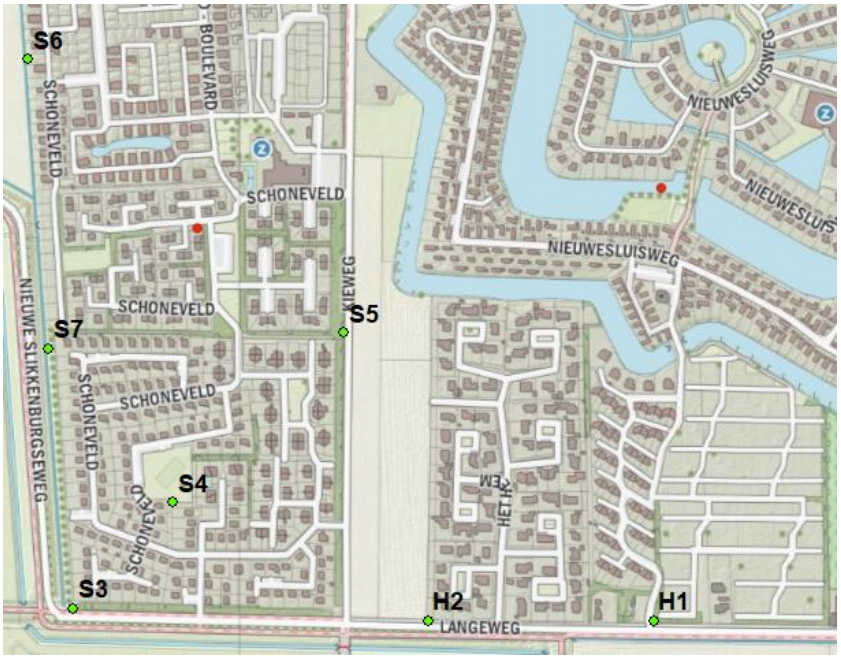
Tijdreeksanalyse:

S5



D.30 S6

Locatie meetpunt

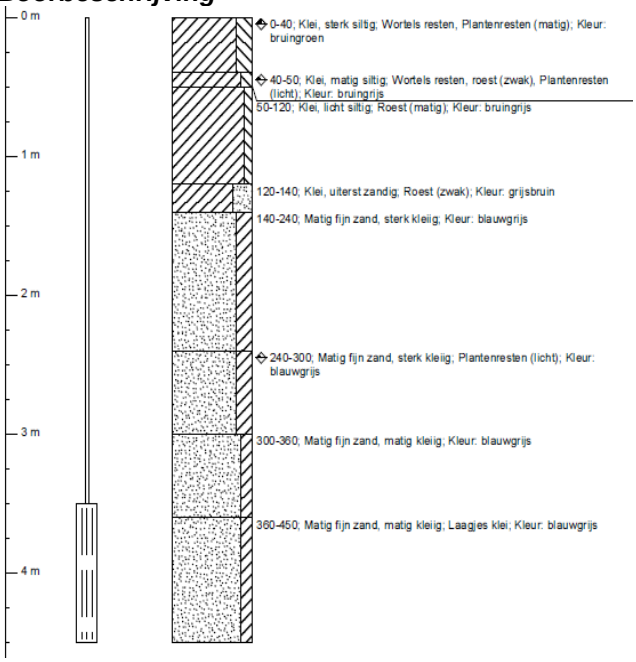


De meetlocatie S-6 ligt in recreatieparken Schoneveld. De maaiveldhoogte is NAP +1,23 m.

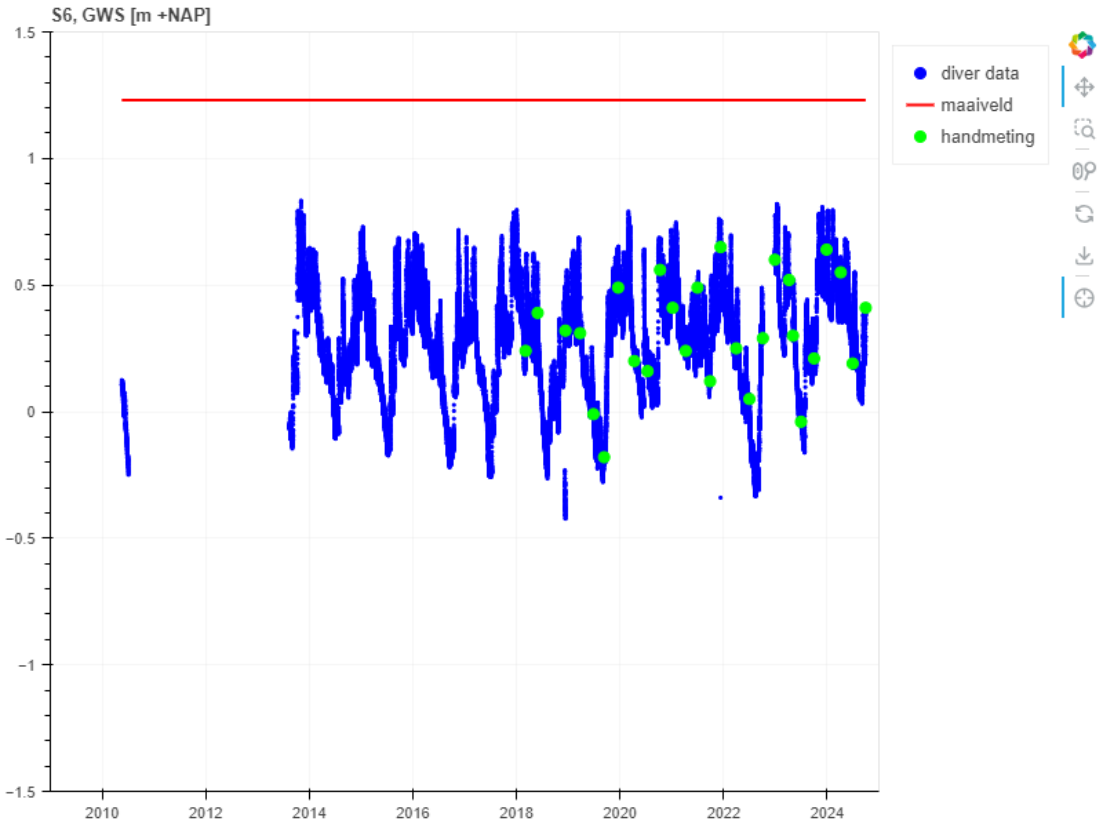
Gegevens peilbuizen

peilbuis	Bovenkant filter (m t.o.v. NAP)	Onderkant filter (m t.o.v. NAP)	Einddiepte (m t.o.v. mv)	Chloridegehalte (mg/l)	
				2011	2016
S-6	-2.6	-3.6	4.4	8000	4300

Boorbeschrijving



Gemeten stijghoogte (incl. handmetingen):

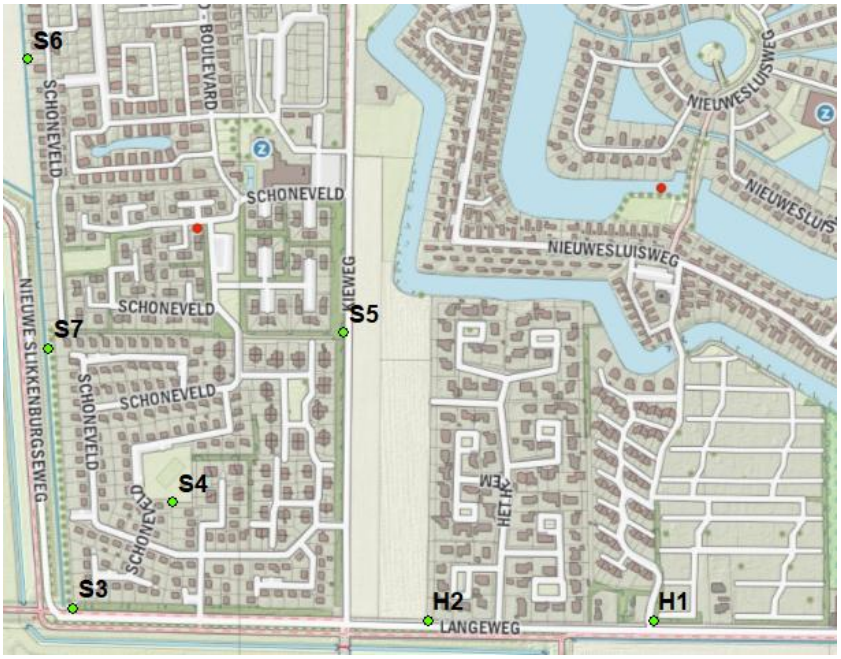


Tijdreeksanalyse:

S6

D.31 S7

Locatie meetpunt

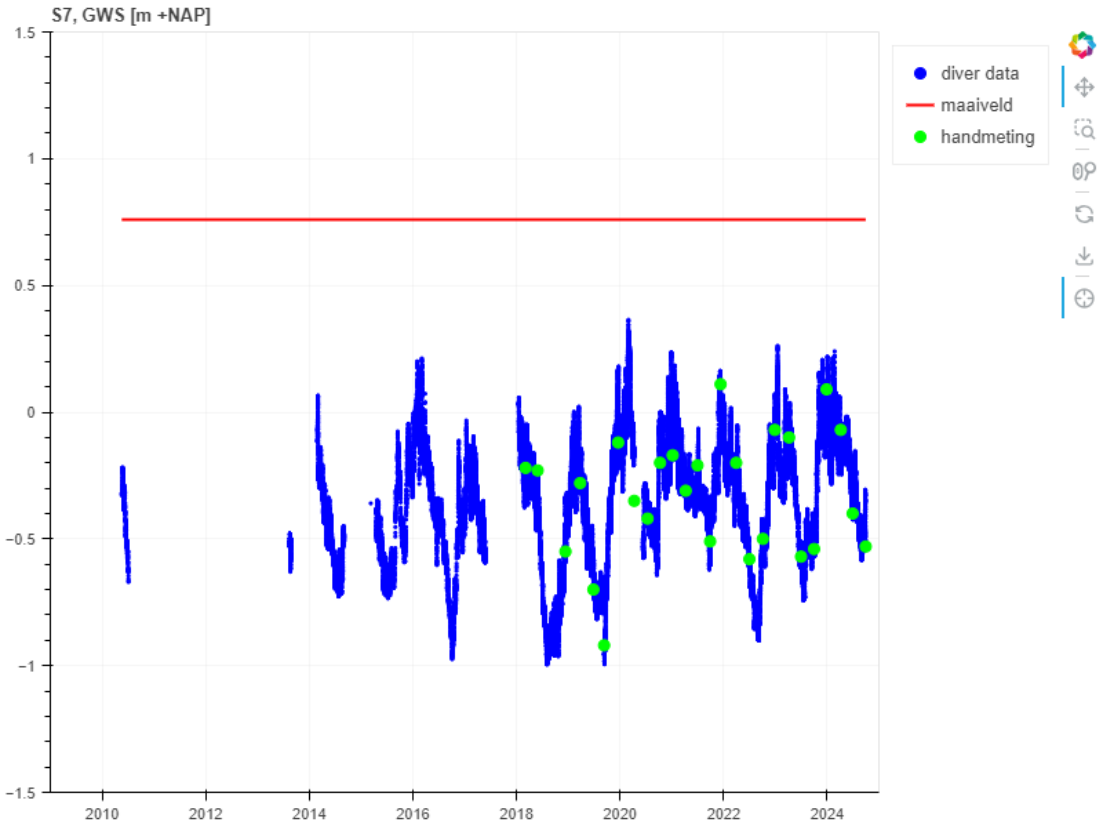


De meetlocatie S-7 ligt in recreatiepark Schoneveld. De maaiveldhoogte is NAP +0.76 m.

Gegevens peilbuizen

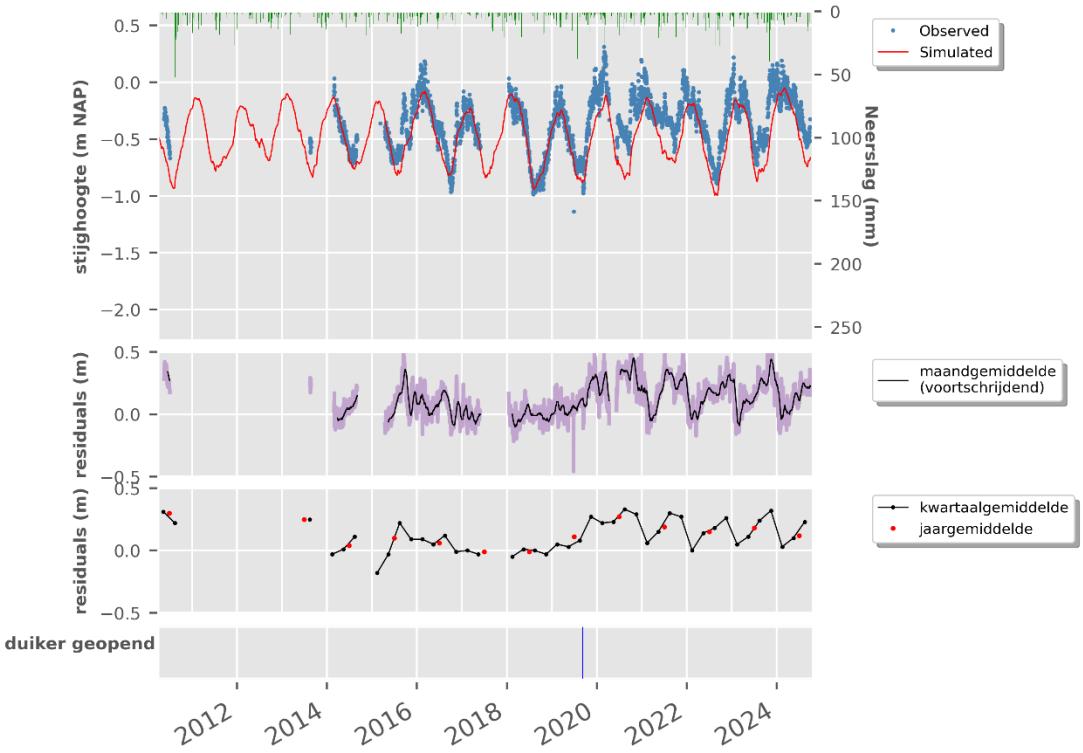
peilbuis	Bovenkant filter (m t.o.v. NAP)	Onderkant filter (m t.o.v. NAP)	Einddiepte (m t.o.v. mv)	Chloridegehalte (mg/l)	
				2011	2016
S-7	-3.1	-4.1	4.3	3100	2500

Gemeten stijghoogte (incl. handmetingen):



Tijdreeksanalyse:

S7



D.32 SB5.1

Meetpunt SB05.1 is in 2019 vervallen als gevolg van bouwactiviteiten t.b.v. het nieuwe huis en vervangen door een nieuw geplaatst meetpunt SB05.2.

Meetlocatie SB05.1 ligt in het plangebied Waterdunen. De maaiveldhoogte ter plaatse is circa NAP +1.3 m.

Locatie meetpunt

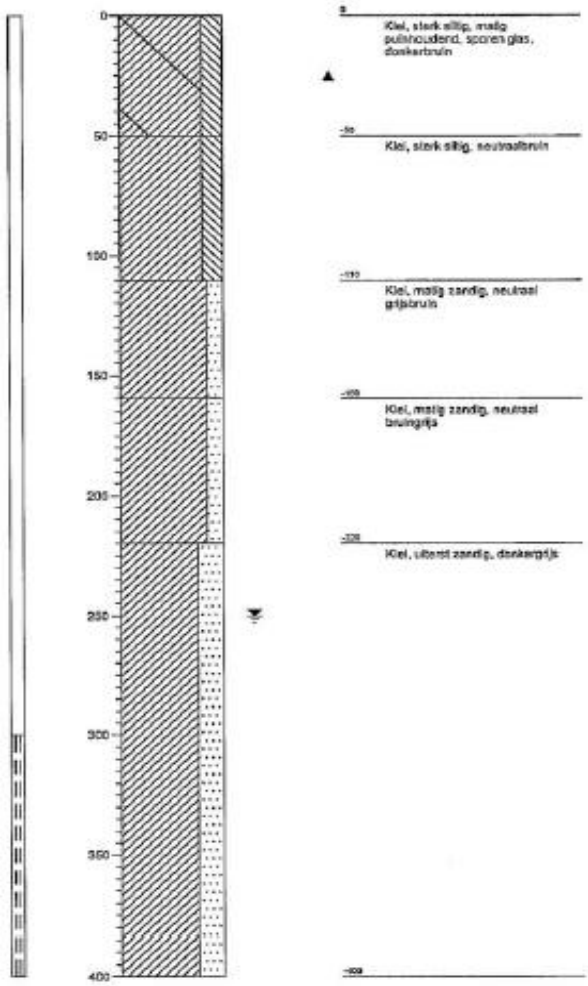
Gegevens peilbuizen

peilbuis	Bovenkant filter (m t.o.v. NAP)	Onderkant filter (m t.o.v. NAP)	Einddiepte (m t.o.v. NAP)	Chloridegehalte (mg/l)	
				2011	2016
SB05.1	-1.7	-2.7	-2.7	710	1200

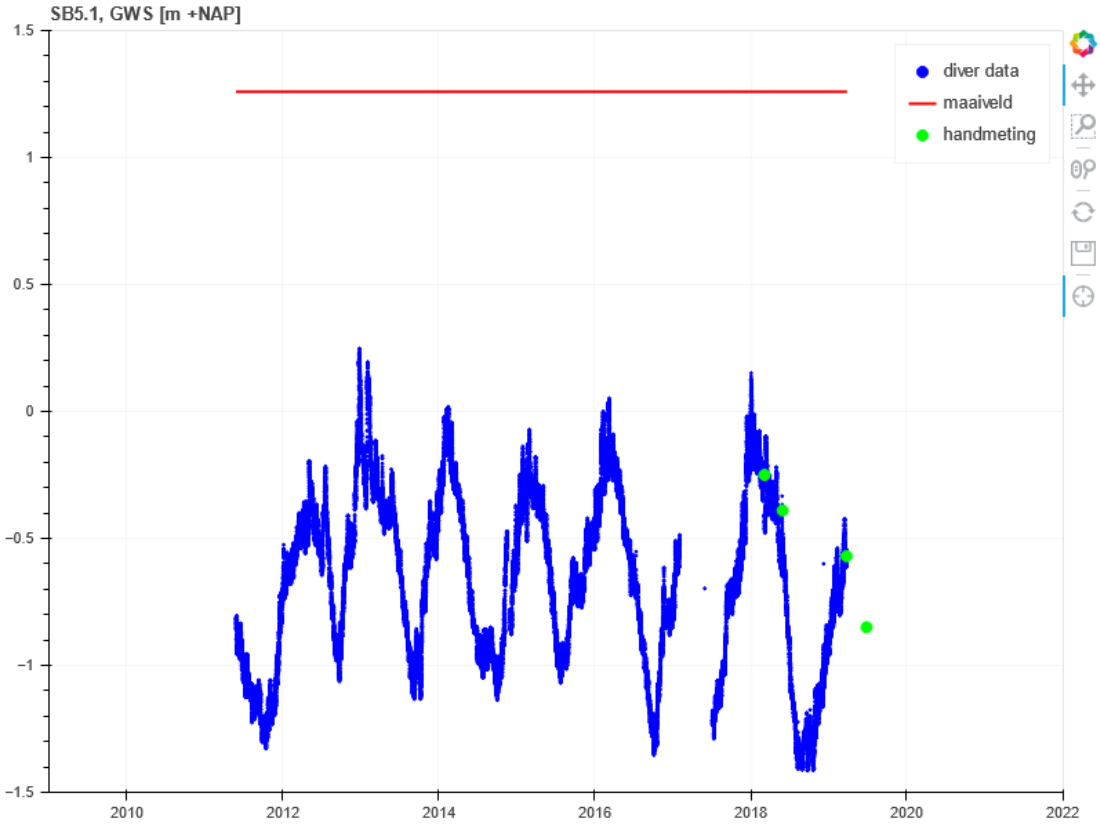
Bodemopbouw

Boring: sb05.1 (P1)

Datum: 02-06-2010



Gemeten stijghoogte (incl. handmetingen)



D.33 SB5.2

Locatie meetpunt

Meetpunt SB05.1 is in 2019 vervallen als gevolg van bouwactiviteiten t.b.v. het nieuwe huis en vervangen door een nieuw geplaatst meetpunt SB05.2.

Meetlocatie SB05.2 ligt in het plangebied Waterdunen. De maaiveldhoogte ter plaatse is circa NAP +1.3 m. Er is nog een peilbuis SB05.3 aanwezig waarin alleen het chloridegehalte is bepaald.

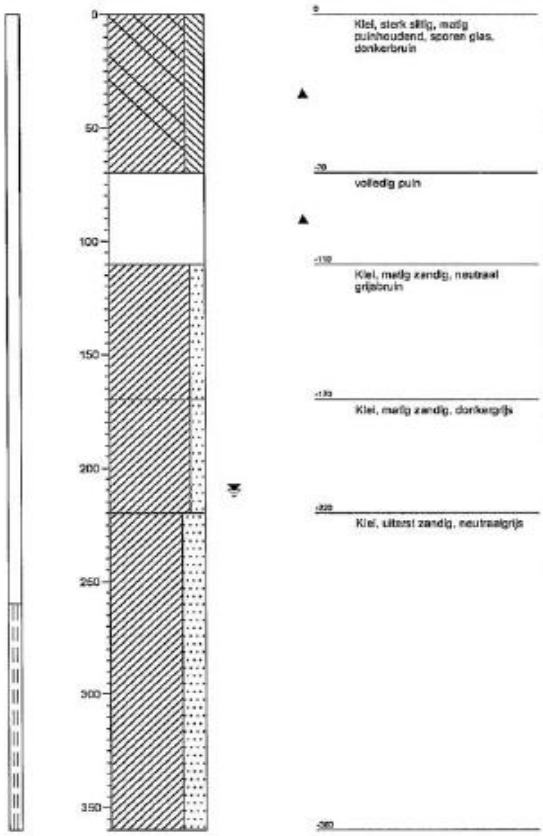
Gegevens peilbuizen

peilbuis	Bovenkant filter (m t.o.v. maaiveld)	Onderkant filter (m t.o.v. maaiveld)	Einddiepte (m t.o.v. maaiveld)	Chloridegehalte (mg/l)	
				2011	2016
SB05.2	2.6	3.6	3.6	65	---

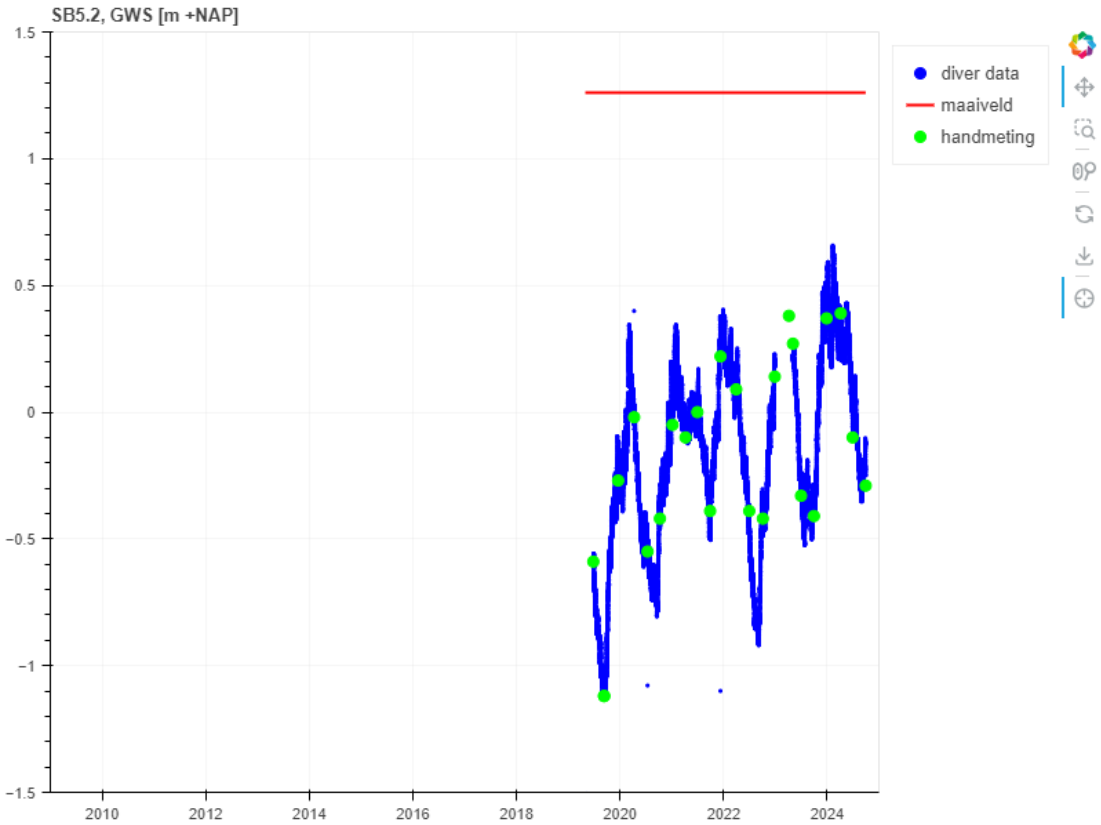
Bodemopbouw

Boring: sb05.2 (P2)

Datum: 02-06-2010



Gemeten stijghoogte (incl. handmetingen):



D.34 W8

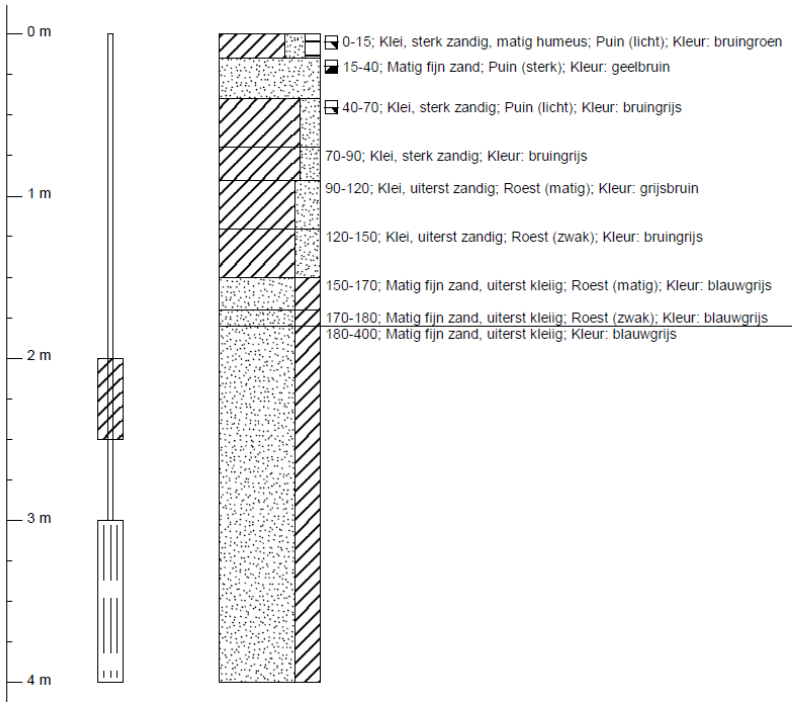
Locatie meetpunt

Nabij de sloot langs de Slikkenburgseweg is in openbaar gebied een peilbuis W-8 geplaatst. Deze W8 peilbuis staat op 2 m van de oude hoofdwaterloop met polderpeil: NAP -0,9 m in de winter en NAP -0,6 m in de zomer.

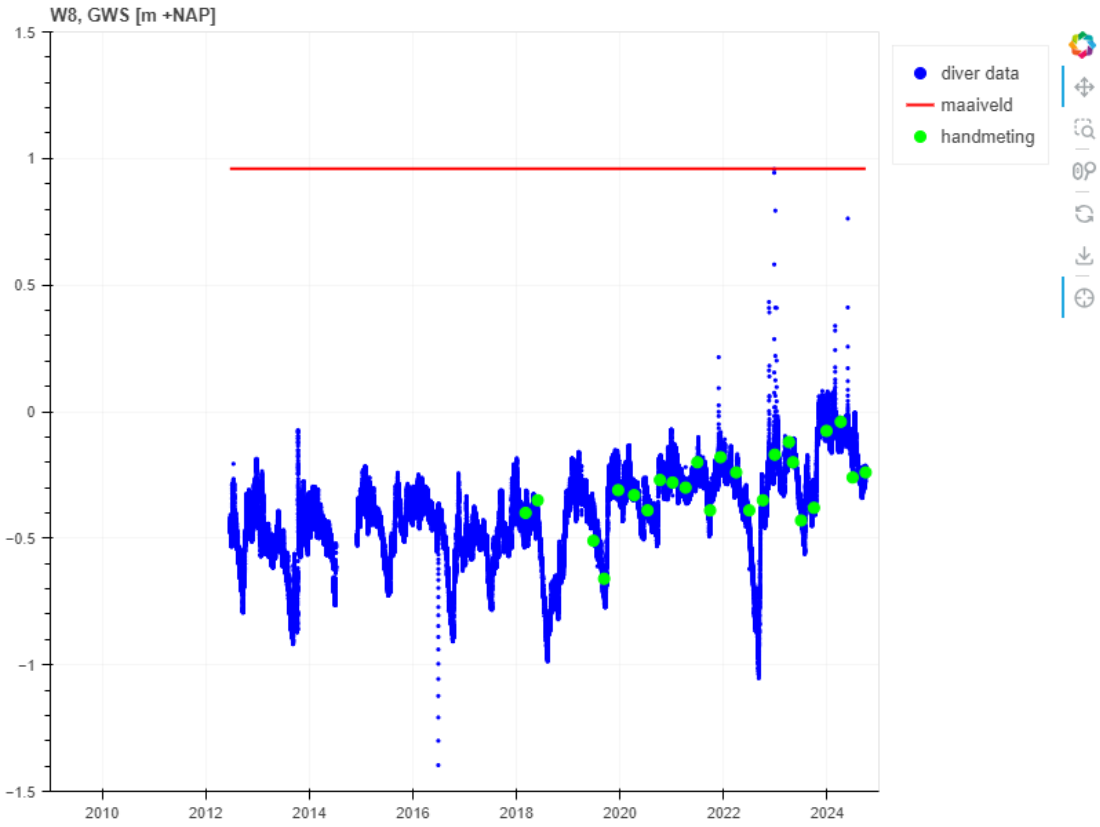
Gegevens peilbuizen

peilbuis	Bovenkant filter (m t.o.v. NAP)	Onderkant filter (m t.o.v. NAP)	Einddiepte (m t.o.v. NAP)	Chloridegehalte (mg/l)	
				2011	2016
W-8	-2.0	-3.0	-3.0	---	2200

Bodemopbouw



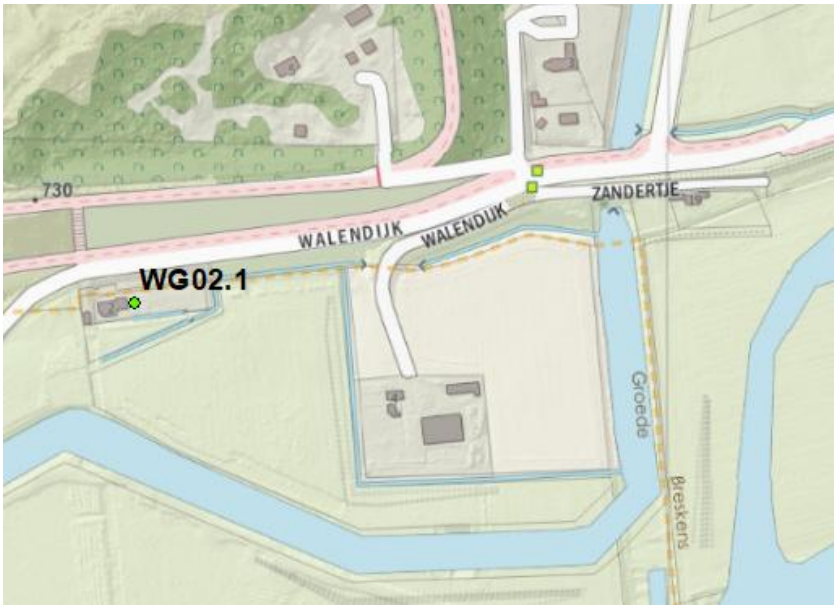
Gemeten stijghoogte (incl. handmetingen):



Tijdreeksanalyse:

D.35 WG02.1

Locatie meetpunt



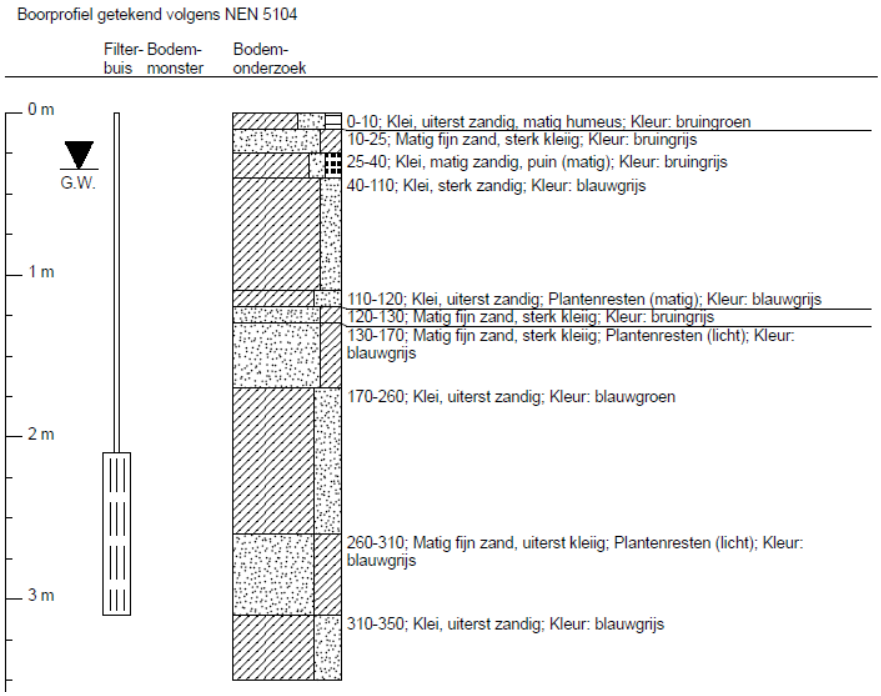
Meetlocatie WG02.1 ligt in plangebied Waterdunen, op het bebouwde perceel met adres Walendijk 2. De maaiveldhoogte is NAP +0.06 m.

Gegevens peilbuizen

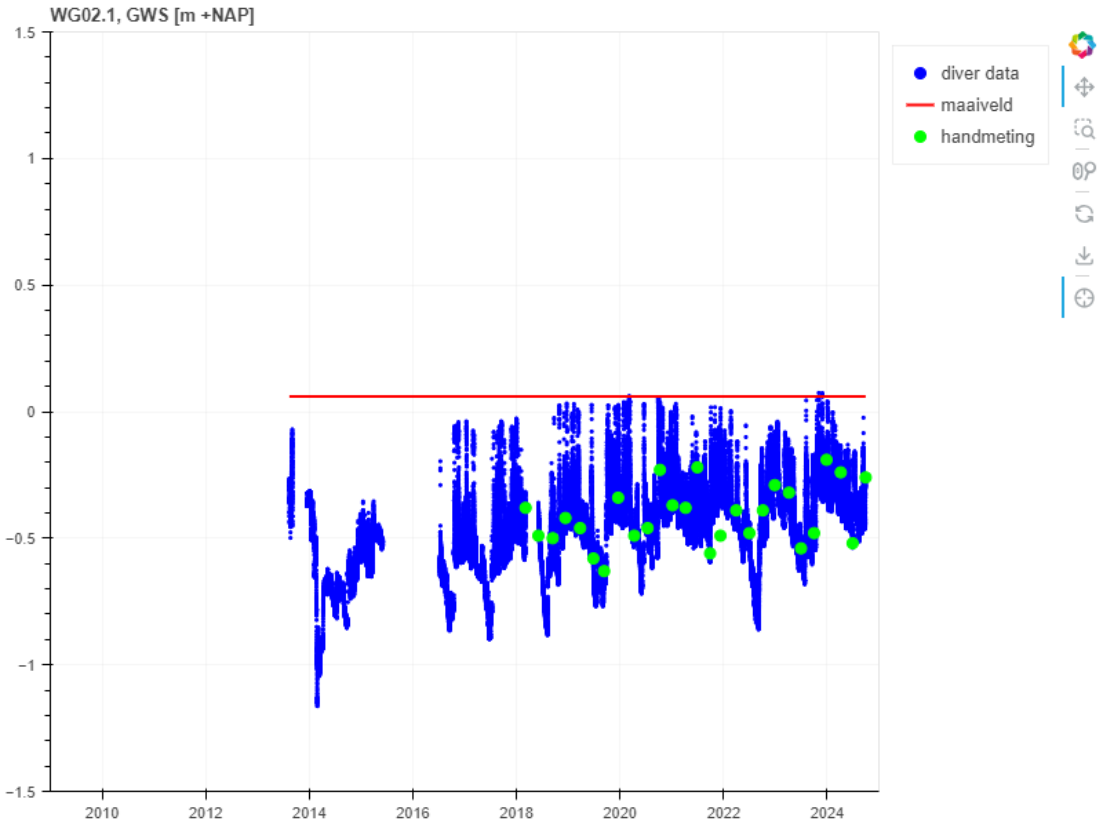
peilbuis	Bovenkant filter (m t.o.v. NAP)	Onderkant filter (m t.o.v. NAP)	Einddiepte (m t.o.v. NAP)	Chloridegehalte (mg/l)	
				2011	2016
WG02.1 (tot medio 2015)	-2.0	-3.0	-2.34	7700	
WG02.1 (vanaf medio 2016)	-2.0	-3.0			3800

Ten behoeve van verbouwingswerkzaamheden zijn de bestaande peilbuis en meetsensor verwijderd. Herplaatsing heeft medio 2016 plaatsgevonden.

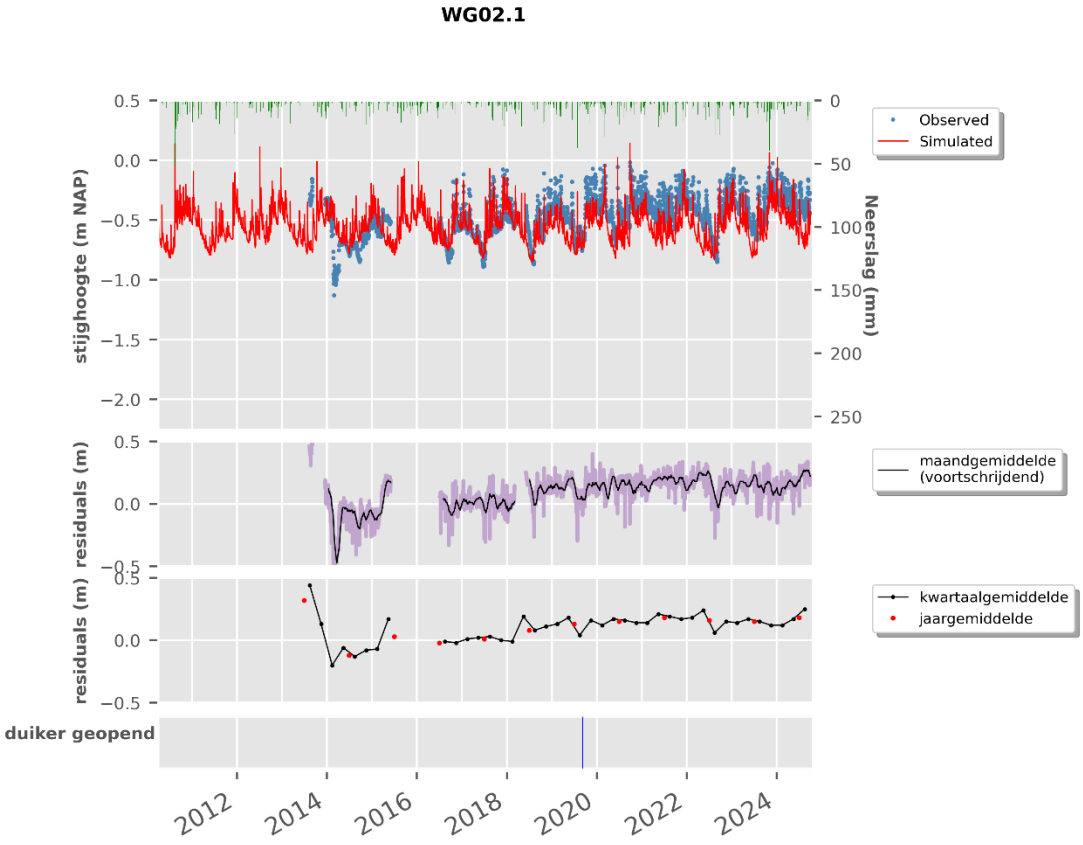
Bodemopbouw



Gemeten stijghoogte (incl. handmetingen):

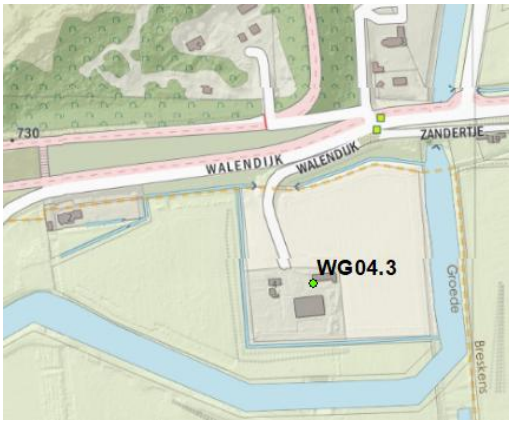


Tijdreeksanalyse:



D.36 WG04.3

Locatie meetpunt



Meetlocatie WG04.3 ligt in het noorden van plangebied Waterdunen. De maaiveldhoogte ter plaatse is ca. NAP +0,6 m.

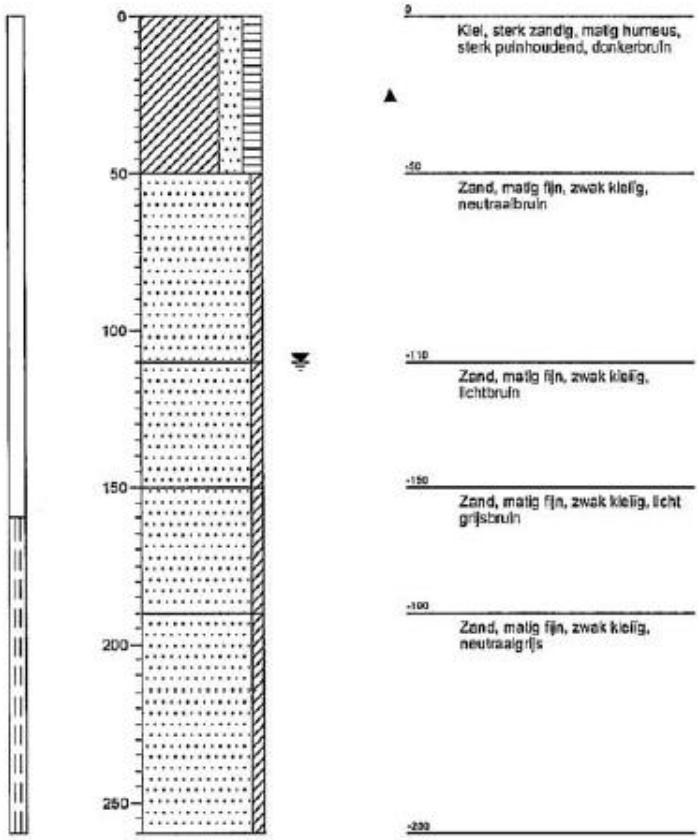
Gegevens peilbuizen

Peilbuis	Bovenkant filter (m t.o.v. NAP)	Onderkant filter (m t.o.v. NAP)	Einddiepte (m t.o.v. NAP)	Chloridegehalte (mg/l)	
				2011	2016
WG04.3	-1.0	-2.0	-2.0	300	37

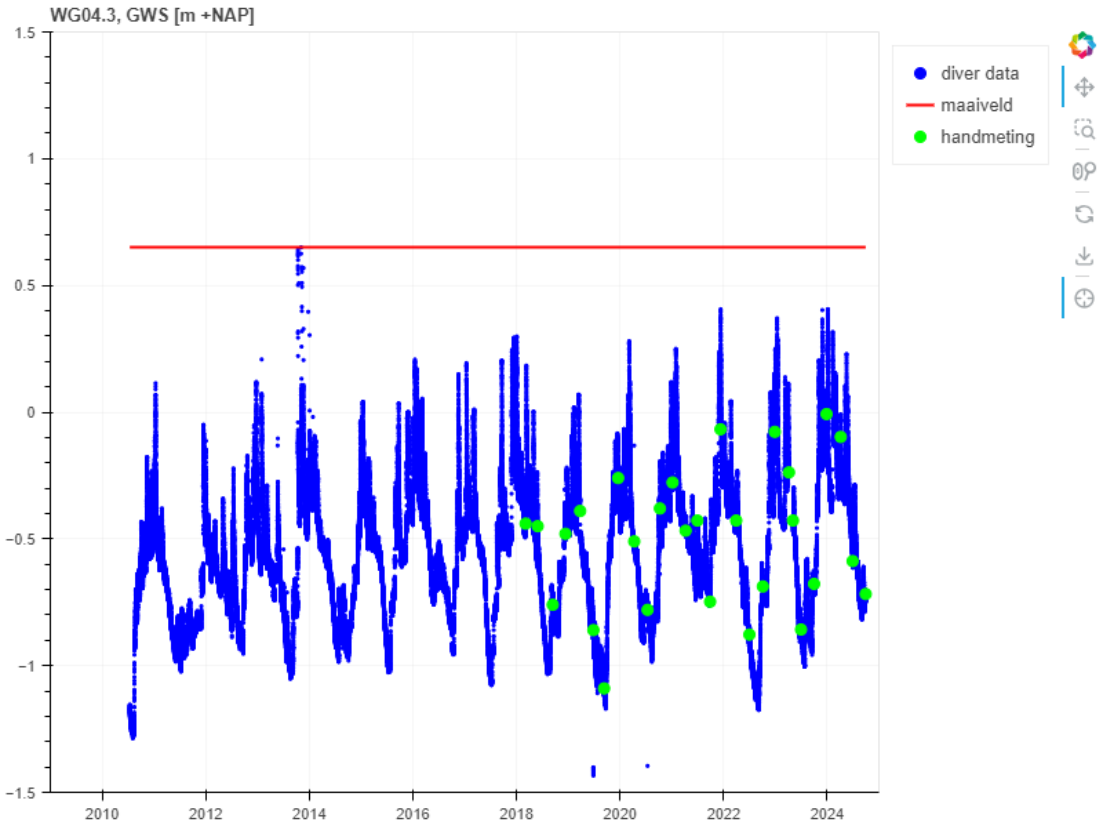
Bodemopbouw

Boring: wg04.3 (P3)

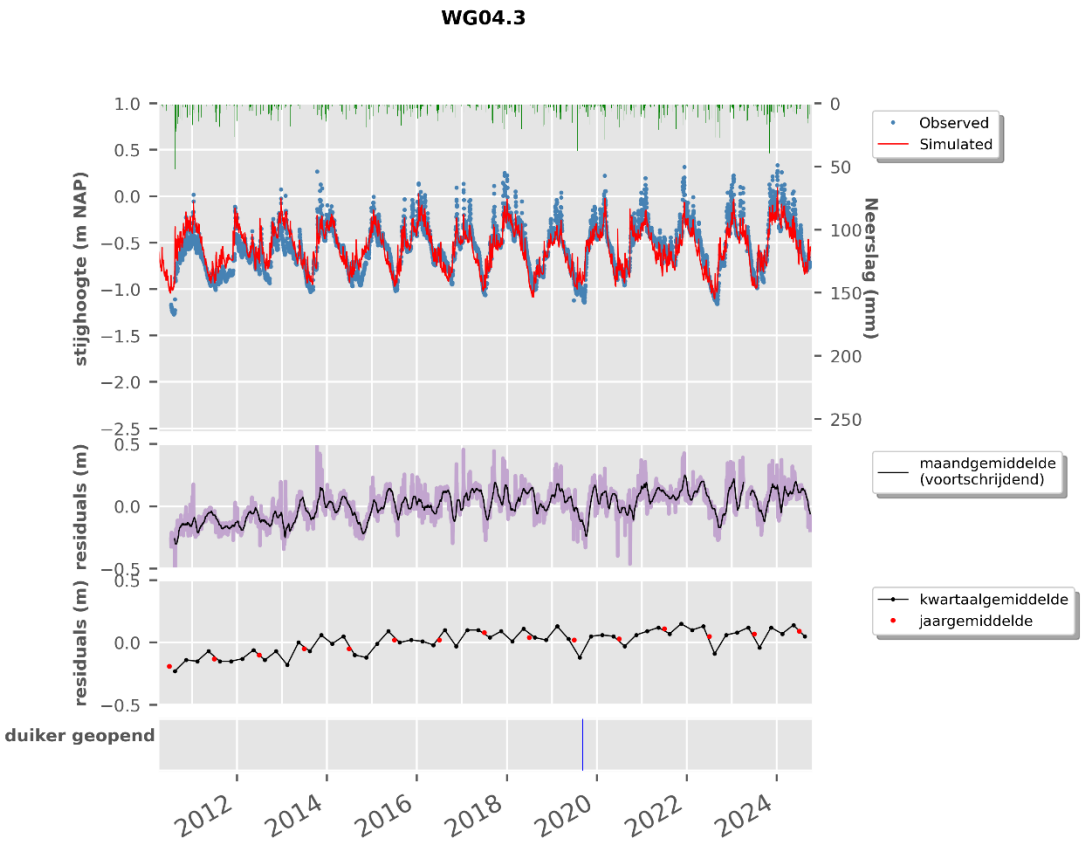
Datum: 02-06-2010



Gemeten stijghoogte (incl. handmetingen):

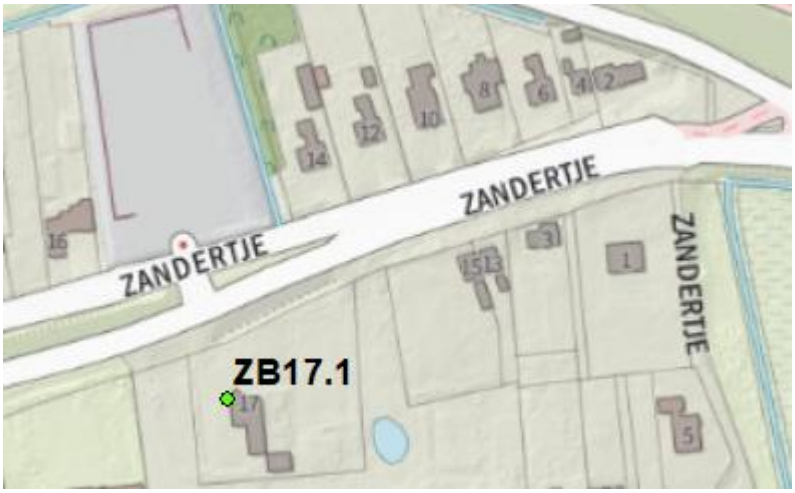


Tijdreeksanalyse:



D.37 ZB17.1

Locatie meetpunt



Meetlocatie ZB17.1 ligt in het noorden van plangebied Waterdunen. De maaiveldhoogte ter plaatse is ca. NAP +1,8 m.

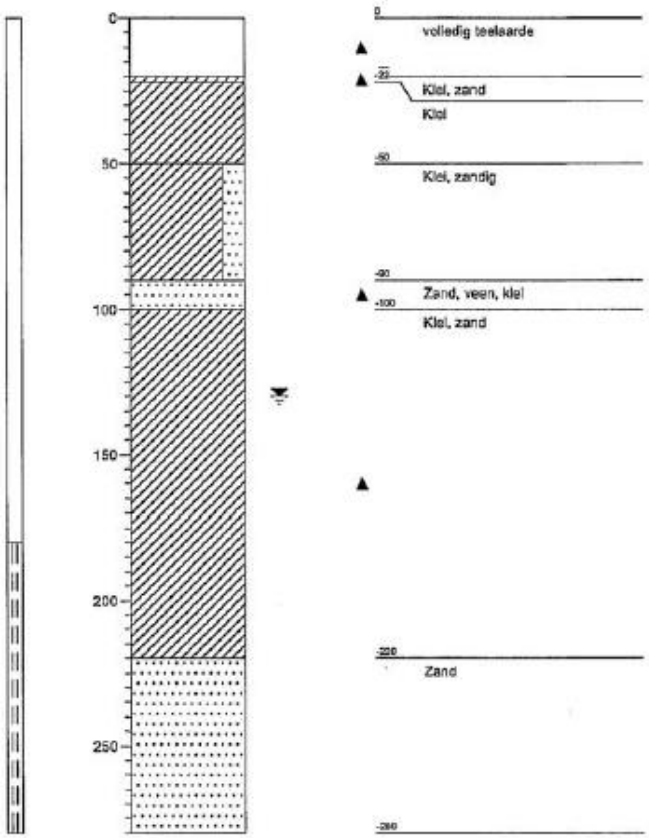
Gegevens peilbuizen

peilbuis	Bovenkant filter (m t.o.v. NAP)	Onderkant filter (m t.o.v. NAP)	Einddiepte (m t.o.v. NAP)	Chloridegehalte (mg/l)	
				2011	2016
ZB17.1	0.0	-1.0	-1.0	75	100

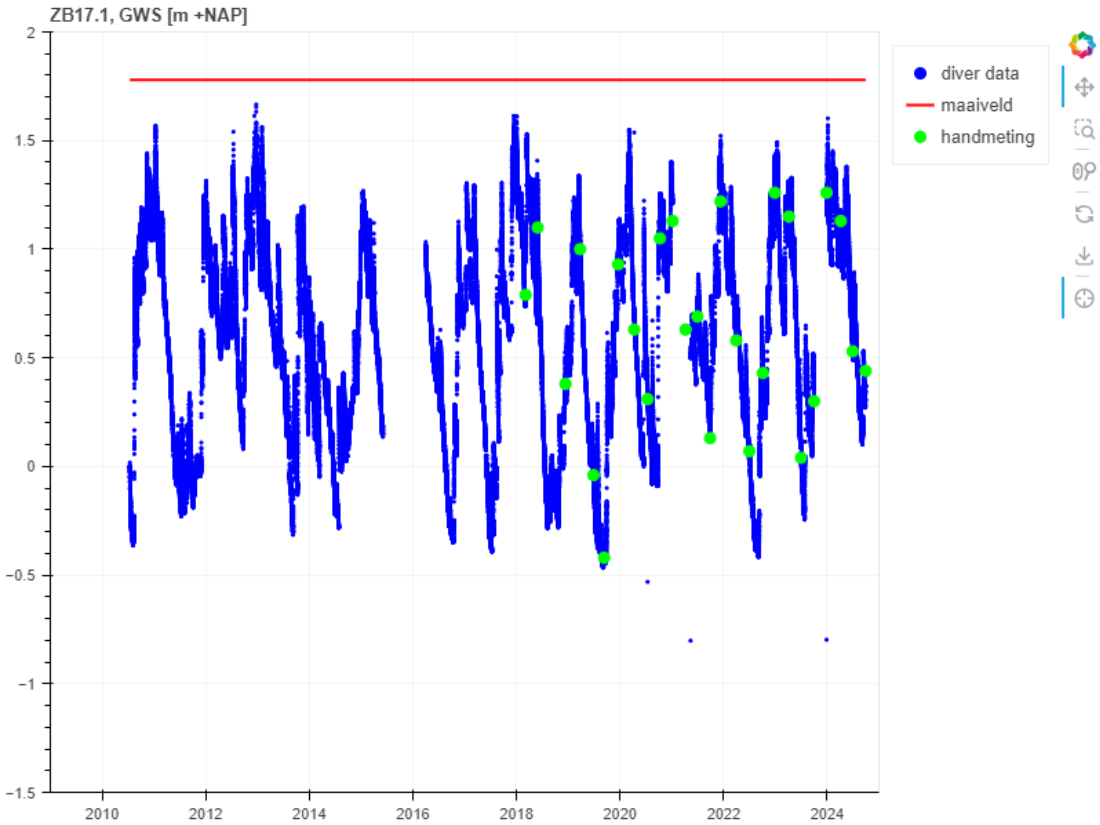
Bodemopbouw

Boring: zb17.1 (P1)

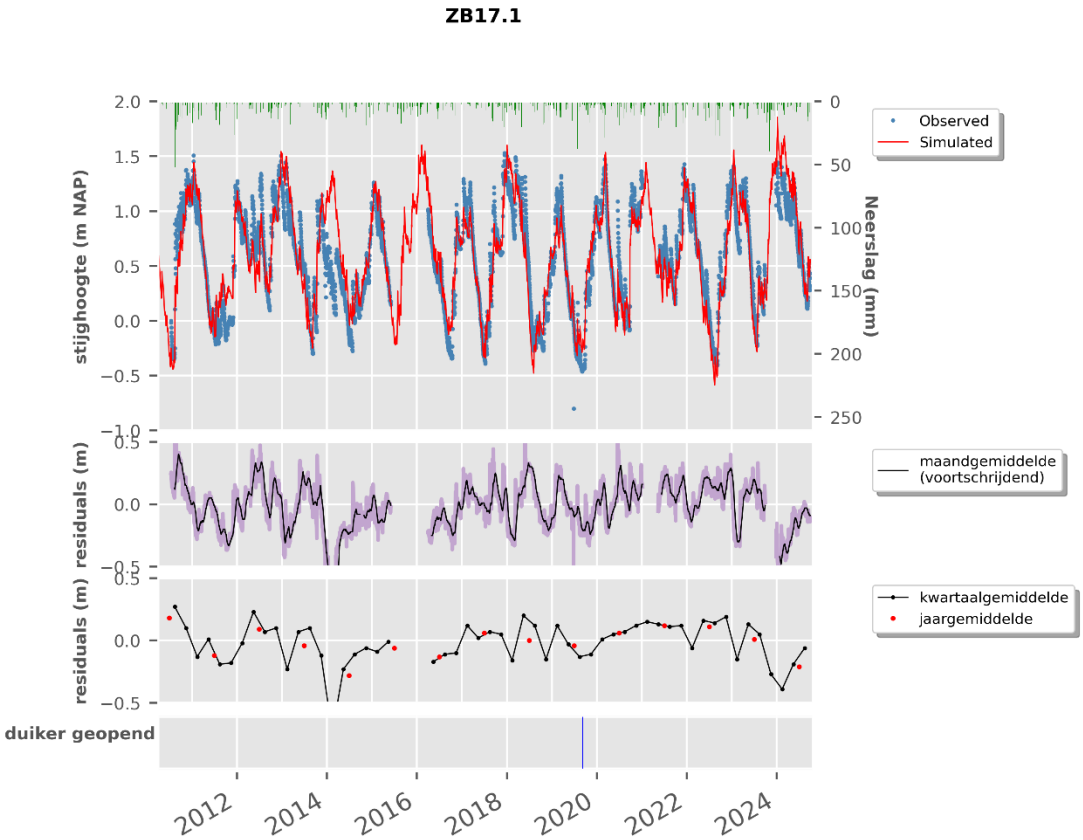
Datum: 14-06-2010



Gemeten stijghoogte (incl. handmetingen):

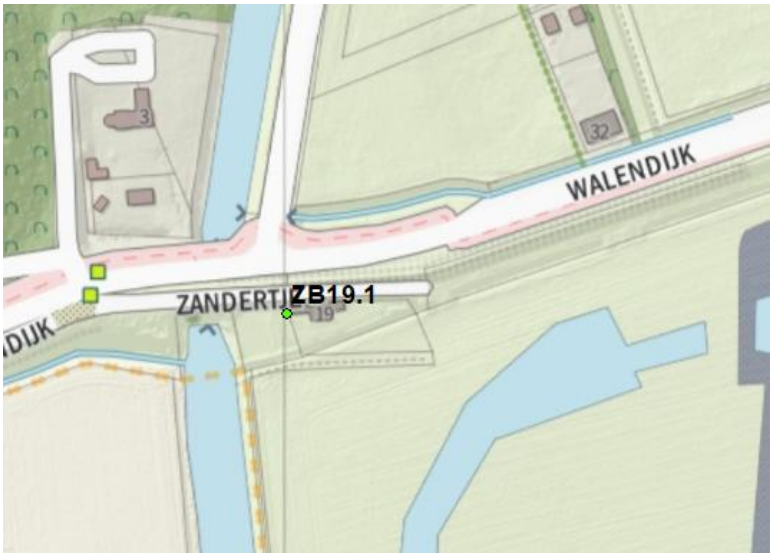


Tijdreeksanalyse:



D.38 ZB19.1

Locatie meetpunt

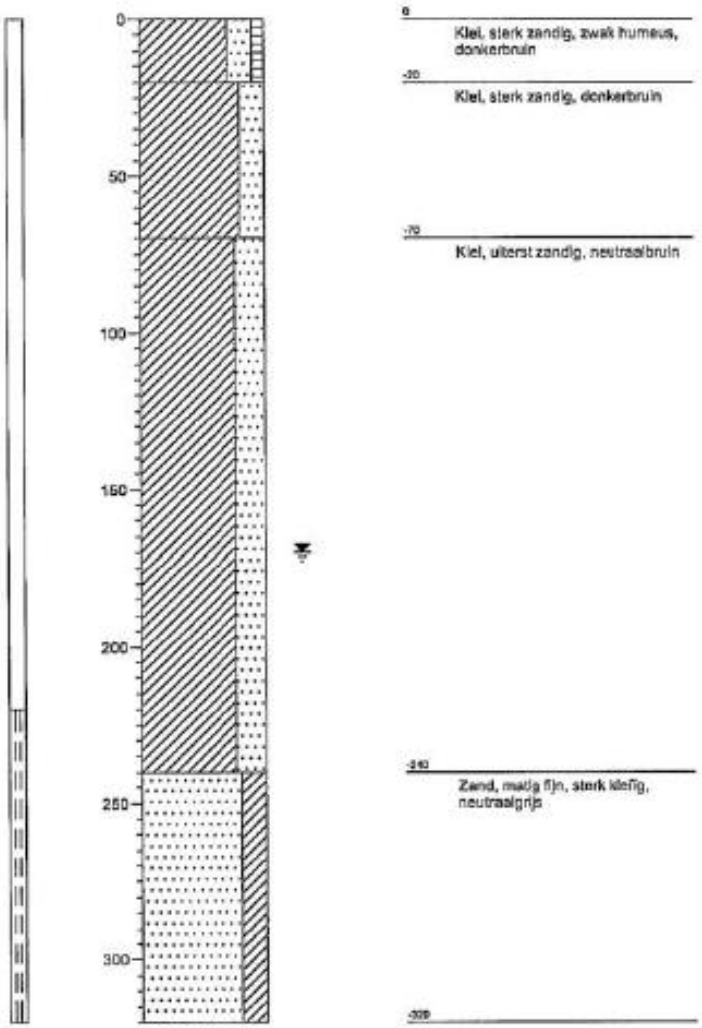


Meetlocatie ZB19.1 ligt in plangebied Waterdunen, op het bebouwde perceel aan Zandertje. De maaiveldhoogte ter plaatse is ca. NAP +1,5 m.

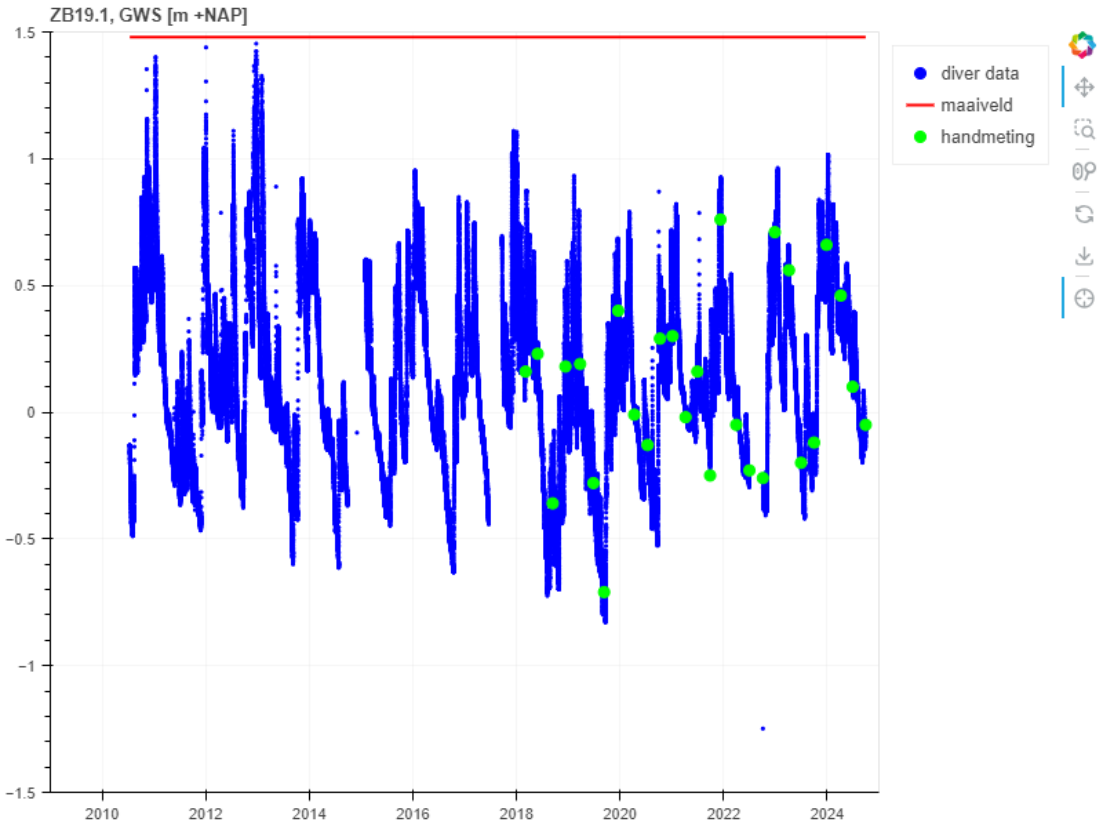
Gegevens peilbuizen

peilbuis	Bovenkant filter (m t.o.v. NAP)	Onderkant filter (m t.o.v. NAP)	Einddiepte (m t.o.v. NAP)	Chloridegehalte (mg/l)	
				2011	2016
ZB19.1	-0.7	-1.7	-1.7	40	45

Bodemopbouw

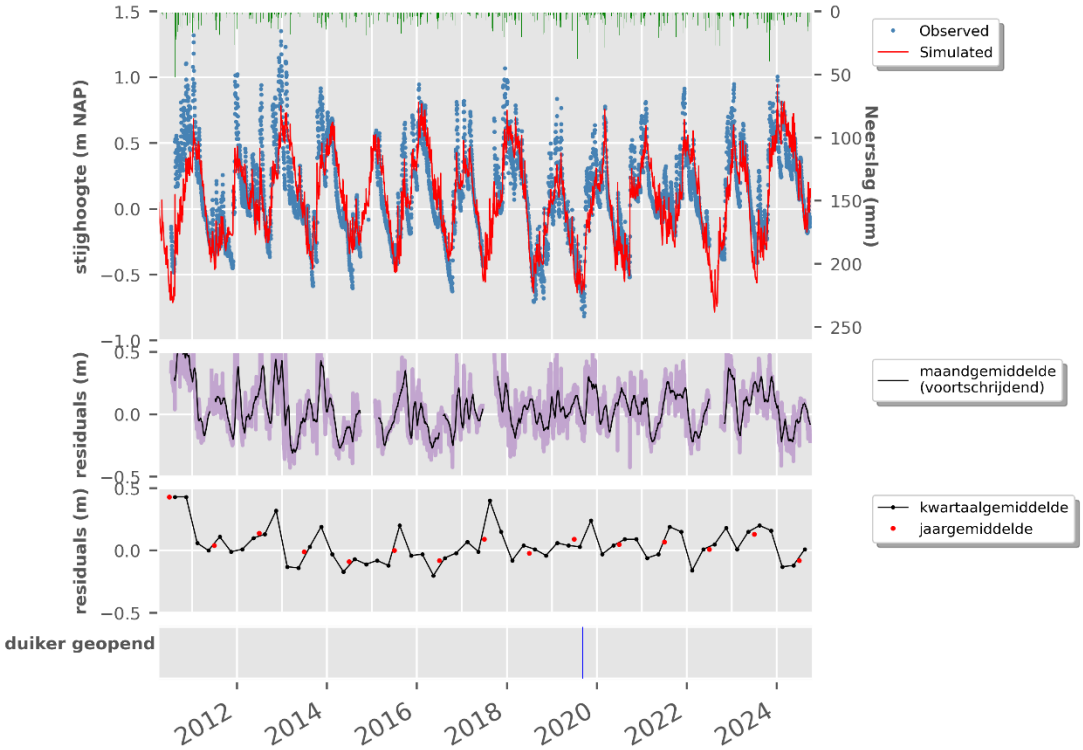


Gemeten stijghoogte (incl. handmetingen):



Tijdreeksanalyse:

ZB19.1



Deltares is een onafhankelijk kennisinstituut voor toegepast onderzoek op het gebied van water en ondergrond. Wereldwijd werken we aan slimme oplossingen voor mens, milieu en maatschappij.

Deltares

www.deltares.nl