



Nader onderzoek watersysteem en bodemopbouw van Kortenhoef Oost

Rapportage

Provincie Noord-Holland

18 november 2021

Project Opdrachtgever	Nader onderzoek watersysteem en bodemopbouw van Kortenhoef Oost Provincie Noord-Holland
Document	Rapportage
Status	Definitief concept
Datum	18 november 2021
Referentie	125616/22-016.640
Projectcode	125616
Projectleider	Dr. C. Cusell
Projectdirecteur	Drs. L.G. Turlings
Auteur(s)	Dr. C. Cusell, F.G. Verstegen MSc, dr. J. van Diggelen, L.F.A. Mathu MSc, W. Reyms, dr. R. Loeb
Gecontroleerd door	Dr. C. Cusell
Goedgekeurd door	Dr. C. Cusell
Paraaf	
Adres	Witteveen+Bos Raadgevende ingenieurs B.V. Deventer Daalsesingel 51c Postbus 24087 3502 MB Utrecht +31 (0)30 765 19 00 www.witteveenbos.com KvK 38020751

Het kwaliteitsmanagementsysteem van Witteveen+Bos is gecertificeerd op basis van ISO 9001.

© Witteveen+Bos

Niets uit dit document mag worden veeelvoudigd en/of openbaar gemaakt in enige vorm zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Witteveen+Bos noch mag het zonder dergelijke toestemming worden gebruikt voor enig ander werk dan waarvoor het is vervaardigd, behoudens schriftelijk anders overeengekomen. Witteveen+Bos aanvaardt geen aansprakelijkheid voor enigerlei schade die voortvloeit uit of verband houdt met het wijzigen van de inhoud van het door Witteveen+Bos geleverde document.

INHOUDSOPGAVE

1	INLEIDING	5
1.1	Aanleiding	5
1.2	Doel	5
1.3	Leeswijzer	5
2	POTENTIËLE NATUURDOELEN EN HUN RANDVOORWAARDEN	6
2.1	Potentiële natuurdoelen voor Kortenhoef Oost	6
2.2	Randvoorwaarden voor de potentiële natuurdoelen	7
2.2.1	Aquatische doelen	7
2.2.2	Terrestrische doelen	8
3	RESULTATEN VAN NIEUWE ONDERZOEKEN	11
3.1	Freatische grondwaterstanden en stijghoogten in de wat diepere zandondergrond	11
3.1.1	Aanpak en methode	11
3.1.2	Interpretatie resultaten	12
3.2	Zanddieptemetingen	15
3.2.1	Aanpak en methode	15
3.2.2	Interpretatie resultaten	15
3.3	Indicatie van kwel in het veen: EGV-prikstokmetingen	16
3.3.1	Aanpak en methode	16
3.3.2	Interpretatie resultaten	17
3.4	Grondwaterkwaliteit	20
3.4.1	Aanpak en methode	20
3.4.2	Interpretatie resultaten	21
3.5	Indicaties van kwel in het oppervlaktewatersysteem: routings van EGV, temperatuur en troebelheid	25
3.5.1	Aanpak en methode	25
3.5.2	Interpretatie resultaten	25
3.6	Bodemkartering	29
3.6.1	Aanpak en methode	29
3.6.2	Interpretatie resultaten	30
3.7	Bodemkwaliteit	33
3.7.1	Aanpak en methode	33

	3.7.2	Interpretatie resultaten	33
3.8		Oppervlaktewaterkwaliteit	38
	3.8.1	Aanpak en methode	38
	3.8.2	Ecosysteemtoestand	39
	3.8.3	Functioneren van regionale oppervlaktewatersysteem	40
	3.8.4	Resultaten ESFs	42

4	ANALYSE GEOHYDROLOGISCH FUNCTIONEREN KORTENHOEF OOST	52
---	---	-----------

4.1	Geohydrologische schematisatie	53
4.2	Regionaal stromingspatroon grondwater	56
4.3	Lokaal stromingspatroon grondwater	58
4.4	Berekende grondwaterstanden	71

5	SYNTHESE, POTENTIES EN AANVULLEND ONDERZOEK	73
---	--	-----------

6	LITERATUURLIJST	84
---	------------------------	-----------

	Laatste pagina	866
--	----------------	-----

	Bijlage(n)	Aantal pagina's
--	-------------------	------------------------

I	Controle meetreeksen peilbuizen	3
II	Methodiek analyses Onderzoekscentrum B-WARE	2
III	Bodemprofielen	41
IV	Verschalingsmaatregelen en berekenen verschalingsduur	5
V	Baggerwerkzaamheden	1
VI	Waterwijzer Natuur	8

1

INLEIDING

1.1 Aanleiding

Voor Kortenhoef Oost wordt een inrichtingsplan opgesteld waarin verschillende doelen op het gebied van natuur, waterkwaliteit en recreatie worden uitgewerkt. Als onderdeel van de verkenningsfase voor het inrichtingsplan is door de provincie Noord-Holland op basis van bestaande (voornamelijk regionale) informatie een ecologische visie voor Kortenhoef Oost opgesteld (de Ridder 2020). Door bewoners (vertegenwoordigd in bewonersvereniging Baken) zijn vragen over de aanpak, samenstelling en juistheid van deze visie en de NNN-doelstellingen gesteld. Op verzoek van de bewonersvereniging Baken is vervolgens door Stichting Bargerveen een second opinion op deze visie uitgevoerd (Jansen 2020). De second opinion bevat naast enkele metingen ook aanbevelingen om aanvullend (veld)onderzoek uit te voeren om de actuele, lokale situatie beter in beeld te krijgen. Dit vormt de aanleiding voor deze studie.

1.2 Doel

Het doel van deze studie is om aanvullende informatie te verzamelen over de actuele situatie voor wat betreft bodemopbouw en het watersysteem (grond- en oppervlaktewater; kwaliteit en kwantiteit) op lokaal niveau door aanvullend veldwerk. Daarnaast dient een advies te worden gegeven ten aanzien van de te behalen natuurdoelen op gronden die zijn aangewezen alsnog te realiseren natuur binnen het NNN van Kortenhoef Oost.

Voordat is overgegaan op het bepalen van potentiële natuurdoelen, is besloten om op basis van de eerder opgestelde rapporten over Kortenhoef Oost (de Ridder 2020; Jansen 2020) eerst de volgende vragen op te lossen via aanvullende onderzoeken:

- welke grondwaterstanden (en fluctuaties daarin) komen in Kortenhoef Oost voor?
- waar is in Kortenhoef Oost sprake van kwel van basenrijk grondwater naar de wortelzone van de vegetaties?
- wat is de kwaliteit van het grond- en oppervlaktewater in Kortenhoef Oost?
- welke bodemkundige variatie komt in Kortenhoef Oost voor?
- hoe varieert de zanddiepte (t.o.v. maaiveld) in Kortenhoef Oost?
- waar komen toemaakdekken voor in Kortenhoef Oost en wat is de samenstelling van deze toemaakdekken?

1.3 Leeswijzer

Voorliggende rapportage omvat de resultaten van de aanvullende metingen, de systeemanalyse en het advies ten aanzien van de natuurdoelen. In hoofdstuk 2 worden in eerste instantie de potentiële natuurdoelen voor Kortenhoef Oost en hun randvoorwaarden scherp gesteld. Hoofdstuk 3 omvat de werkwijze en de resultaten van de bijkomende onderzoeken. In hoofdstuk 4 wordt vervolgens het geohydrologisch systeem geanalyseerd, waarna in hoofdstuk 5 een synthese volgt over het functioneren van het geohydrologie en oppervlaktewaterhydrologie in Kortenhoef Oost. Op basis van deze systeembeschrijvingen wordt in hoofdstuk 6 ingegaan op de potentie van verschillende gebiedsdelen.

2

POTENTIËLE NATUURDOELEN EN HUN RANDVOORWAARDEN

2.1 Potentiële natuurdoelen voor Kortenhoef Oost

Kortenhoef Oost is onderdeel van het Natura 2000-gebied Oostelijke Vechtplassen, waarvoor verschillende instandhoudingsdoelstellingen zijn vastgesteld (provincie Noord-Holland 2017). Alhoewel de doelen voor de Oostelijke Vechtplassen ruimtelijk gezien niet allemaal hoeven te worden gerealiseerd in Kortenhoef Oost, kan wel worden gesteld dat ook voor Kortenhoef Oost de volgende natuuropgave gelden met betrekking tot Natura 2000:

- behoud en uitbreiding van habitattypen die onderdeel uitmaken van de mesotrofe verlandingsreeks, waarbij de aandacht specifiek uitgaat naar de volgende stadia: H7140A Trilvenen, H7140B Veenmosrietlanden en H4010B Vochtige heiden van het laagveengebied;
- behoud en uitbreiding van nat schraalland, waarin het habitatype H6410 Blauwgraslanden tot ontwikkeling kan komen;
- behoud en uitbreiding van de aquatische habitattypen H3140 Kranswierwateren en H3150 Meren met krabbenscheer en fonteinkruiden.

NNN-doelen

In het voorliggende rapport ligt de focus op bovenstaande habitattypen. Daarnaast komen een aantal natuurdoelen (NNN) aan bod. Aangezien deze veelal gegroepeerd kunnen worden onder de habitattypen (zie tabel 2.1) wordt in deze rapportage vooral nog ingegaan op de beheertypen N05.03 Veenmoeras, N10.02 Vochtig hooiland en N12.02 Kruiden- en faunarijk grasland. N10.02 Vochtig hooiland is een zeldzaam natuurbeheertype dat in Kortenhoef Oost voorkomt en meer kan gaan voorkomen.

Tabel 2.1 Overzicht Natura 2000- en NNN-doelen in Kortenhoef t (o.b.v. Van 't Veer & Hoogeboom 2012; Noord-Holland 2017)

Natura 2000-habitatype	NNN-beheertype	Trend in OVP (2000-2015)	Bijdrage aan OVP
H3140 Kranswierwateren	N04.02 Zoete plas	Afname (opp. en kwaliteit)	Afwezig
H3150 Meren met krabbenscheer en fonteinkruiden	N04.02 Zoete plas	Afname goed ontwikkelde vorm (opp. & kwaliteit)	Beperkt (matige kwaliteit)
H6410 Blauwgraslanden (SoU)	N10.01 Nat schraalland	Afname (kwaliteit)	Beperkt (matige kwaliteit)
H7140A Trilvenen (SoU)	N06.02 Trilveen	Afname (opp. & kwaliteit)	Redelijk ¹
H7140B Veenmosrietlanden (SoU)	N06.01 Veenmosrietland en moerasheide	Afname (opp. & kwaliteit)	Redelijk
H4010B Vochtige heiden (laagveen)	N06.01 Veenmosrietland en moerasheide	Stabiel	Afwezig
*H91D0 Hoogveenbossen (SoU)	N14.02 Hoog- en laagveenbos	Stabiel	Redelijk
-	N05.03 Veenmoeras	-	-
-	N10.02 Vochtig hooiland	-	-
-	N12.02 Kruiden- en faunarijk grasland	-	-

¹ De aanwezige trilvenen kwalificeren als 'goed', maar bestaan expliciet niet uit schorpioenstrilvenen.

SoU = Sense of Urgency

KRW-doelen

Voor Kortenhoef Oost zijn niet alleen de richtlijnen van Natura 2000 van belang, maar ook de Kader Richtlijn Water (KRW). De KRW-doelen en de Natura 2000-doelen voor water zijn gelukkig in grote lijnen eenduidig. Voor de KRW is op basis van de beoordelingsmethodiek vastgesteld dat het volgende doel nagestreefd dient te worden: helder water met een EKR-score van minimaal 0,6, oftewel een beoordeling 'goed' op alle maatlaten. In het watertype 'gebufferde laagveensloten' (M8; STOWA 2018a) betekent dit in algemene zin dat een diverse onderwatervegetatie nodig is in de sloten. De EKR-scores laten, evenals de werkelijke veldsituatie, zien dat er momenteel een probleem is door het achterblijven van de groei van ondergedoken waterplanten. Hiervoor zijn diverse oorzaken verantwoordelijk. Het gaat om dezelfde oorzaken die ervoor zorgen dat de habitattypen H3140 Kranswierwateren en H3150 Meren met krabbenscheer en fonteinkruiden onvoldoende tot ontwikkeling komen. Als het lukt om deze habitattypen te herstellen dan leidt dit automatisch ook tot de gewenste EKR-scores. Om deze reden worden er in deze rapportage geen separate KRW-doelen geformuleerd: de KRW-doelen worden gekoppeld aan de doelen van de habitattypen H3140 Kranswierwateren en H3150 Meren met krabbenscheer en fonteinkruiden.

2.2 Randvoorwaarden voor de potentiële natuurdoelen

2.2.1 Aquatische doelen

De voornaamste randvoorwaarde voor de tot doel gestelde aquatische habitats is dat het water helder is en dat de bodemproductiviteit niet te hoog is. Dergelijke groeicondities komen alleen voor als (a) de actuele P-belasting ver onder de kritische P-belasting ligt waardoor de algenconcentraties in het oppervlaktewater laag zijn, (b) er niet te veel humuszuren en/of kleideeltjes in het water zitten die het doorzicht te veel beperken en (c) de bodemproductiviteit laag genoeg is om dominantie van een aantal snelgroeiende waterplanten te voorkomen. Onder die condities kunnen in laagveensystemen soortenrijke waterplantgemeenschappen ontstaan. Onderstaande specificering van de randvoorwaarden van de aquatische habitattypen is afkomstig uit van Ek *et al.* (2019).

H3140 Kranswierwateren

Kranswierwateren komen voor in heldere wateren, zowel op veenbodems als op minerale bodems. Onder deze omstandigheden kan dit habitatype in de Oostelijke Vechtplassen worden aangetroffen in meren en plassen, sloten en petgaten (Van 't Veer & Hoogeboom 2012). Vegetaties die gedomineerd worden door kranswieren komen vooral voor in pioniermilieus, maar kunnen onder oligotrofe tot mesotrofe omstandigheden lang standhouden. Voor het habitatype zelf zijn geen eenduidige grenswaarden opgesteld, maar voor enkele kenmerkende soorten zijn wel abiotische amplitudes bekend. Het gaat dan vooral om sterkranswier (*Nitellopsis obtusa*) en klein glanswier (*Nitella hyalina*). Sterkranswier komt voor in water met een pH van 7 tot 10, een bicarbonaatconcentratie (HCO_3^-) van 60 tot 180 mg/l en een calciumconcentraties (Ca) van 25 tot 180 mg/l; Roelofs & Van Geest, ongepubliceerde data). Klein glanswier wordt ook bij hogere Ca-concentraties aangetroffen (> 40 mg/l) (Van Raam & Maier 1995; Roelofs & Van Geest, ongepubliceerde data), en vooral langs ondiepe oevers van heldere, zoete en basenrijke plassen op zandbodems die met een dunne laagje veen of slib bedekt zijn (Van Raam & Maier 1995). De locaties met sterkranswier en klein glanswier zijn vaak nutriëntarmer dan de locaties met breekbaar kransblad (*Chara globularis*) en buigzaam glanswier (*Nitella flexilis*) met totaal P-concentraties van 0,01 tot 0,03 mg/l in plaats van 0,01 - 0,12 mg/l (Roelofs & Van Geest, ongepubliceerde data).

H3150 Meren met krabbenscheer en fonteinkruiden

Onder het habitatype H3150 vallen verschillende gemeenschappen waarin verschillende kensoorten kunnen domineren zoals krabbenscheer, glanzig fonteinkruid of gewoon blaasjeskruid. De randvoorwaarden voor deze verschillende gemeenschappen zijn dan ook verschillend. De overeenkomst tussen de gemeenschappen die tot het habitatype behoren, is dus dat zij voorkomen in heldere, zoete, meso-eutrofe (laagveen)plassen (Van 't Veer & Hoogeboom 2012). In Tabel 2.2 zijn de randvoorwaarden voor de verschillende kenmerkende soorten beschreven.

Tabel 2.2 Abiotische standplaatsvereisten in het oppervlaktewater van krabbenscheer, gewoon blaasjeskruid en glanzig fonteinkruid op basis van onderzoek van Roelofs & Van Geest (ongepubliceerde data). Concentraties zijn weergegeven in mg/l.

	Krabbenscheer	Gewoon blaasjeskruid	Glanzig fonteinkruid
pH (opp.)	6,5 - 7,5	6,4 - 7,8	7,1 - 9,1
HCO ₃ (opp.)	90 - 250	100 - 400	75 - 260
Ca (opp.)	10 - 75	30 - 100	15 - 80
Cl (opp.)	10 - 75	35 - 80	5 - 80
CO (opp.)	> 10 ¹	0,5 - 45	0,5 - 25
Totaal P (opp.)	0,015 - 0,15	0,03 - 0,25	0,01 - 0,10
NH ₄ (opp.)	0,07 - 0,25	0,09 - 0,27	0,03 - 0,24
K (opp.)	> 2	n.v.t.	n.v.t.
NH ₄ /K (bv) ²	< 1	n.v.t.	n.v.t.
Fe (bv) ³	0,5 - 27,5	n.v.t.	n.v.t.

¹ Harpenslager *et al.* (2015) gebaseerd op het opdrijven van krabbenscheer in het voorjaar. Mogelijk is deze concentratie voor een bicarbonaatarm gebied als Het Hol te laag, en zou de minimumconcentratie rond 39 mg/l moeten liggen (Smolders *et al.* 2011)

² Cusell *et al.* (2013)

³ Smolders *et al.* (2019)

2.2.2 Terrestrische doelen

Voor de terrestrische doelen zijn de voornaamste standplaatsvereisten waaraan getoetst wordt, opgenomen in Tabel 2.3. Hierbij zijn naast de eerdergenoemde tot doel gestelde N2000-habitattypen (H7140A Trilvenen, H7140B Veenmosrietlanden, H4010B Vochtige heiden, H6410 Blauwgraslanden) ook een aantal specifieke NNN-beheertypen opgenomen (N05.03 Veenmoeras, N12.02 Kruiden- en faunarijke grasland en N10.02 Vochtig hooiland).

Trilveen

Het habitatype H7410A Trilvenen is een apart subtype van het habitatype H7140 Overgangs- en trilvenen. Het subtype trilvenen is in laagveenmoerassen kenmerkend voor verlandingsvegetaties die zich hebben ontwikkeld in matig tot nutriëntarme omstandigheden onder invloed van baserijk oppervlaktewater of grondwater. Trilvenen kennen het hele jaar door een waterstand nabij maaiveld. Daarnaast zijn de P-gehalten van het oppervlaktewater nabij goed ontwikkelde trilvenen zeer laag.

Blauwgrasland

Blauwgraslanden zijn soortenrijke hooilanden op voedselarme en basenhoudende bodems die in de winter plasdras staan en in de zomer oppervlakkig uitdrogen. De Blauwgrasland-associatie (r16Aa1) komt voor onder mesotrofe condities met een relatief lage P-beschikbaarheid. De bodem is matig gebufferd met een pH tussen ongeveer 5,0 en 6,5.

Veenmosrietland

Het habitatype H7140B Veenmosrietlanden is een apart subtype van het habitatype H7140 Overgangs- en trilvenen. De soortenrijkste vormen ontstaan in laagvenen met mesotroof en baserijk oppervlaktewater. Onder deze condities komen veenmosrietlanden samen met Trilvenen (H7140A) voor. Veenmosrietlanden kunnen door voortschrijdende successie ontstaan uit trilvenen. De bodem van veenmosrietland is gewoonlijk relatief zuur: pH 4,0 tot 5,5. In tegenstelling tot trilvenen, die meestal P-gelimiteerd zijn, zijn veenmosrietlanden vrijwel altijd N-gelimiteerd.

Vochtige heide

Het habitatype H4010B (Vochtige heiden op laagveen) is een apart subtype van H4010 Noord-Atlantische vochtige heide met *Erica tetralix*. De verkorte naam voor dit habitatype is Vochtige heide. In Nederland wordt het habitatype H4010 onderverdeeld in een subtype A dat kenmerkend is voor de hogere zandgronden, en subtype B dat kenmerkend is voor laagveengebieden. Vochtige heiden ontstaan onder invloed van regenwater. De toplaag van de bodem is zuur en voedselarm, maar dieper in het veen kan de invloed van het oppervlaktewater toenemen en kan het water dus minder zuur zijn. Afhankelijk van de dikte van de 'zure' laag, kunnen ook soorten van beter gebufferd milieu voorkomen die via hun wortelstelsel nog bij de gebufferde laag kunnen komen.

Vochtig hooiland

Vochtig hooiland (N10.02) omvat een groep van graslanden die in hooilandgebruik zijn. Het beheertype omvat in laagveengebieden bloemrijke hooilanden met soorten als grote ratelaar, gewone dotterbloem, veldzuring, kruipende boterbloem, scherpe boterbloem (*Ranunculus acris*) en moerasrolklaver (*Lotus pedunculatus*). Deze hooilanden omvatten matig voedselrijke, vochtige en in de winter soms natte hooilanden van het Dotterbloem-verbond en het Verbond van Biezenknoppen en Pijpenstrootje. Het natuurbeheertype Vochtig hooiland heeft een breder ecologisch bereik dan het habitatype H6410 Blauwgraslanden en kan onder voedselrijkere condities voorkomen, zowel onder drogere als nattere omstandigheden. Ook de dotterbloemhooilanden vallen meestal onder dit beheertype.

Kruiden- en faunarijk grasland

In Kortenhoef Oost gaat het om graslanden die kruidenrijk zijn, maar niet tot de natte schraallanden of vochtige hooilanden behoren. De graslanden komen voor onder vochtige tot droge condities en de bodems hebben doorgaans een voedselrijk karakter. Het grasland wordt meestal extensief beweid of gehooïd en niet of slechts licht bemest.

Veenmoeras

Veenmoerassen kunnen in Kortenhoef Oost voorkomen op de overgang van land (laagveen) naar water. De locaties zijn nat en de oppervlaktewaterpeildynamiek is beperkt (minder dan 20 cm; een tegennatuurlijk wordt zelfs getolereerd, maar is vanzelfsprekend niet een natuurlijk habitat). De zones worden gedomineerd door riet, rietgras, kleine lisdodde, grote lisdodde, grote zeggen, biezen en/of galigaan.

Hoogveenbossen

De plantengemeenschappen die kwalificeren voor het habitatype H91D0 Hoogveenbossen komen voor onder voedselarme, natte en zure condities. In Kortenhoef Oost is het grootste oppervlak waarschijnlijk ontstaan uit verlande petgaten/waterpartijen, waar in eerste instantie veel invloed van gebufferd en mesotroof water was. Inmiddels wordt de bovengrond als gevolg van veenvorming (veenmossen) gevoed door regenwater (zuur en voedselarm).

Tabel 2.3 Overzicht voorname abiotische standplaatsvereisten (optimumrange) voor terrestrische natuurdoelen in Kortenhoeft Oost gebaseerd op Zuidhoff *et al.* (1996), De Becker (2004), Ertsen *et al.* (2005), Cusell *et al.* (2013), Kooijman (2012), Runhaar *et al.* (2016), Van Diggelen *et al.* (2018) en B-WARE (niet gepubliceerde data; database GRIP).

	H7140A Trilveen	H6410 Blauwgrasland	H7140B Veenmosrietland ²	H4010B Vochtige heide	N10.02 Vochtig hooiland	N12.02 Kruiden- en faunarijk grasland
Olsen-P in bodem (µmol/l)	<200	200-500	250-750	100-500	300-800	(<)900-1200
Totaal-P in bodem (mmol/l)	0,5-5	2-10	0,5-2	0,5-5	3-10	5-15
Ca-NaCl in bodem (mmol/l)	7-20	10-50	2-6	0,5-2	>10	5-50
pH-H ₂ O in bodem	6,0-7,5	5,0-6,5	4,0-5,5	3,5-4,5	5,0-7,0	5,0-8,0
Totaal P in opp. water (mg/l)	< 0,04	-	-	-	-	-
Ca in opp. water (mg/l)	> 50 ¹	-	-	-	-	-
GVG (cm boven mv)	-5 - +10 (-20 - +15)*	-18 - 0 (-30 - +10)*	-10 - 0 (-15 - +5)*	-12 - 0 (-20 - +5)*	-27 - -7 (-37 - +5)*	< +3 (< +20)*
GLG (cm boven mv)	-15 - 0 (-30 - 0)*	-40 - -5 (-60 - 0)*	-20 - -5 (-50 - 0)*	-25 - -5 (-50 - 0)*	-40 - -5 (-80 - 0)*	-

¹ Uit recente studies in onder andere de Nieuwkoopse Plassen (Van Dijk *et al.* 2021), de Rottige Meente (Kanters *et al.* 2021), de Wieden (Aggenbach *et al.* 2020) en de Weerribben (Nijp *et al.* 2021) komt naar voren dat de Ca-concentratie in het oppervlaktewater vermoedelijk wat lager mogen zijn als sprake is van bevoeiingen en/of inundaties van de trilvenen. Het basenrijke oppervlaktewater komt dan namelijk in direct contact met de bewuste trilvenen en hoeft niet eerst door bodems te percoleren. In deze specifieke, bevoeide situaties ligt de grenswaarde voor Ca rond de 35 - 40 mg/l.

² De grenswaarden voor de veenmosrietlanden zijn onder voorbehoud. Ze zijn opgesteld op basis van een beschikbare referentiedatsets van onderzoekcentrum B-WARE, waarbij het aantal waarnemingen relatief beperkt is (afhankelijk van de variabele varieert dit tussen de 14 en 55 locaties).

* De waarden tussen haakjes komen overeen met het suboptimale bereik.

3

RESULTATEN VAN NIEUWE ONDERZOEKEN

In dit hoofdstuk worden de resultaten beschreven van de verschillende nieuw uitgevoerde onderzoeken, waarbij expliciet niet ingegaan wordt op integrale interpretatie van deze gegevens. In hoofdstukken 4 en 5 worden alle resultaten namelijk integraal geïnterpreteerd.

3.1 Freatische grondwaterstanden en stijghoogten in de wat diepere zandondergrond

3.1.1 Aanpak en methode

Voor een goede bepaling van de ontwikkelingsmogelijkheden van de vegetatie in Kortenhoef Oost is het wenselijk om meer inzicht te krijgen in de huidige grondwaterstanden en de fluctuaties hiervan gedurende de seizoenen. Daarnaast is het van belang om een scherp beeld te krijgen van grondwaterstromingen naar de wortelzone van vegetaties en de aanwezigheid van de regenwaterlenzen. Om deze kennisleemtes in te vullen zijn er begin mei 2021 twee raaien met peilbuizen geplaatst in oost-westelijke richting (afbeelding 3.1). Daarmee wordt ten minste gedurende 1 jaar de grondwaterstand gemeten. In het totaal zijn er 16 peilbuizen geplaatst, waarvan 9 filters op 1 m diepte zaten (bij locaties 3 en 4 zaten deze filters in het veen en op de andere locaties zaten deze filters in het zand; deze peilbuizen zijn aangegeven met een suffix 2) en 7 filters op 2,5 m diepte in de zandondergrond zaten (deze peilbuizen zijn aangegeven met een suffix 1). Peilbuislocaties 1, 2, 3 en 4 vormen samen een raai en de peilbuislocaties 5, 6, en 7 vormen de tweede raai (zowel ondiep als diep). Freatische peilbuizen 8 en 9 vormen extra freatisch raaien samen met respectievelijke peilbuis 6.2 en peilbuis 2.2 om de opbolling binnen een perceel in kaart te brengen. Door de metingen op zowel freatisch niveau als in de wat diepere zandondergrond uit te voeren, kan het drukverschil worden bepaald. Daarmee wordt inzicht verkregen in de potentiële kwel/wegzijingssituatie op een locatie.

Om de verzamelde data betrouwbaar te kunnen interpreteren, zijn de meetreeksen gevalideerd op basis van de volgende aspecten:

- meetreeks ten opzichte van maaiveldniveau;
- meetreeks ten opzichte van het meetbereik van de peilbuis;
- meetreeks in relatie tot neerslag en verdamping bij KNMI weerstation De Bilt¹;
- meetreeks in relatie tot oppervlaktewaterpeil².

¹ KNMI, 2022. Daggegevens van het weer te De Bilt. Opgeroepen op 18 januari 2022 van de KNMI-website: <https://www.knmi.nl/nederland-nu/klimatologie/daggegevens>;

² Waterschap AGV, 2022. Legger waterschap Amstel, Gooi en Vecht. Opgeroepen op 19 januari 2022 van de website van Waternet: <https://waternet.maps.arcgis.com/apps/MapSeries/index.html?appid=07b1c0250a1043bab51a4584b129a4e1>.

Afbeelding 3.1 Peilbuislocaties in Kortenhoef Oost



3.1.2 Interpretatie resultaten

Controle van de meetreeksen

Voordat de data daadwerkelijk zijn geanalyseerd, zijn de meetreeksen gecontroleerd. Een uitgebreide beschrijving van de controle van de peilbuizen kan gevonden worden in bijlage I. Uit de controle van de meetreeksen blijkt dat de grondwaterstand in peilbuis 4.2 gedurende het winterhalfjaar enkele centimeters boven maaiveld komt. Bij peilbuis 6.2 komt de grondwaterstand tijdens neerslagmomenten in het winterhalfjaar ook tijdelijk boven het maaiveld. Daarnaast komt de stijghoogte in peilbuis 6.1 boven maaiveldniveau na een lange natte periode met veel neerslag en minimale verdamping.

De grondwaterstand in peilbuis 5.2 ligt geregeld buiten het bereik van de peilbuis. Alleen gedurende hevige neerslag is de grondwaterstand binnen het bereik van de peilbuis. Hierdoor is peilbuis 5.2 van beperkte informatieve waarde.

Alle peilbuizen, behalve peilbuis 3.2, reageren sterk op neerslag en verdamping. De beperktere fluctuatie in peilbuis 3.2 kan komen door de plaatding van deze peilbuis in matig stevig veen. Voor alle peilbuizen geldt dat de gemiddelde grondwaterstanden tussen de streefpeilen in de polder (NAP -1,22 m) en omliggende peilgebieden (het peil van de 's-Gravelandse Vaart van NAP -0,2 m) liggen.

Analyse van de meetreeksen

De meetreeksen zijn op de volgende wijze met elkaar vergeleken:

- freatisch verhang binnen een raai (oost-west);
- verhang van de stijghoogte in de zandondergronden binnen een raai (oost-west);
- freatisch verhang binnen een perceel.

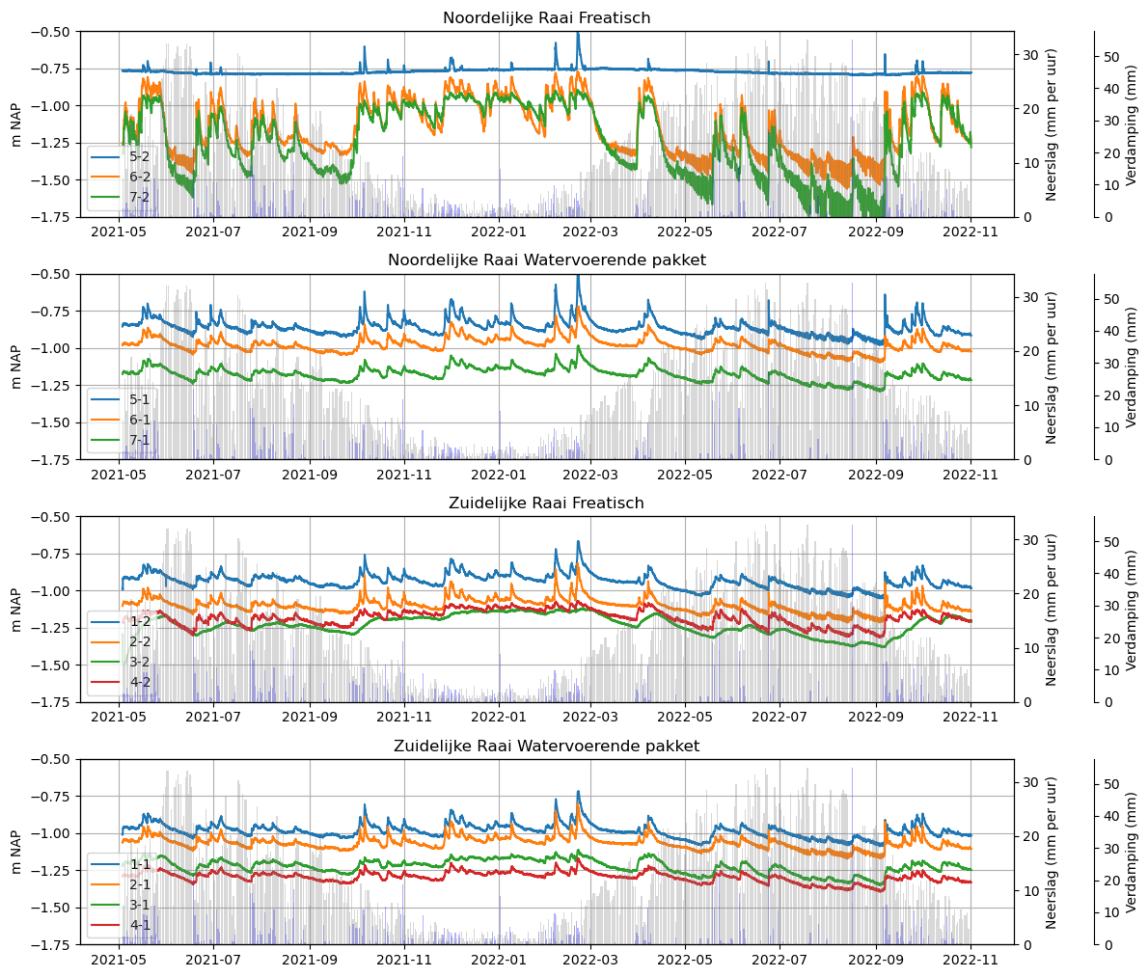
Oost-west verhang in freatische grondwaterstanden binnen de raaien

Doordat de informatie uit peilbuis 5.2 beperkt is, is de informatie over de freatische grondwaterstroming in de noordelijke raai beperkt. Het valt wel op dat de freatische grondwaterstand in de noordelijke raai in de zomermaanden lager is in de meeste westelijke peilbuis (7.2) dan in middelste peilbuis (6.2; afbeelding 3.2), wat doet vermoeden dat het grondwater op deze locatie dan van het oosten naar het westen stroomt. In

droge wintermaanden draait dit om en is de grondwaterstand in peilbuis 7.2 tijdelijk hoger dan in peilbuis 6.2. Dit wijst op een wijziging in stroomrichting gedurende de droge periodes in de wintermaanden op dit perceel, waarbij het water in drogere wintermaanden van het westen naar het oosten stroomt.

Voor de zuidelijke raai geldt dat de freatische grondwaterstand in het algemeen afneemt in westelijke richting, wat indiceert dat het grondwater op deze percelen van het oosten naar het westen stroomt. Echter, peilbuis 3.2 wijkt af van dit patroon (afbeelding 3.2). Deze peilbuis kent de laagste grondwaterstand in de gehele rij. De grootste sprong in de grondwaterstand is tussen peilbuizen 1.2 en 2.2.

Afbeelding 3.2 Grondwaterstanden en stijghoogtes in noordelijke en zuidelijke raai met peilbuizen



Oost-west verhang in stijghoogten in de zandondergrond binnen de raaien

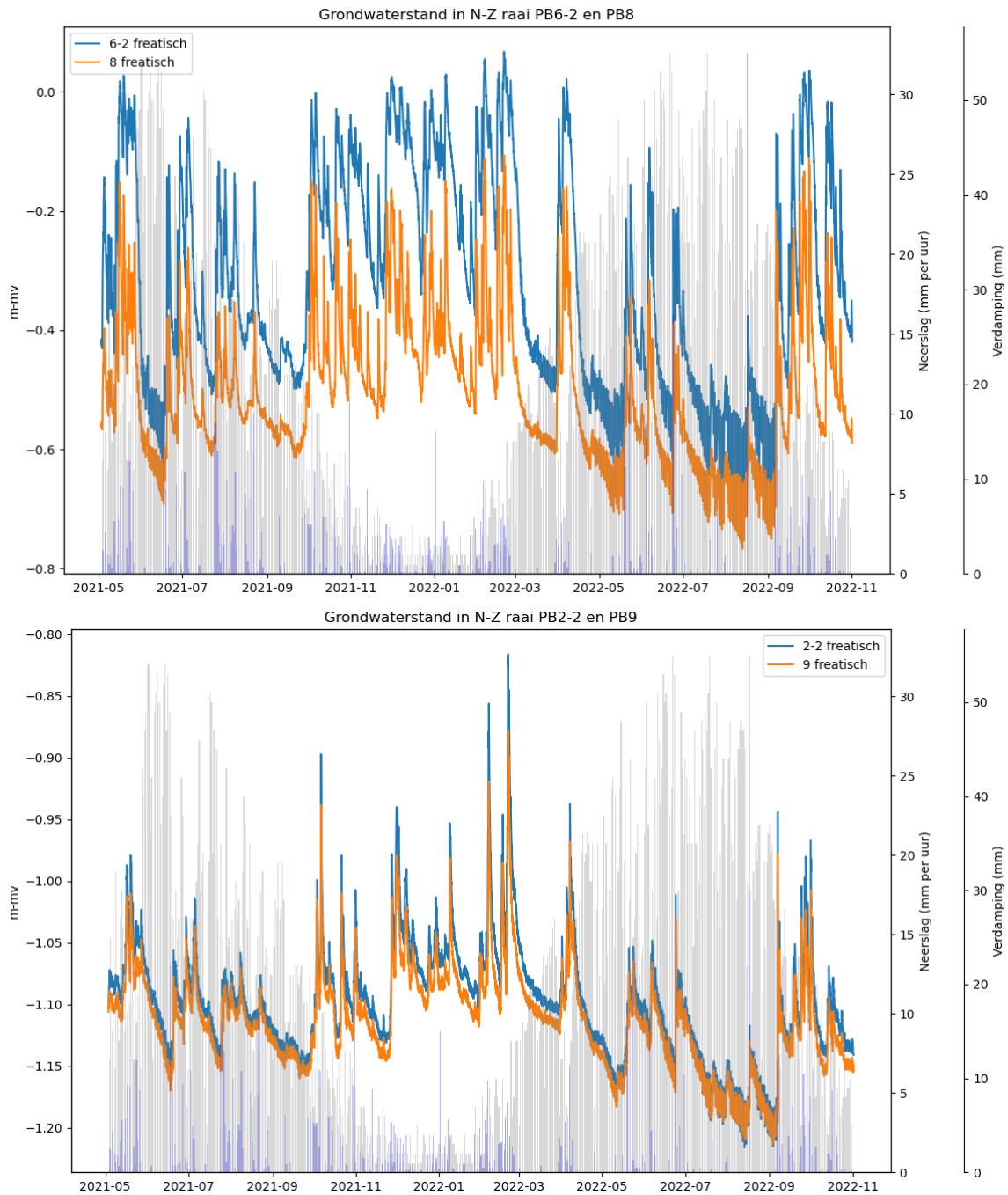
Voor zowel de zuidelijke als noordelijke raai geldt dat de stijghoogte in de zandondergrond afneemt in westelijke richting (afbeelding 3.2). In andere woorden: des te verder een peilbuis gelegen is van de 's-Gravelandse Vaart en de Utrechtse heuvelrug des te lager de stijghoogte is die gemeten wordt in de zandondergrond. Dit betekent dat er een oost-westelijke grondwaterstroming te verwachten is in Kortenhoef Oost. Dit is in lijn met de verwachting dat grondwater vanaf de Utrechtse Heuvelrug richting de laaggelegen Horstermeerpolder stroomt.

Freatisch verhang binnen een perceel

De extra freatische peilbuizen 8 en 9 (zie afbeelding 3.1) zijn nabij sloten geplaatst om inzicht te krijgen in eventuele opbolling in de percelen. Dit is gedaan door deze peilbuisgegevens te koppelen aan gegevens van respectievelijk peilbuis 6.2 en peilbuis 2.2, die midden op het perceel stonden op circa 10 - 15 m van peilbuizen 8 en 9 (die dus nabij de sloot stonden). Door de grondwaterstand van peilbuis 6.2 of 2.2 te

vergelijken met de peilbuis bij de sloot kan op- en onderbolling in het perceel worden waargenomen. In de noordelijke raai is op perceelniveau eigenlijk altijd (zomer en winter) sprake van opbolling in het perceel, oftewel hogere grondwaterstand in peilbuis 6-2 dan in peilbuis 8 (afbeelding 3.3). In de zuidelijk raai valt op (a) dat er niet gedurende de gehele periode opbolling in het perceel optreedt (alleen in de winter) en (b) dat het verschil dan veel kleiner is dan in de noordelijke raai. Het is onduidelijk wat de verschillen tussen het noordelijke en zuidelijke perceel precies door veroorzaakt worden. Factoren als afstand tot de sloot, de lokale kweldruk en de doorlatendheid van de bodem spelen daarbij een belangrijke rol.

Afbeelding 3.3 Verskil freatische grondwaterstand tussen een peilbuis langs de sloot (8 en 9) en een nabijgelegen peilbuis op het perceel (6-2 en 2-2) in de noordelijke raai (boven) en zuidelijke raai (onder)



3.2 Zanddieptemetingen

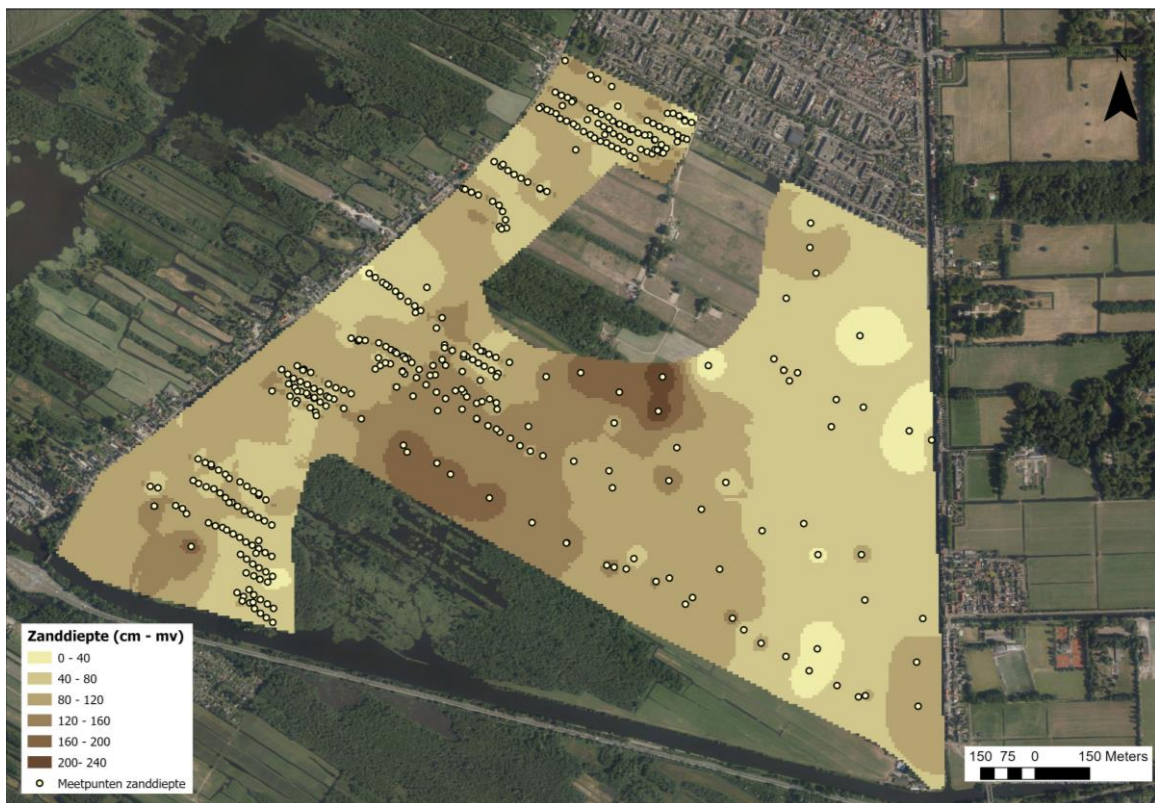
3.2.1 Aanpak en methode

Uit eerder uitgevoerd onderzoek in Het Hol (Loeb *et al.* 2020) blijkt dat er in dit deel van de Oostelijke Vechtplassen nog lokale kwel aanwezig is op plekken waar er zandopduikingen onder de veenlaag aanwezig zijn. Omdat het vermoeden is dat dit ook het geval zou kunnen zijn in Kortenhoef Oost zijn er grondboringen met een guts verricht om mogelijke zandopduikingen op te sporen in de bodem. Tevens zijn er door ATKB bodemboringen uitgevoerd op 72 locaties in het gebied. De uiteindelijke zanddieptekaart is gebaseerd op de gutsmetingen, bodemboringen door ATKB en de eerdere data van Jansen (2020).

3.2.2 Interpretatie resultaten

In afbeelding 3.4 staat de zanddieptekaart, waarop te zien is dat de zanddiepte met name in het centrale deel van het gebied een stuk dieper ligt dan in de rest van het gebied (vanaf 120 cm tot meer dan 200 cm onder maaiveld). Dit is dan ook het deel van het Kortenhoef Oost waar dikkere veenpakketten worden aangetroffen. Ten zuidwesten van de voormalige vuilnisbelt is een kleine zandopduiking in het centrale deel van het gebied te zien op een diepte van 40-80 cm. Verder zijn er in het centrale deel van het gebied geen duidelijke zandopduikingen aangetroffen. In het oosten van het gebied ligt het zandige moedermateriaal op een diepte van 40 tot 80 cm onder maaiveld. In dit geval lag er geen veen, maar een toemaakdek op het zanddek. In het westelijke deel van het gebied ligt het zandige moedermateriaal wat dieper onder het maaiveld op gemiddeld 80 tot 120 cm diepte, afgewisseld met grotere stukken met een zanddiepte van 40-80 cm onder maaiveld. Ook hier ligt er meestal geen veen, maar een toemaakdek op het zandpakket. In het Zuidwestelijke deel 'achter de kerk' ligt nog een kleine zandopduiking van 0-40 cm onder maaiveld, vrij dicht naast het natuurgedeelte in Kortenhoef Oost.

Afbeelding 3.4 Kaart met de dieptes van het zandpakket en zandopduikingen. Delen waar geen metingen van waren zijn niet op de kaart opgenomen (voormalige vuilnisbelt en gebied in het zuiden)



Kortom, in het centrum van Kortenhoef Oost is het dikste veenpakket aanwezig en ligt de zandondergrond het diepst. Dit is een voormalige slenk tussen de Utrechtse Heuvelrug en de dekzandrug in het westen (waarop nu de Kortenhoefsedijk ligt). In deze langgerekte laagte is in het verleden de eerste veenvorming opgetreden, die zich naderhand over de hogere delen (over de dekzandrug heen) heeft uitgebreid.

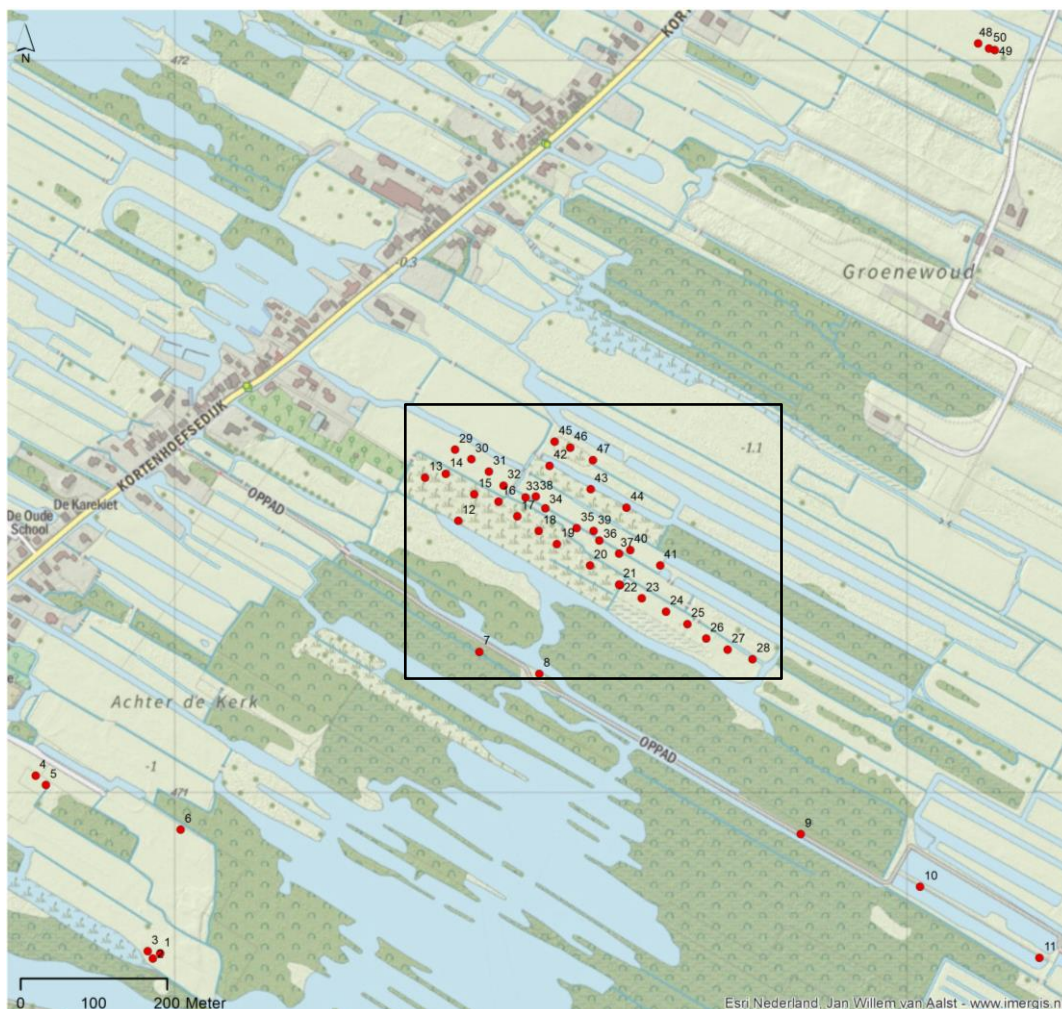
3.3 Indicatie van kwel in het veen: EGV-prikstokmetingen

3.3.1 Aanpak en methode

Nadat er meer inzicht was verkregen in de bodemopbouw (paragraaf 3.2), zijn er in april 2021 gerichte prikstokmetingen van het elektrisch geleidend vermogen (EGV) uitgevoerd in de venige bodems. Het doel van de EGV-prikstokmetingen was om na te gaan of er locaties in Kortenhoef Oost zijn waar basenrijk grondwater doordringt tot in de wortelzone van het veenpakket. De EGV-diepteprofielen werden ingemeten van -20 cm tot een maximum diepte van -170 cm onder maaiveld met behulp van een prikstok, gekoppeld aan een WTW 3110 geleidbaarheid meter. De prikstok bestaat uit een geleidbaarheidssensor die vastzit aan het uiteinde van een 2 m lange stalen stok. De sensor is ongeveer 20 cm lang, waardoor de eerste EGV-meting in de toplaag altijd op 20 cm diepte is weergegeven. Hierna werd per 10 cm het EGV gemeten. Dit systeem werd gekoppeld aan een HACH HQ40D geleidbaarheidsmeter met een HACH (CDC410) EGV-electrode.

Afbeelding 3.5 Overzicht van de transecten en losse meetpunten waar prikstokmetingen zijn uitgevoerd in Kortenhoef Oost.

Transect 1: meetpunten 7 t/m 11; transect 2: meetpunten 13 t/m 28; transect 3: meetpunten 29 t/m 37; transect 4: meetpunten 38 t/m 41; transect 5: meetpunten 42 t/m 44; transect 6: meetpunten 45 t/m 47; transect 7: meetpunten 48 t/m 50



Er is getracht om de EGV-prikstokmetingen zoveel mogelijk in oost-west georiënteerde transecten te meten (afbeelding 3.5), maar dit was niet overal mogelijk door (a) de beperkte veendikte op veel locaties en (b) het veelvuldig voorkomen van toemaakdekken in het westen en oosten van het gebied. Daarom is er op een aantal locaties ook een puntmeting uitgevoerd. De meetpunten in het transect lagen ongeveer 20 m uit elkaar, behalve bij transect 1 (tussen meetpunten 7 tot en met 11) waar de toplaag van de grond vaak erg droog was waardoor er niet overal gemeten kon worden.

Alle EGV-diepteprofielen zijn gevisualiseerd middels interpolatie met de 'Akima v0.2-3 package' in de programmeertaal R 4.0. De prikstokmetingen zijn gebruikt om grof inzicht te krijgen in de locaties waar gedurende delen van het jaar vermoedelijk kwel in de wortelzone terecht kan komen. Bij de uitwerking van de puntmetingen zijn alle gemeten EGV-waarden in dezelfde schaalverdeling weergegeven als de transecten, om een vergelijking te kunnen maken in de EGV-gradiënten.

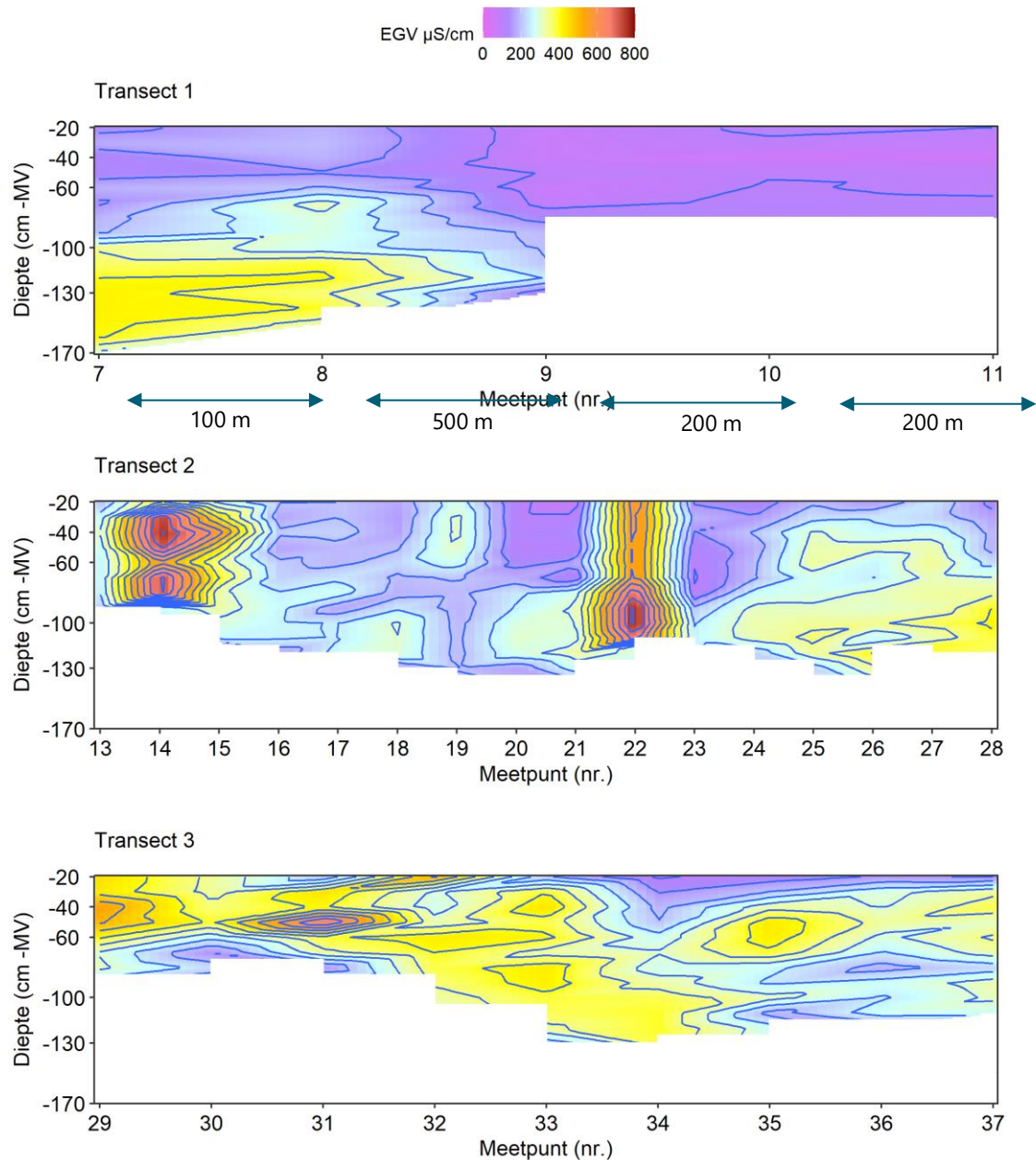
3.3.2 Interpretatie resultaten

Het eerste transect liep langs het Oppad, waarbij meetpunt 7 het meest westelijk in het gebied lag en meetpunt 11 het meest oostelijk (zie afbeelding 3.5). Volgens de EGV-metingen is er op de meetpunten geen sprake van kwel naar de wortelzone van de vegetaties. De lage EGV-waarden doen vermoeden dat over de gehele lengte van het transect sprake is van een (behoorlijk) dikke neerslaglens (Transect 1 in afbeelding 3.6). Dit klopt ook wel met de waarneming van veenpluis bij meetpunten 10 en 11, wat aangeeft dat de bodem hier behoorlijk zuur is. Ter hoogte van meetpunten 7 en 8 leek er dieper in de bodem wel wat gebufferd water aanwezig te zijn met EGV-waarden rond 400-500 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Vermoedelijk is deze verhoging van het EGV veroorzaakt door aanvoer van basenrijk oppervlaktewater vanuit de noordelijk gelegen sloot onder de kraggen door.

Transect 2 (meetpunten 13 tot en met 28) ligt in het centrale natuurdeel van Kortenhoef Oost (afbeelding 3.5) en bevat een veengrond, die op diverse plaatsen behoorlijk dun was. Ter hoogte van meetpunten 13, 14, 15 en 22 was een flinke verhoging van het EGV te zien (500 - 800 $\mu\text{S}/\text{cm}$), die doorliep tot in de wortelzone van de bodems (afbeelding 3.6). Bij meetpunten 13, 14 en 15 gaat het zeer waarschijnlijk vooral om basenrijke kwel die tot hoog in het bodemprofiel doordringt, maar niet tot helemaal aan het maaiveld want daar zijn de EGV-waarden een stuk lager. Bij meetpunt 22 is vermoedelijk echter sprake van infiltrerend basenrijk oppervlaktewater vanuit de nabijgelegen sloot, aangezien de EGV-waarden hier bovenin het profiel het hoogst zijn (bij kwel zou dat andersom zijn). Zonder aanvullende metingen is echter niet goed te bepalen welk aandeel kwel en infiltrerend oppervlaktewater precies hebben bij de waargenomen verhogingen van het EGV op deze punten. Bij meetpunt 19 lag vroeger een oude sloot die nu is dichtgegroeid: hier was in de bovenste 50 cm nog wat invloed van licht gebufferd oppervlaktewater te zien (of mogelijk aanvoer van gebufferd grondwater). Ten slotte lijken iets hogere EGV-waarden (300 - 400 $\mu\text{S}/\text{cm}$) vanaf 40 - 60 cm diepte aan de oostelijke zijde van transect 2 (meetpunten 25 tot en met 27) en bij meetpunt 12 (dat op hetzelfde perceel ligt maar dan iets zuidelijker waar het heel drassig was vlakbij de oeverrand van de sloot) aan te geven dat er hier sprake is van enige invloed van meer gebufferd water (afbeelding 3.6). Dit water kwam op het meetmoment echter niet tot in de wortelzone terecht. Het gaat echter om een eenmalige meting in begin mei 2021. Om te bepalen of er in dit gebied toch aanvoer van basenrijk grondwater tot aan het maaiveld zou kunnen optreden, zouden er meer EGV-prikstokprofielen (het liefst ook op wat kortere afstand van elkaar) uitgevoerd moeten worden.

Bij transect 3 is het EGV ter hoogte van meetpunten 29 tot en met 33 duidelijk hoger in de bovenste bodemlagen (300 - 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$; afbeelding 3.6). Hier kan sprake zijn van aanvoer van basenrijk grondwater via kwel, maar vermoedelijk wordt een flink deel van de verhoging vooral veroorzaakt door het agrarisch gebruik van dit perceel (inclusief bekalking). Tevens kan er wat invloed zijn van aanvoer van gebufferd oppervlaktewater vanuit een aangrenzende sloot. Op basis van deze enkelvoudig EGV-prikstokmetingen zijn deze processen lastig van elkaar te scheiden, maar de waargenomen verhoogde EGV en de gemeten waterkwaliteit bij cup 10 (paragraaf 3.4) doen vermoeden dat op dit drassige weiland in ieder geval deels sprake is van kwel tot aan het maaiveld.

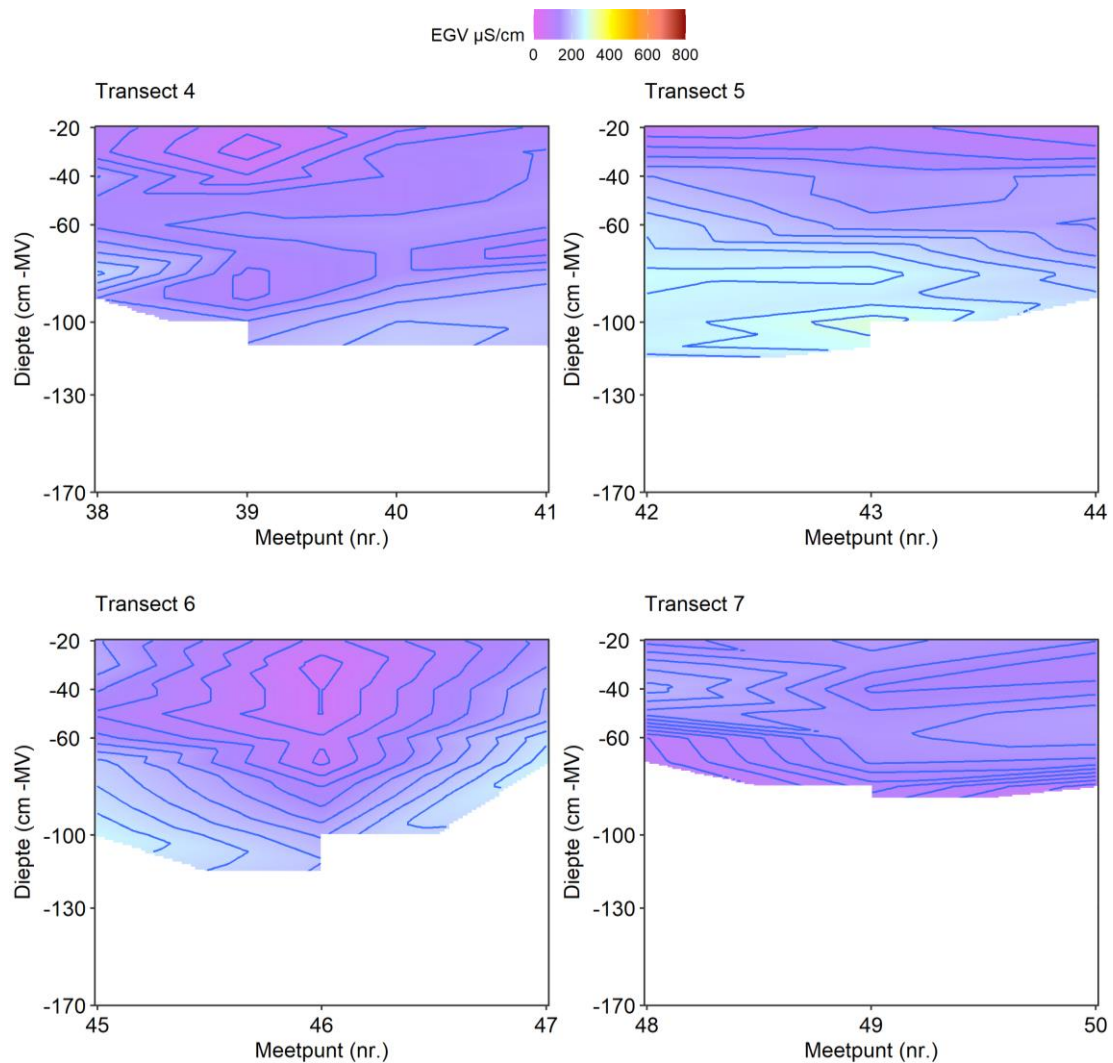
Afbeelding 3.6 EGV-profielen, gemeten in een aantal lange transecten in Kortenhoef Oost. Het witte vlak waar geen metingen zijn uitgevoerd geeft de onderliggende zandlaag aan. Het witte vlak waar geen metingen zijn uitgevoerd geeft de onderliggende zandlaag aan. De meetpunten in transect 2 en 3 lagen ongeveer 20 m uit elkaar (m.u.v. transect 1, deze afstanden zijn in de figuur weergegeven)



Transecten 4 (meetpunten 38 tot en met 41) en 5 (meetpunten 42 tot en met 44) zijn dichtbij de oeverrand van sloten gemeten. In beide gevallen geven de lage EGV-waarden aan dat de toplaag van de bodem duidelijk beïnvloed wordt door regenwater (Afbeelding 3.7). Dat is ook het geval bij transect 6 (meetpunten 45 tot en met 47). Dieper in de bodem lopen de EGV-waarden bij alle deze drie de transecten wel iets op richting 200 - 300 $\mu\text{S/cm}$, wat indiceert dat hier aanvoer is van licht gebufferd oppervlaktewater.

Transect 7 (meetpunten 48 t/m 50) ligt in het uiterste noordwesten van Kortenhoef Oost (afbeelding 3.5). Hier konden de prikstokmetingen alleen in het laaggeleden drassige perceel tussen de bomen worden uitgevoerd, omdat de grond elders te droog was. Ook hier is een dikke regenwaterlens gemeten zonder enige invloed van gebufferd (kwel)water. Jansen (2020) heeft iets ten zuiden van dit perceel wel indicaties van kwel waargenomen in een prikstokmeting, waarbij ook de waarneming van waterdrieblad en wateraardbei indiceerde dat hier (delen van het jaar) kwel tot aan het maaiveld kan optreden.

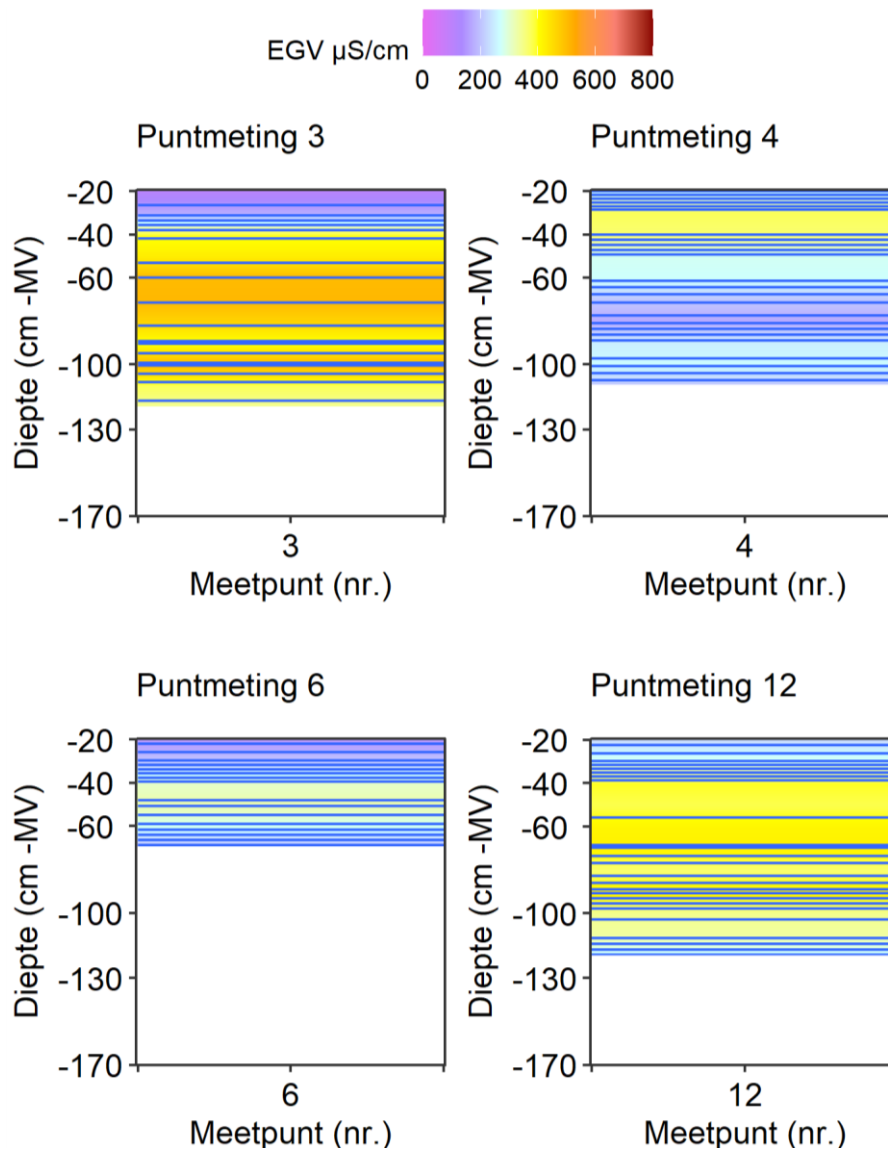
Afbeelding 3.7 EGV-profielen, gemeten in korte transecten in Kortenhoef Oost. Het witte vlak waar geen metingen zijn uitgevoerd geeft de onderliggende zandlaag aan. De meetpunten lagen ongeveer 20 m uit elkaar voor alle transecten



Ten slotte zijn er verschillende puntmetingen uitgevoerd in het zuidwestelijke deel van Kortenhoef Oost in het gebied 'Achter de Kerk' (afbeelding 3.5). Meetpunt 3 ligt in een lageregelegen deel waar veel zeggens in stonden, vlak naast de sloot. Op basis van de EGV-waarden lijkt er 40 cm onder het maaiveld invloed te zijn van het oppervlaktewater vanuit de sloot (afbeelding 3.8). De bovenste 40 cm van dit lageregelegen stukje wordt echter vooral beïnvloed door stagnerend regenwater. Meetpunt 4 ligt in een lageregelegen, moerassig stukje midden op het perceel. Hier lijkt met name de invloed van de aangrenzende landbouwgronden een invloed te hebben op de wat hogere EGV-waarden en/of er is sprake van enige aanvoer van gebufferd oppervlakte- of grondwater. Hetzelfde is te zien bij meetpunt 6, die verderop het perceel in een drassig stukje is genomen op een plek met wat zeggens in de vegetatie.

Globaal gesproken laten de prikstokmetingen zien dat er op de meetlocaties in Kortenhoef Oost (locaties waar een voldoende dik veenpakket aanwezig was) vooral sprake is van inzijging van neerslagwater. Lokaal komen er in het centraal gelegen veenpakket (in het huidige natuurgebied) hogere EGV-waarden voor. Deze lokale hogere waarden worden deels veroorzaakt door inzijging van basenrijk slootwater, deels door landbouwactiviteiten en deels door kwel.

Afbeelding 3.8 EGV-profielen, uitgevoerd op een aantal puntmetingen in Kortenhoef Oost. Het witte vlak waar geen metingen zijn uitgevoerd geeft de onderliggende zandlaag aan

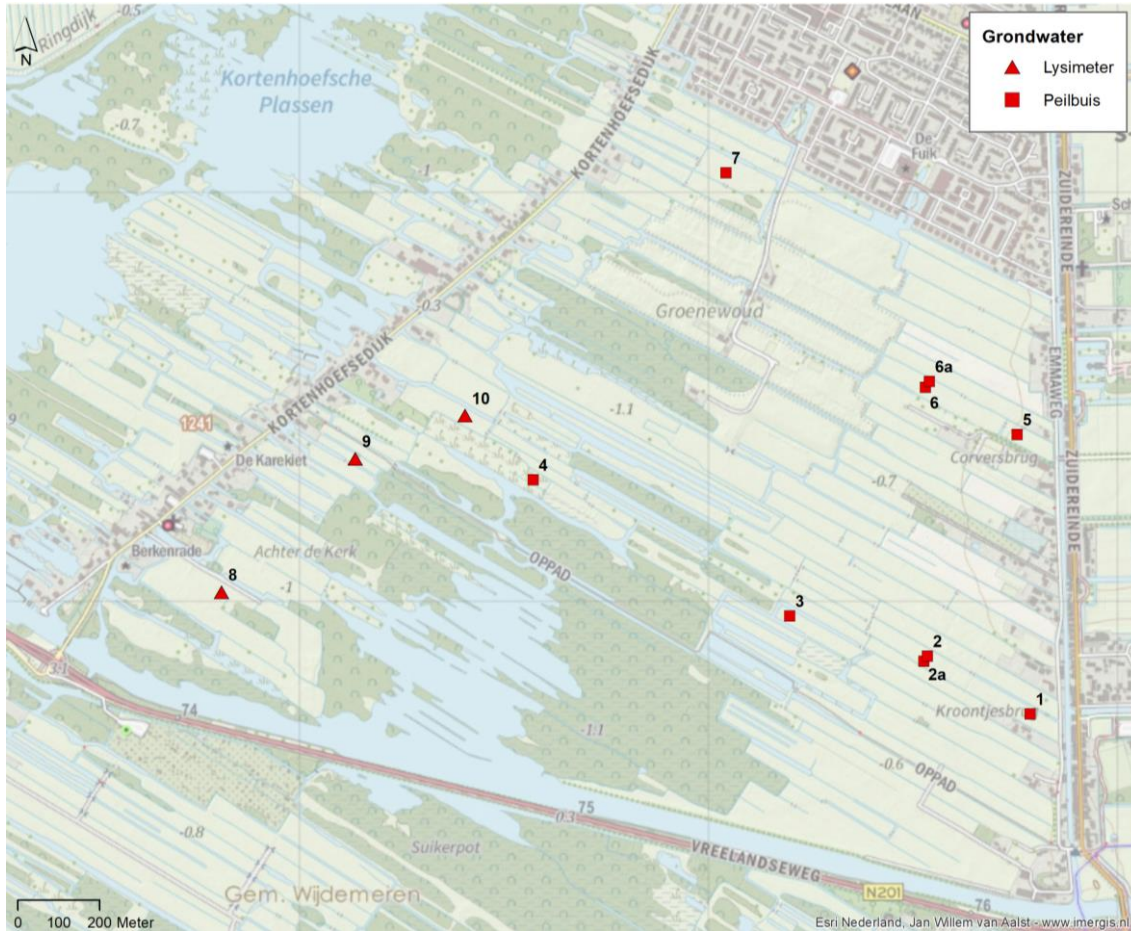


3.4 Grondwaterkwaliteit

3.4.1 Aanpak en methode

In verband met de verkenning van potentiële natuurdoelen voor Kortenhoef Oost was het wenselijk om meer inzicht te krijgen in de kwaliteit van het grondwater dat Kortenhoef Oost voedt. Dit is gedaan door in mei 2021 grondwater te bemonsteren bij de 16 peilbuizen die in paragraaf 3.1 zijn behandeld. Daarnaast is nog op drie aanvullende locaties het ondiepe grondwater bemonsterd met keramische cups (afbeelding 3.9). Deze 3 locaties zijn gekozen op basis van veldkartering die eind april 2021 zijn uitgevoerd (zie paragraaf 3.5) om potentiële kwellocaties te identificeren. Per aanvullende locatie zijn op 3 dieptes (wortelzone van de vegetatie, veenpakket en zandondergrond) keramische cups geplaatst voor bemonstering van het grondwater. Voor het bemonsteren van grondwater zijn de peilbuizen leeggepompt, waarna vers toestromend grondwater is verzameld in luchtdicht afgesloten HDPE-potten. Poriewater is anaeroob verzameld met behulp van keramische cups (Eijkelpark Agrisearch Equipment) waaraan een vacuüm getrokken 60 ml injectiespuit was verbonden. De verzamelde grondwater- en poriewatermonsters zijn luchtdicht bij 4 °C uiterlijk 24 uur bewaard tot verdere elementenanalyse. Voor een gedetailleerde beschrijving van de gehanteerde methodiek wordt verwezen naar bijlage II.

Afbeelding 3.9 Locatie van de geplaatste peilbuizen in Kortenhoef Oost. Per locatie staan twee peilbuizen (op verschillende dieptes) die zijn bemonsterd, waarbij op 2 locaties nog een extra buis aan de slootkant stond (16 peilbuizen dus in het totaal). Daarnaast is op drie aanvullende locaties met ceramische cups op 3 dieptes (9 cups totaal) het grondwater bemonsterd



3.4.2 Interpretatie resultaten

Locatie 1

De totaal fosfor (P)-concentratie is hier in het diepe water (250 cm onder maaiveld) extreem hoog met 133 $\mu\text{mol/l}$ (oftewel 4,1 mg/l; Tabel 3.1). Ook de ammonium (NH_4)-concentratie is op deze diepte extreem hoog. Beide nutriënten zijn bovendien veel hoger dan in het ondiepe water (100 cm onder maaiveld). Dit suggereert dat de nutriënten niet grotendeels afkomstig zijn van infiltratie vanuit het maaiveld. Naast P en stikstof (N) bevat het diepe water ook hoge HCO_3^- , ijzer (Fe)- en kalium (K)-concentraties. Vermoedelijk is er op 250 cm onder het maaiveld dan ook sprake van grondwater. Het gaat echter niet om schoon grondwater. Dit wordt naast de hoge nutriëntconcentraties ook bevestigd door de vrij hoge chloride (Cl)-concentraties, wat wijst op antropogeen beïnvloed grondwater. Mogelijk is er sprake van kwelwater vanuit de naastgelegen 's Gravelandse Polder.

Het ondiepere water (100 cm onder maaiveld) lijkt op het diepere water, maar bevat iets meer HCO_3^- , Ca en Fe en significant minder nutriënten (tabel 3.1). In dit ondiepe filter lijkt er dus ook sprake te zijn van aanvoer van gebufferd water dat qua samenstelling meer op grondwater lijkt dan op oppervlakte- of regenwater.

Locatie 2

Het diepe water lijkt op dat bij locatie 1, maar bevat wel veel lagere P- en NH_4 -concentraties en hogere Ca-concentraties (tabel 3.1). Ook hier is vermoedelijk op grotere diepte (250 cm onder het maaiveld) sprake van grondwater, waarbij er op basis van de Maucha-diagrammen (resultaten niet getoond) mogelijk wat meer sprake is van een oppervlaktewaterinvloed dan bij locatie 1.

Het ondiepe water (100 cm onder maaiveld) lijkt op het diepere water, maar dan wel meer verdund met oppervlaktewater (tabel 3.1). Het Maucha-diagram voor locatie 2A (eveneens 100 cm onder maaiveld en dichtbij een sloot) bevat water dat sterk door het oppervlaktewater wordt beïnvloed (afbeelding 3.10).

Locatie 3

Het diepe water (250 cm onder maaiveld) lijkt qua samenstelling met relatief lage K- en Fe-concentraties (tabel 3.1) meer door oppervlaktewater te worden beïnvloed dan bij locaties 1 en 2, maar ook hier is zeker nog wel sprake van een aanzienlijke grondwaterinvloed.

Bij locatie 3 is het ondiepe water (100 cm onder maaiveld) in een veenbodem bemonsterd. Opvallend is de zeer hoge sulfaat (SO_4)-concentratie. In een anaerobe veenbodem is SO_4 -reductie te verwachten, waardoor juist lage SO_4 -concentraties te verwachten zijn. Ook de Na-concentratie relatief hoog, waardoor er een afwijkende Mauchadiagram is vergeleken met andere locaties (Afbeelding 3.10). Mogelijk is de veenlaag op deze locatie zwavelrijk (pyriethoudend), waarbij het zwavel (S) wordt geoxideerd door de aanwezigheid van nitraat (NO_3 in plaats van zuurstof) of door zuurstof bij periodiek lage grondwaterstanden. Hierbij kan dan SO_4 vrijkomen. Op basis van deze enkele bemonstering kan echter onmogelijk worden vastgesteld of dit zwaveloxidatieproces daadwerkelijk optreedt.

Locatie 4

Het diepe water (250 cm onder maaiveld) lijkt sterk te zijn beïnvloed door regenwater. Dit water heeft een lage pH van 5,3 en een relatief lage HCO_3 -concentratie (Tabel 3.1). Ook de Cl^- , Na-, K-, Ca- en Fe-concentraties waren relatief laag. Dit suggereert dat er op deze locatie sprake is van wegzijging.

Net als bij locatie 3, is het ondiepe water (100 cm onder maaiveld) in een veenbodem bemonsterd. De samenstelling van dit water leek behoorlijk sterk op de samenstelling van het diepere water en bevatte dus ook een grote regenwatercomponent (afbeelding 3.10). Dit is in overeenstemming met de EGV-prikstokmetingen, waarbij transect 2 (waar peilbuis 4 in ligt nabij meetpunt 20) eveneens aangeeft dat er op dit perceel een grote invloed van regenwater is (afbeelding 3.6).

Locatie 5

Het diepe water (250 cm onder maaiveld) lijkt vooral door regenwater te zijn beïnvloed, maar het bevat wel relatief hoge NO_3 -concentraties (tabel 3.1). Dit komt zeer waarschijnlijk door NO_3 -uitspoeling uit de bovenliggende ondiepere bodemlagen, mogelijk als gevolg van veenoxidatie door lage grondwaterstanden en/of door bemesting. Er is echter sprake van een relatief lage P-concentratie.

Op locatie 5 kon het ondiepe water (100 cm onder maaiveld) niet worden bemonsterd, omdat deze peilbuis op dat moment droog stond.

Locatie 6

Het diepe water (250 cm onder maaiveld) bevat een behoorlijk hoge P-concentratie van $20 \mu\text{mol/l}$, oftewel $0,62 \text{ mg/l}$. Tevens bevat dit diepe water een zeer hoge NH_4 -concentratie, relatief veel Ca, HCO_3 en Cl, en weinig Fe en K (tabel 3.1). Qua samenstelling lijkt het water op het diepere water bij peilbuis 3, waarbij het diepere water zowel beïnvloed lijkt door grondwater als door oppervlaktewater.

Het ondiepe water (100 cm onder maaiveld) laat een vergelijkbaar beeld zien als het diepere water, maar dan verdund met regenwater (afbeelding 3.10). In peilbuis 6A, die dicht bij de sloot staat, wordt de samenstelling van het water gedomineerd door HCO_3 en Ca, waarbij het water niet heel hard is (Tabel 3.1). Dit komt doordat onder andere de lage Cl- en Na-concentraties in dit water erg laag zijn, wat duidt op de aanwezigheid van relatief schoon water. Ook hier is vermoedelijke sprake van een combinatie van oppervlakte- en grondwater.

Locatie 7

Het diepe water (250 cm onder maaiveld) heeft zeer hoge HCO_3 - en Ca-concentraties en relatief lage Cl- en Na-concentraties (Tabel 3.1). Dit duidt op relatief 'schoon' grondwater. Dit diepe grondwater lijkt echter niet aan maaiveld te komen, aangezien het ondiepe water (100 cm onder maaiveld) meer een mengsel lijkt te zijn van oppervlaktewater en regenwater (Tabel 3.1).

Locatie 8 (keramische cups)

Het diepere water in het zand (130 cm onder maaiveld) lijkt sterk te zijn beïnvloed door regenwater. Dit water heeft een lage pH van 5,4 en een relatief lage HCO_3^- -concentratie (tabel 3.1). Dit suggereert dat er op deze locatie sprake is van wegzijging.

Op het moment van bemonsteren was er sprake van zeer drassig land met een hoge grondwaterstand tot in de wortelzone. Dit heeft waarschijnlijk geleid tot anaerobe condities in de toplaag van deze bodem, waarbij reactief organisch materiaal in de toplaag van de bodem (zoals dode wortels en veen) anaeroob werd afgebroken. Hierdoor zijn vermoedelijk extreem hoge P- en NH_4^- -concentraties in de topbodem (circa 15 cm onder maaiveld) gemeten (tabel 3.1).

Locatie 9 (keramische cups)

Net als de ondiepe cups bij locatie 8 lagen de ondiepe cups bij 9 in een veenlaag. In tegenstelling tot bij locatie 8, was er bij locatie 9 sprake van lagere grondwaterstanden in de toplaag van de bodem, waardoor de afbraakprocessen hier niet anaeroob verliepen. Zowel in de wortelzone als in de onderliggende ondiepe veenbodem waren de P- en NH_4^- -concentraties laag, vermoedelijk als gevolg van P-binding en omzetting van NH_4^- . De ondiepe grondwaterkwaliteit (40 - 60 cm diepte ten opzichte van het maaiveld) wordt duidelijk beïnvloed door regenwater (tabel 3.1). Hierbij dient wel vermeld te worden dat de filter van cup 9 op 40 cm diepte (ten opzichte van het maaiveld) vermoedelijk net boven de grondwaterspiegel in de veenlaag stond, waardoor eventuele grondwaterinvloed onmogelijk gemeten kon worden. Het diepere grondwater had echter net als bij locatie 9 ook een vrij lage pH van 5,9. Ook hier (net als bij locatie 9) lijkt er sprake te zijn van wegzijging.

Locatie 10 (keramische cups)

Locatie 10 is midden in het natte deel van het centrale natuurgebied gesitueerd. Uit EGV-prikstokmetingen blijkt dat op deze locatie (westzijde van transect 3) mogelijk sprake is van aanvoer van kwelwater naar het maaiveld (afbeelding 3.6). Er worden hier hoge concentraties van HCO_3^- , Ca en Fe gemeten in de wortelzone en onderliggende veenlaag (tabel 3.1), waarbij deze concentraties afnamen met de diepte. Deze samenstelling van het bodemvocht kan ofwel verklaard worden door aanvoer met kwel en/of door het in oplossing gaan van neergeslagen van kalk en ijzer(hydr)oxiden die hier eerder met kwel in maaiveld kunnen zijn afgezet.

Net als bij locatie 8 was op het moment van bemonsteren ook op deze locatie sprake van zeer drassig land met een hoge grondwaterstand tot in de wortelzone. Dit heeft waarschijnlijk geleid tot anaerobe condities in de toplaag van deze bodems, waardoor hoge P- en NH_4^- -concentraties worden gemeten in de wortelzone en in het onderliggende veenpakket (tabel 3.1). In tegenstelling tot de bovenliggende veenlaag, bevat het grondwater in de zandlaag (100 cm onder maaiveld) relatief weinig P (2 $\mu\text{mol P/l}$, oftewel 0,06 mg P/l) en Fe (Tabel 3.1).

Algemene conclusies grondwaterkwaliteit

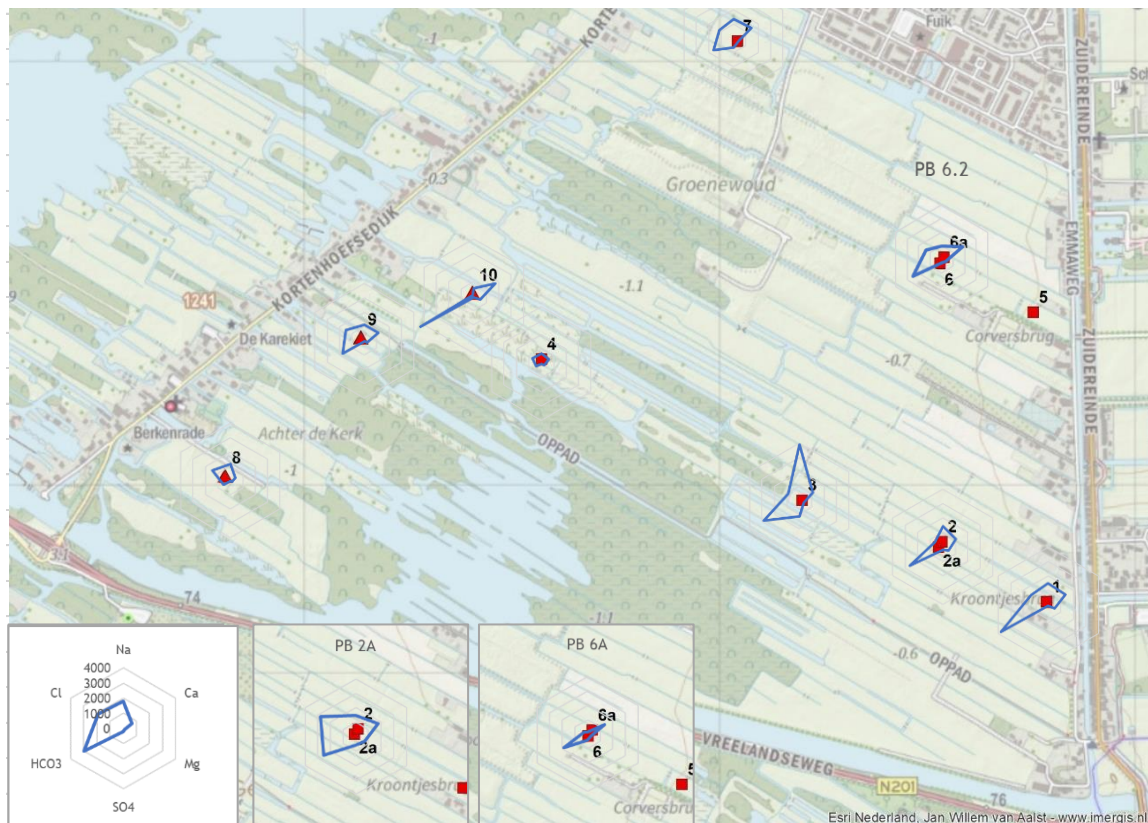
Op geen van de meetlocaties is er sprake van nutriëntarm en baserijk, lithoclien grondwater. Kwel van zulk grondwater lijkt op dit moment dan ook niet mogelijk in Kortenhoef Oost. Er zijn in het oosten van Kortenhoef Oost echter wel degelijk indicaties voor grondwaterinvloed in het bodemprofiel op zowel 250 als 100 cm onder maaiveld (locatie 1, en in wat mindere mate bij locatie 2). Het gaat hier waarschijnlijk om grondwater dat een behoorlijk lokale oorsprong heeft ('s Gravelandse Polder; zie paragraaf 4.1) en dat zeker niet beschreven kan worden als nutriëntarm, lithoclien grondwater. Naar het westen toe is er steeds meer invloed van oppervlakte- en/of regenwater, behalve op locatie 10. Hier lijkt namelijk sprake te zijn -of te zijn geweest- van zeer kalkrijk, ijzerrijk grondwater tot in maaiveld.

Het diepe water in de zandlaag (250 cm onder maaiveld) bevat op een aantal locaties (6 van de 10 locaties) relatief weinig P (<2 $\mu\text{mol P/l}$, oftewel 0,06 mg P/l), maar het diepe water bevat wel vrijwel overal veel NH_4^- . Op twee van de tien locaties is de totaal P-concentratie echter zeer hoog (peilbuis 6 bevat op 250 cm diepte een P-concentratie van 20 $\mu\text{mol/l}$, oftewel 0,62 mg/l) tot extreem hoog (peilbuis 1 bevat op 250 cm diepte een P-concentratie van 133 $\mu\text{mol/l}$, oftewel 4,1 mg/l). Gemeten P-concentraties in dit diepere water variëren dus sterk, waardoor het vooralsnog niet duidelijk is hoeveel P het grondwater precies bevat. Het lijkt er wel op dat het diepere water naar het noordwesten toe schoner is (zowel wat betreft P als NH_4^-). Er zijn echter aanvullende metingen (in ruimte en tijd) nodig om betrouwbaar iets te kunnen zeggen over de kwaliteit van het grondwater in Kortenhoef Oost.

Tabel 3.1 Grondwaterkwaliteit in de geplaatste peilbuizen (nummers 1 - 7) en keramische cups (nummers 8 - 10) bepaald op verschillende dieptes in de bodem. De bodemtypes waarin de filters zijn geplaatst, zijn aangegeven met verschillende kleuren. De grondwaterkwaliteit is eenmalig geanalyseerd in mei 2021. Peilbuis 5.2 stond droog en is zodoende niet bemonsterd voor analyse

Codering peilbuis	Bodem laag	Filter diepte cm - mv	pH	HCO3 $\mu\text{mol/l}$	P $\mu\text{mol/l}$	NO3 $\mu\text{mol/l}$	NH4 $\mu\text{mol/l}$	K $\mu\text{mol/l}$	Cl $\mu\text{mol/l}$	Ca $\mu\text{mol/l}$	Fe $\mu\text{mol/l}$	Mg $\mu\text{mol/l}$	S $\mu\text{mol/l}$
1,2	Zand	100	6,4	3783	16	1	497	469	1355	1394	178	495	66
1,1	Zand	250	7,1	3005	133	1	1533	383	1911	654	47	117	198
2,2	Zand	100	6,4	2657	2	2	33	231	627	1031	39	473	204
2,1	Zand	250	6,5	3143	2	1	670	373	1432	1648	46	393	688
2A	Zand	100	6,3	2543	4	1	136	677	2772	1775	161	678	577
3,2	Veen	100	6,4	2867	9	4	132	268	900	1108	113	341	1119
3,1	Zand	250	6,6	3276	6	1	69	39	2107	1798	7	194	206
4,2	Veen	100	5,5	418	19	2	16	89	732	592	49	227	54
4,1	Zand	250	5,3	421	1	1	122	28	1091	266	22	164	14
5,2	Zand	100											
5,1	Zand	250	5,9	458	2	1225	6	29	668	1045	2	270	137
6,2	Zand	100	6,3	2521	3	3	33	154	1344	1819	15	339	261
6,1	Zand	250	7,4	4119	20	2	255	27	2696	1684	6	302	36
6A	Zand	100	6,2	1908	3	2	25	70	260	1354	35	264	405
7,2	Zand	100	5,8	1633	2	2	70	179	1162	1426	95	380	653
7,1	Zand	250	6,6	4839	5	1	78	25	1177	2162	51	319	36
8A	wortelzone	15	5,7	1270	385	2	342	254	591	1083	370	302	146
8B	Veen	60	5,9	2188	24	4	28	125	1017	1281	172	178	52
8C	Zand	130	5,4	553	2	9	14	77	1449	392	33	156	39
9A	wortelzone	10	5,9		6	5	13	11	380	356	2	68	189
9B	Veen	40	5,7	450	4	2	16	13	1054	1101	62	132	732
9C	Zand	100	5,9	1775	2	1	22	6	1486	1131	80	222	47
10A	wortelzone	10	6,6	11005	56	2	411	30	623	5088	2607	597	350
10B	Veen	50	6,3	5679	28	1	32	3	95	2621	271	599	91
10C	Zand	100	6,2	4266	2	1	68	36	101	1742	44	499	80

Afbeelding 3.10 Aangepaste Maucha-diagrammen van het grondwater in peilbuizen 1.2, 2.2, 3.2, 4.2, 5.2, 6.2, 7.2, 2A en 6A met filterdiepte op 100 cm en cups 8C, 9C en 10C op een diepte van 130, 100 en 100 cm. PB 5.2 stond droog tijdens bemonstering, waardoor hier geen grondwater kon worden bemonsterd. Concentraties in $\mu\text{mol/l}$. Rode vierkantjes zijn peilbuizen en rode driehoekjes keramische cups



3.5 Indicaties van kwel in het oppervlaktewatersysteem: routings van EGV, temperatuur en troebelheid

3.5.1 Aanpak en methode

Om meer inzicht te verkrijgen in (a) de aanwezigheid van mogelijke lokale kwelvensters in de sloten en kanalen en (b) de verspreiding van dit water over het oppervlaktewatersysteem van Kortenhoef Oost is tweemaal een gebiedsdekkende routing van het EGV en de temperatuur uitgevoerd. Dit is een vaste route waarlangs met een vast tijdsinterval metingen aan het EGV en temperatuur zijn verricht om zodoende ruimtelijk inzicht te krijgen in veranderingen in het EGV en temperatuur. De routings zijn uitgevoerd op 26 april 2021 (nattere periode) en 27 augustus 2021 (drogere periode) met behulp van een HACH HQ40D en GPS. Na het uitlezen van de data zijn de GPS-coördinaten gekoppeld aan de specifieke tijdstippen waarop het EGV en temperatuur zijn gemeten. De gegevens zijn verwerkt middels QGIS-versie 3.12.

Tijdens de eerste routing is tevens de troebelheid van het water (op zicht en kleur van het water) als het voorkomen van 'kwelindicatoren' (soorten als holpijp, snavelzegge en ronde zegge) vastgesteld. Dergelijke soorten komen voor onder (matig) basenrijke tot zwak zure condities. Deze condities kunnen veroorzaakt worden door kwel, maar de soorten komen ook veelvuldig voor op veenlocaties die door basenrijk oppervlaktewater worden beïnvloed. Deze soorten indiceren dus niet per definitie kwel.

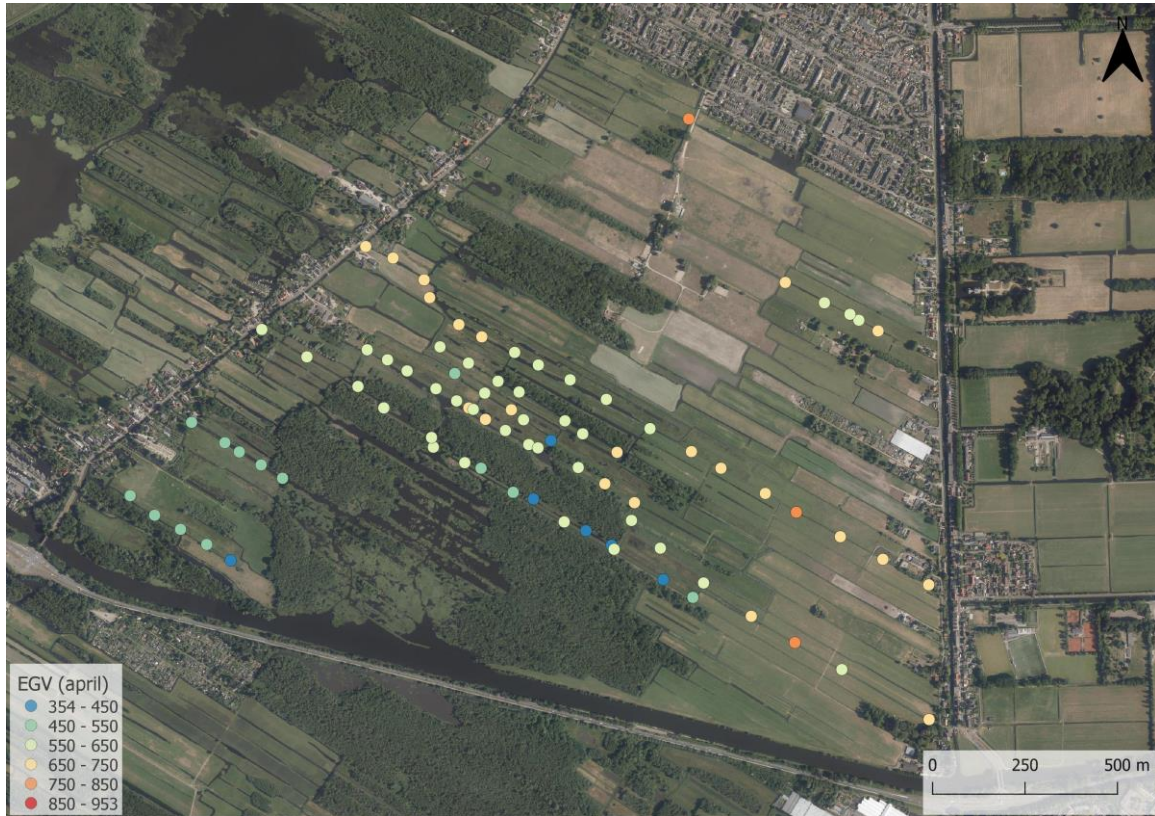
3.5.2 Interpretatie resultaten

Afbeeldingen 3.11 en 3.12 tonen het EGV in het oppervlaktewatersysteem tijdens respectievelijk een natte en droge periode. Het EGV is in het centrale gedeelte van het projectgebied op beide momenten vrij hoog (circa 550 $\mu\text{S}/\text{cm}$), waarbij er niet een duidelijk verschil is tussen beide meetmomenten. Op beide momenten zijn de EGV-waarden in het zuidoosten van het gebied wat hoger dan in het centrale deel van het gebied. Gezien de vastgestelde oranje Fe-vlokken in deze zuidoostelijke zone (afbeelding 3.15), wordt deze verhoogde EGV in het zuidoosten van het gebied vermoedelijk veroorzaakt door het opwellen van basen- en ijzerrijk grondwater in deze sloten. Ook de watertemperatuur doet vermoeden dat er in de zuidoosthoek van het gebied grondwater opkwelt in de sloten, aangezien de watertemperatuur in deze hoek significant lager is dan in het centrale en westelijke deel van het gebied, zowel in april als augustus (afbeeldingen 3.13 en 3.14). Dit alles komt ook overeen met de geohydrologische analyse die is uitgevoerd voor het gebied (RHDHV 2022). Er zijn overigens geen kwelindicatoren waargenomen langs de oevers in het oosten van Kortenhoef Oost. Dit komt zeer waarschijnlijk door het huidige landbouwkundige gebruik van deze percelen.

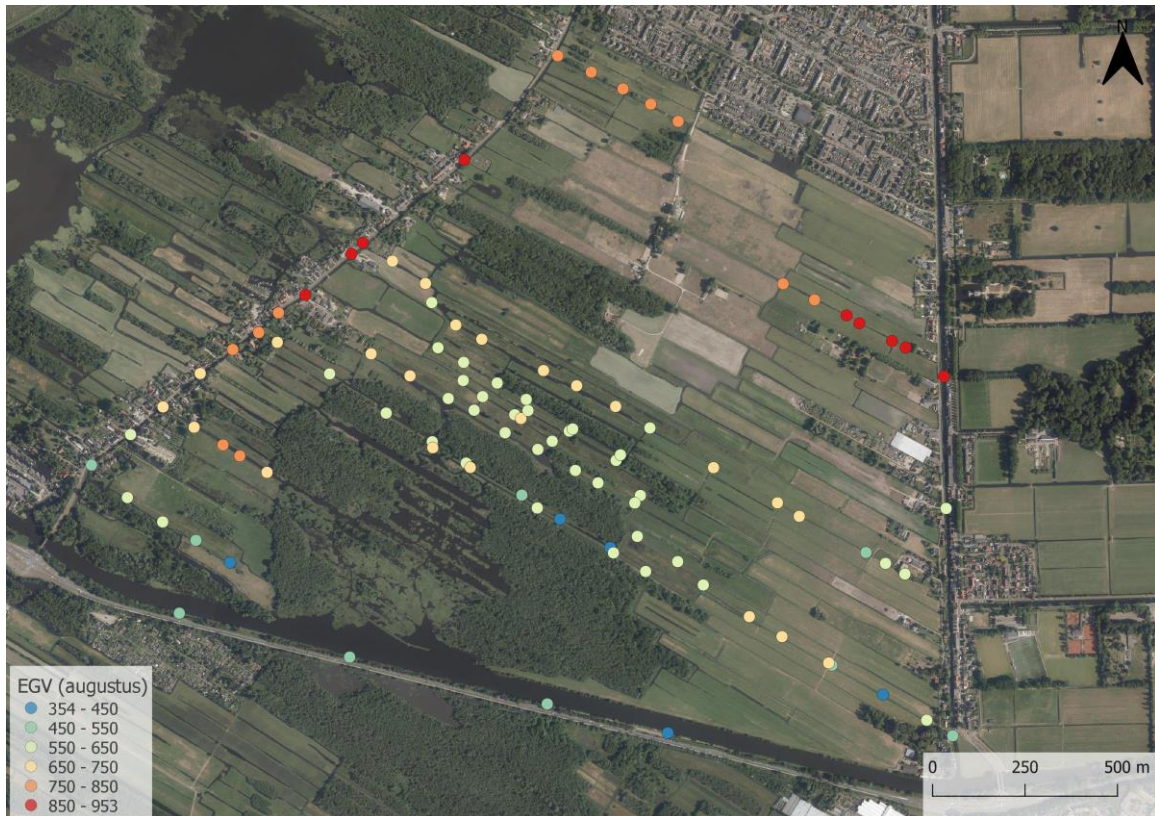
In het noordoosten en westen van het gebied zijn er in de EGV-routing duidelijke verschillen zichtbaar tussen april en augustus 2021 (afbeeldingen 3.11 en 3.12). In het noordoosten van het gebied is het EGV eind augustus veel hoger (850 - 950 $\mu\text{S}/\text{cm}$) dan eind april (550 - 750 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Dit wordt zeer waarschijnlijk veroorzaakt door waterinlaat vanuit de 's-Gravelandse Vaart in droge zomermaanden. In paragraaf 3.6.3 wordt hier dieper op ingegaan. Daarnaast lijkt er in de droge periode (augustus 2021) een instroom te zijn van water met een hoog EGV vanuit Kortenhoef West (vanuit de Horstermeerpolder) naar Kortenhoef Oost. Op dat moment is het EGV in de sloot langs de Kortenhoefsedijk namelijk duidelijk hoger dan in het gebied zelf en is er vanuit deze sloot een gradiënt zichtbaar Kortenhoef Oost in.

Overigens zijn er in het westelijk deel van het huidige natuurgebied wel enkele 'kwelindicatoren' waargenomen (Afbeelding 3.16). Het gaat dan om soorten als snavelzegge, holpijp, wateraardbei, paddenrus, moerasvaren en moeraskartelblad. Jansen (2020) was dergelijke soorten ook al in dit gebied tegengekomen. Alhoewel deze soorten vaak getypeerd worden als 'kwelindicatoren', komen ze ook veelvuldig voor op veenlocaties die door basenrijk oppervlaktewater worden beïnvloed. Vermoedelijk is hier sprake van, aangezien allerlei andere variabelen aangeven dat er in dit gebied (vrijwel) geen sprake is van kwel aan maaiveld. Het zou echter goed zijn als er in de komende jaren een uitgebreidere analyse op recente en oude vegetatiedata wordt uitgevoerd. Op basis van recente en oudere florakarteringen zou beter inzicht verkregen kunnen worden in het functioneren van het watersysteem en de standplaatscondities (nu en in het verleden). Een dergelijke analyse heeft veel inzicht gegeven in Het Hol (Van Ek et al. 2019).

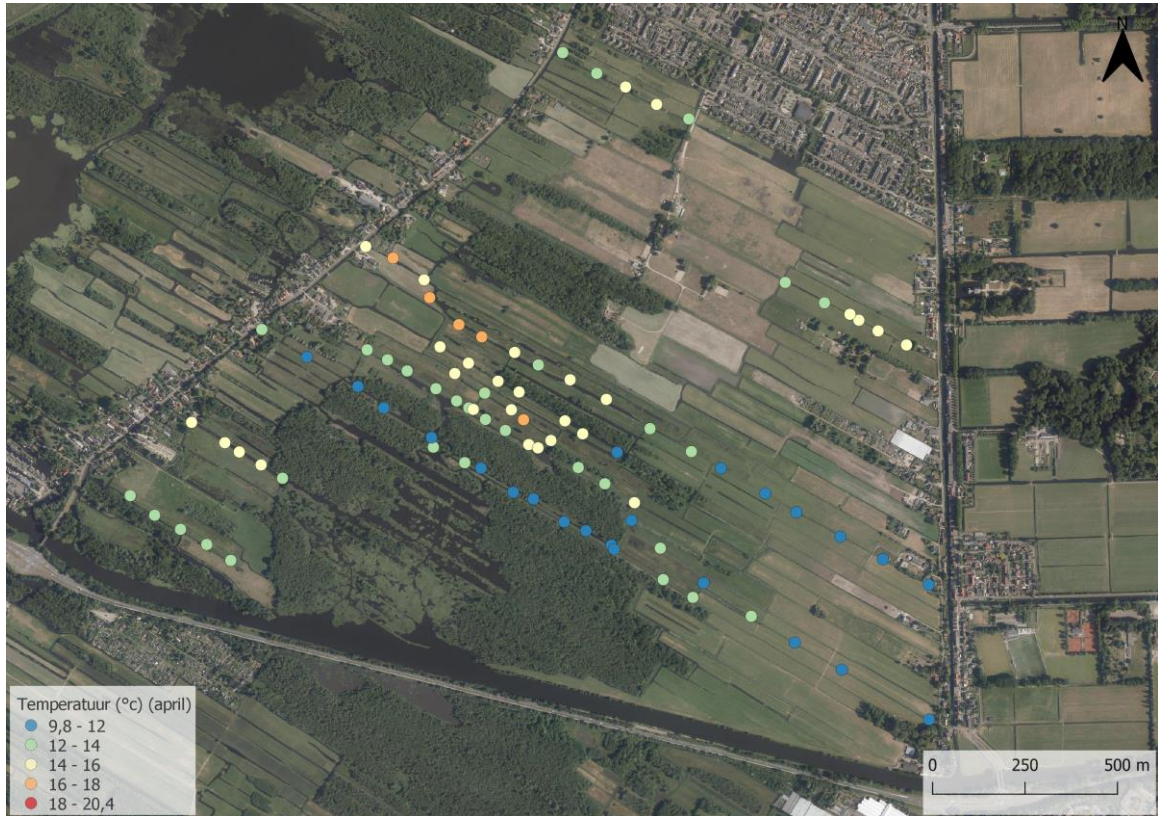
Afbeelding 3.11 Resultaten EGV-routing in eind april 2021



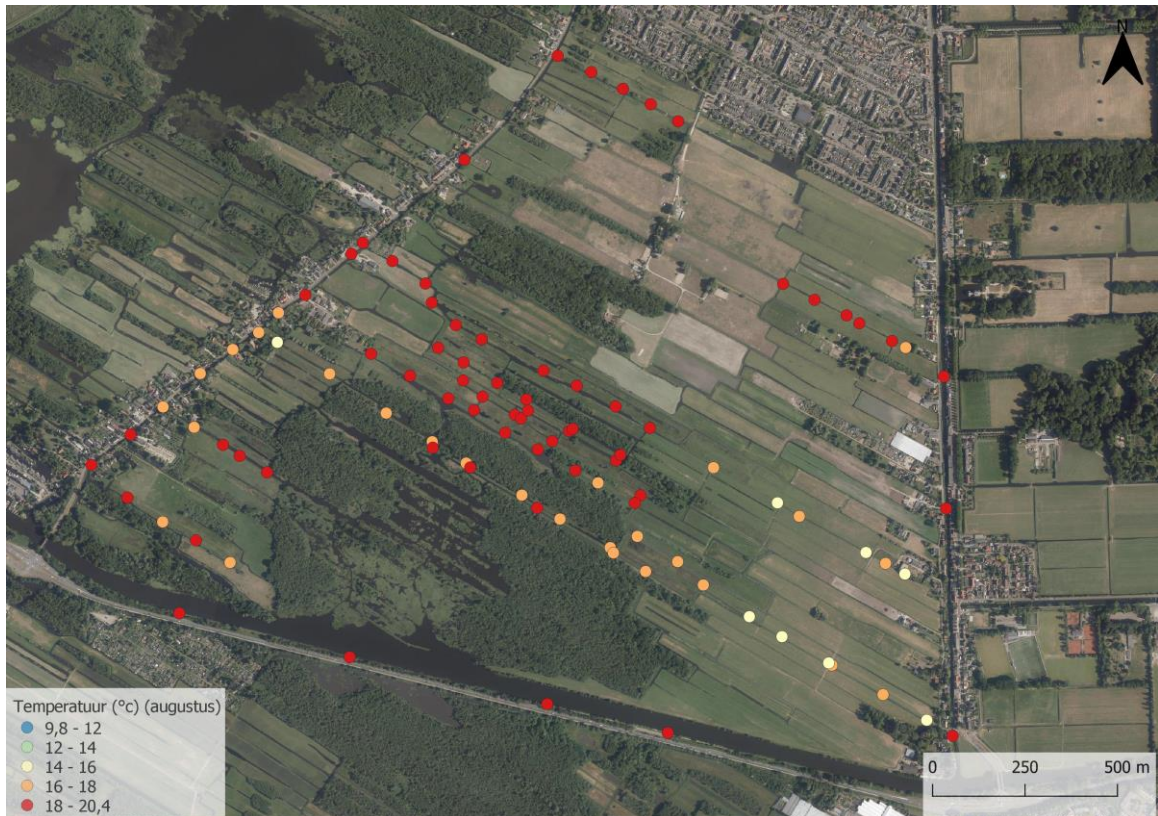
Afbeelding 3.12 Resultaten EGV-routing in augustus 2021



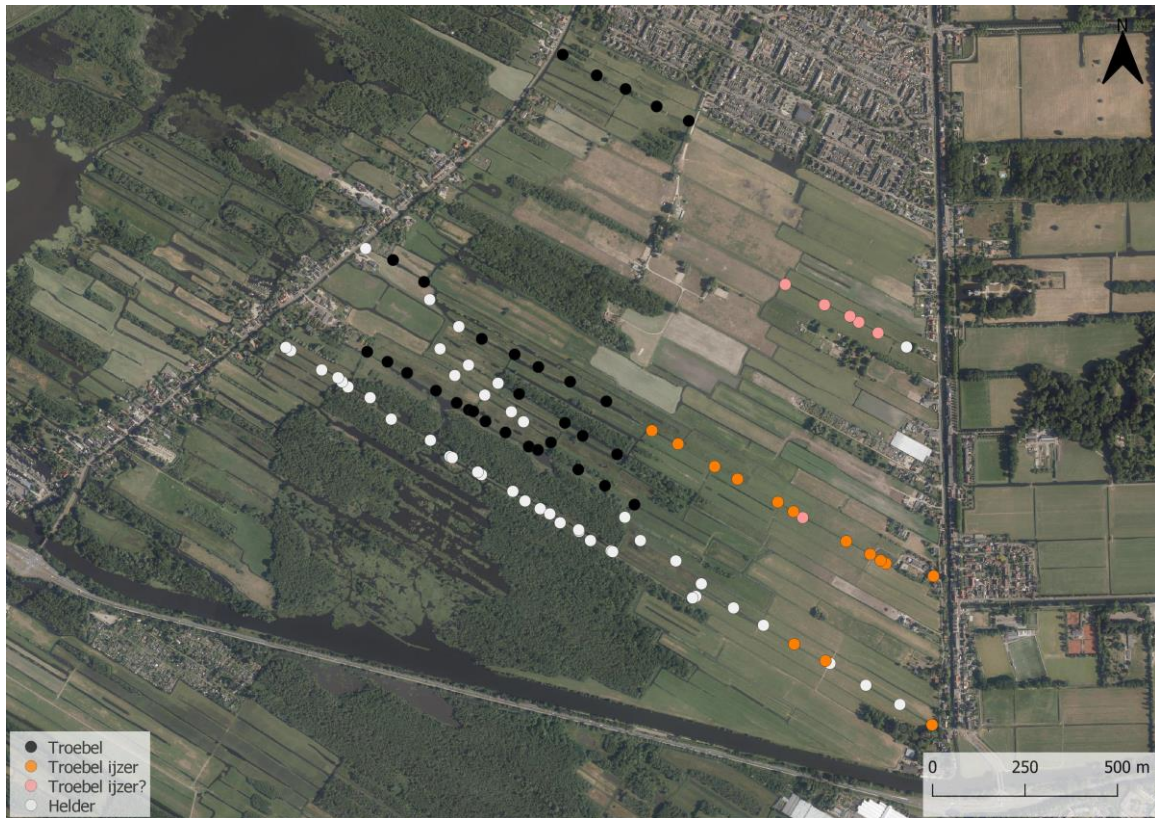
Afbeelding 3.13 Resultaten temperatuur-routing in april 2021



Afbeelding 3.14 Resultaten temperatuur-routing in augustus 2021



Afbeelding 3.15 Waargenomen troebelheid van het water gedurende de routing in april 2021



Afbeelding 3.16 Waargenomen kwelindicatoren gedurende de routing in april 2021



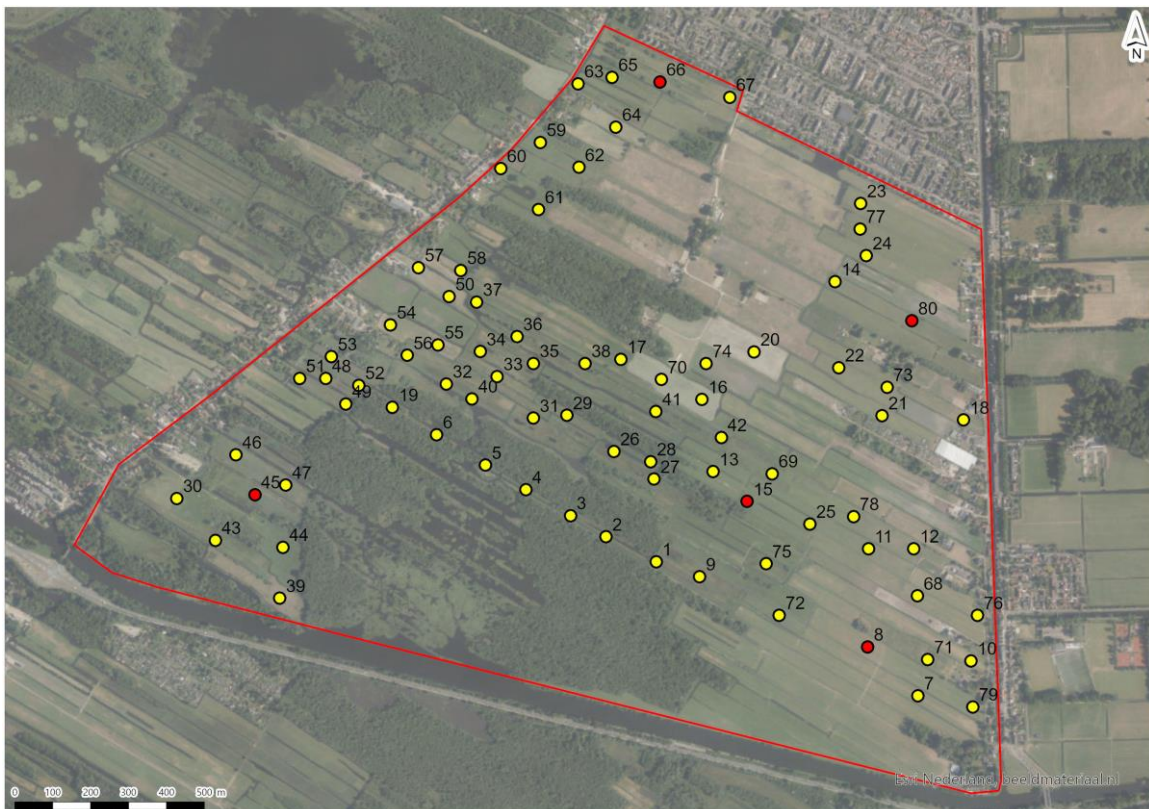
3.6 Bodemkartering

Uit bodemboringen van Stichting Bargerveen (Jansen 2020) blijkt dat de huidige bodemkaart (1:50.000) veel te grof is en geen goed beeld geeft van de aanwezige bodemtypen in Kortenhoef Oost. Bovendien is aanvullend inzicht gewenst in het voorkomen van toemaakdekken, die mede bepalend zijn voor de kansen voor natuurontwikkeling, omdat ze het ecologisch herstel sterk kunnen belemmeren. Inzicht in de bodem is namelijk belangrijk voor het begrijpen van het de geohydrologische situatie, de nutriëntenhuishouding, de aanwezigheid van veen en de mogelijkheid voor beheermaatregelen zoals plagen/verwijderen van het nutriëntrijke toemaakdek.

3.6.1 Aanpak en methode

Eind april 2021 zijn 72 profielbeschrijvingen gemaakt, verspreid over Kortenhoef Oost (afbeelding 3.17). Deze profielbeschrijvingen zijn volgens 'het systeem van bodemclassificatie voor Nederland' geïnterpreteerd in bodemtypen, waarbij gebruik is gemaakt van de boorprofielen uit bijlage III, eventueel gemaakte foto's van de boorprofielen en het landgebruik uit satellietkaarten. Vervolgens is een bodemkaart van het gebied opgesteld, waarbij vlakken zijn getekend aan de hand van de bodemclassificaties, satellietkaarten (voor het landgebruik) en de hoogtekarte. Hierbij zijn de bodemclassificaties gegroepeerd per suborde, eventueel opgesplitst aan de hand van relevante kenmerken zoals de aanwezigheid van een toemaakdek.

Afbeelding 3.17 Ligging en nummering van 72 locaties in Kortenhoef Oost waar profielbeschrijvingen van de bodem zijn opgesteld. In het zuidoosten van het gebied zijn geen profielen gestoken, omdat er uiteindelijk geen toestemming was om deze percelen te betreden. De 5 rode locaties zijn geselecteerd als representatieve locaties om de natuurpotenties in te kunnen schatten



Daarnaast zijn kaarten gemaakt van de geïnterpoleerde veendiktes en de diktes van het toemaakdek. Voor de kaart van de veendiktes zijn de data gebruikt die ATKb heeft verzameld (zie tevens paragraaf 3.2.1) en de

veldgegevens van Jansen (2020). Voor de diktes van het toemaakdek zijn alleen de ATKB-data gebruikt. De interpolaties zijn gedaan aan de hand van inverse distance weigthed (IDW).

3.6.2 Interpretatie resultaten

Op de bodemkaart in afbeelding 3.18 is te zien dat op de plekken waar het zandpakket relatief ondiep ligt (zie afbeelding 3.4) vooral moer- en veldpodzolgronden aanwezig zijn (respectievelijk de groene en rode vlakken). De veldpodzolgronden bevatten geen veen en komen in het oosten van Kortenhoef Oost voor op een zone die op de hoogtekaart ook duidelijk zichtbaar is als een verhoging in het landschap (afbeelding 3.19). De hier aanwezige podzolen zijn ontstaan via eeuwenlange uitloging in een wegzijgingssituatie, waarbij Fe, Al en humuszuren gedurende honderden tot duizenden jaren naar beneden zijn getransporteerd in de bodems. Iets verder naar het westen komen vervolgens moerpodzolgronden voor, die in tegenstelling tot de veldpodzolgronden wel een moerige (=venige) tussenlaag of toplaag (<40 cm dik) hebben. Vaak ziet het bodemprofiel van een moerpodzolgrond er in Kortenhoef Oost als volgt uit: zandpakket in ondergrond met daarop een moerige tussenlaag (rond de 0 - 30 cm dikte) met daarop een toemaakdek van zand of klei (meestal circa 30 - 50 dik). Voor deze gebieden, die groen zijn in afbeelding 3.18, geldt dat ze evenals de veldpodzolgronden zijn begonnen als inzijgingsgebied, maar dat er enkele duizenden jaren geleden veenvorming is gaan opgetreden (als gevolg van de stijgende zeespiegel).

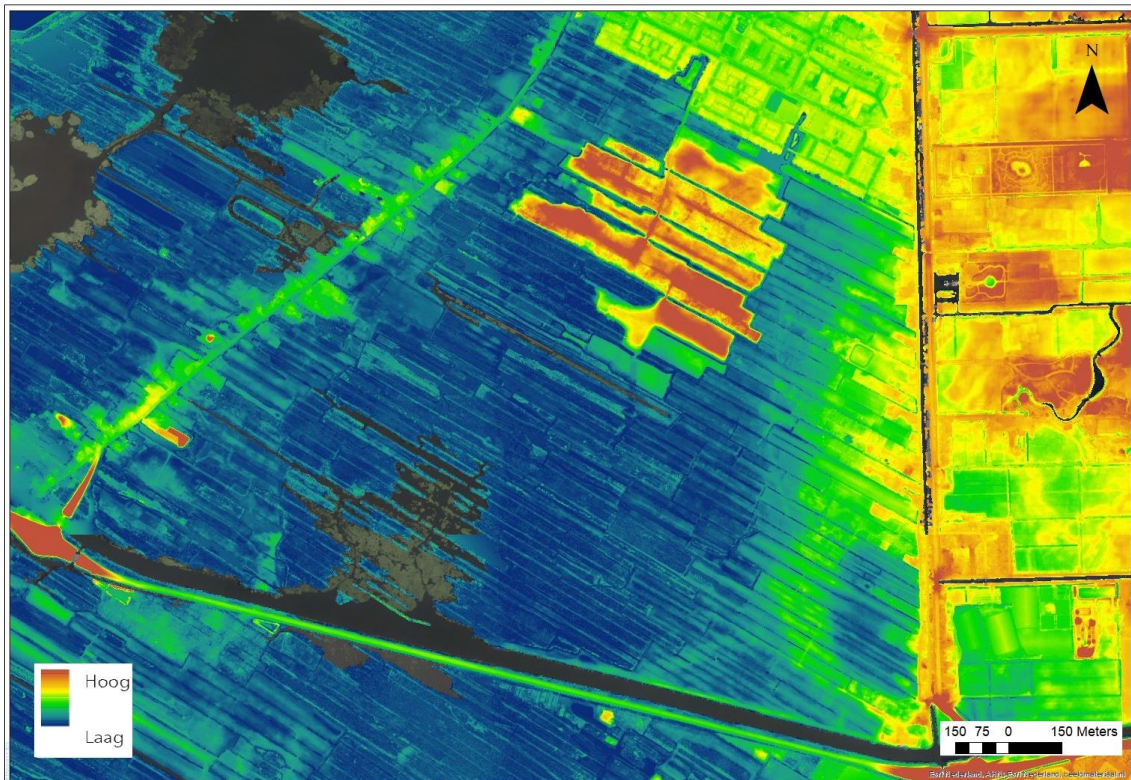
In het centrale natuurgebied komen vervolgens vooral rauwveengronden zonder toemaakdek (felblauw; voornamelijk vlierveengronden zonder duidelijk veraarde toplaag) en eerdveengronden (bruin; veengronden met een veraarde toplaag) voor. Op deze locaties is een dik veendek van 100 tot circa 180 cm aanwezig (afbeelding 3.20). Hier is sprake van een voormalige slenk tussen de Utrechtse Heuvelrug en de dekszandrug in het westen (waarop nu de Kortenhoefsedijk ligt), waarin in het verleden de eerste veenvorming is opgetreden. Vervolgens neemt in het westelijk deel van Kortenhoef Oost de veendikte weer af. Op de daar aanwezige denksandrug ligt een dun veenpakket met veelal een toemaakdek erop. Deze bodems classificeren weer veelal als moerpodzolgronden. Deze gebieden, die groen zijn in afbeelding 3.18, indiceren dat de bodems in een inzijgingsgebied zijn ontstaan, maar dat er op een gegeven moment (als gevolg van voortgaande zeespiegelstijging enkele duizenden jaren geleden) veen is uitgebreid vanuit het centrale veenpakket over de sandrug heen.

Op sommige locaties is het toemaakdek zeer dik (zie afbeelding 3.21) en is sprake van een dikke eerdgrond (paarse vlakken in afbeelding 3.18). Deze bodems bevatten afwisselend meer of minder veen in de ondergrond (van 30 cm tot 150 cm veen). De genoemde toemaakdekken zijn waarschijnlijk al lang geleden opgebracht (tussen 1500 en 1950) en bestaan uit een mengsel van stadsafval, stalmest, slootbagger en duinzand (Stouthamer *et al.* 2008; Jansen 2020).

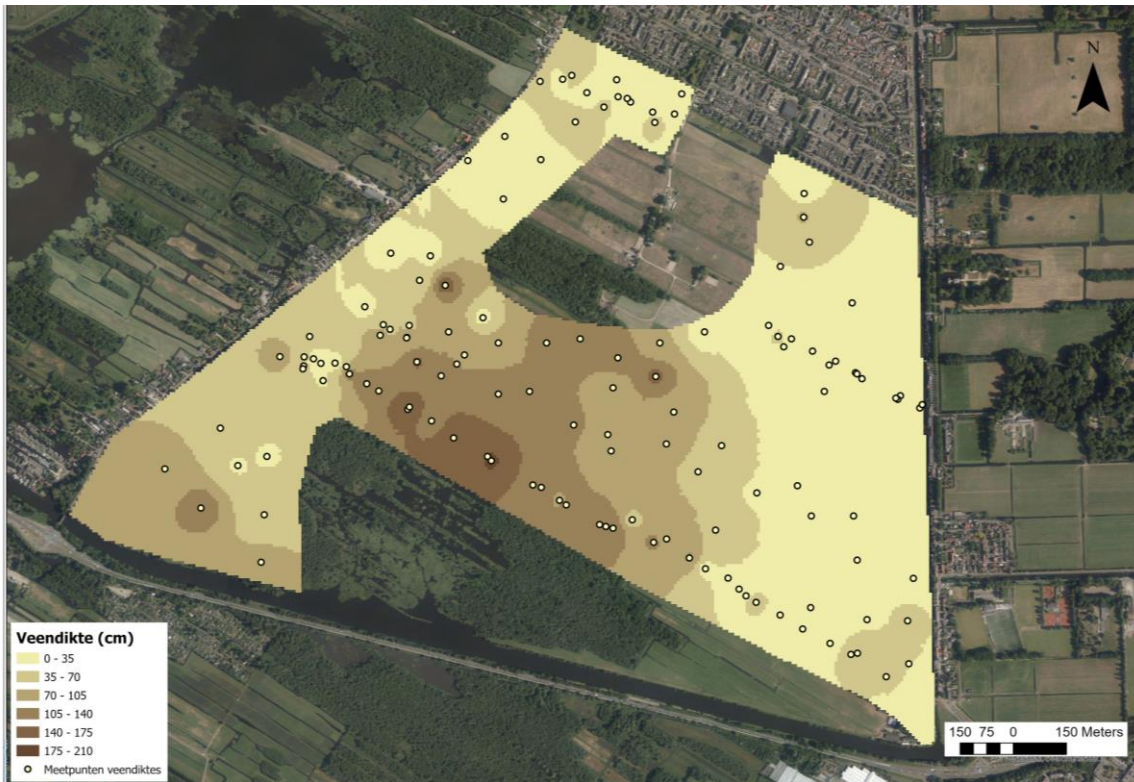
Afbeelding 3.18 Bodemkaart van het studiegebied aan de hand van de boringen van ATKB



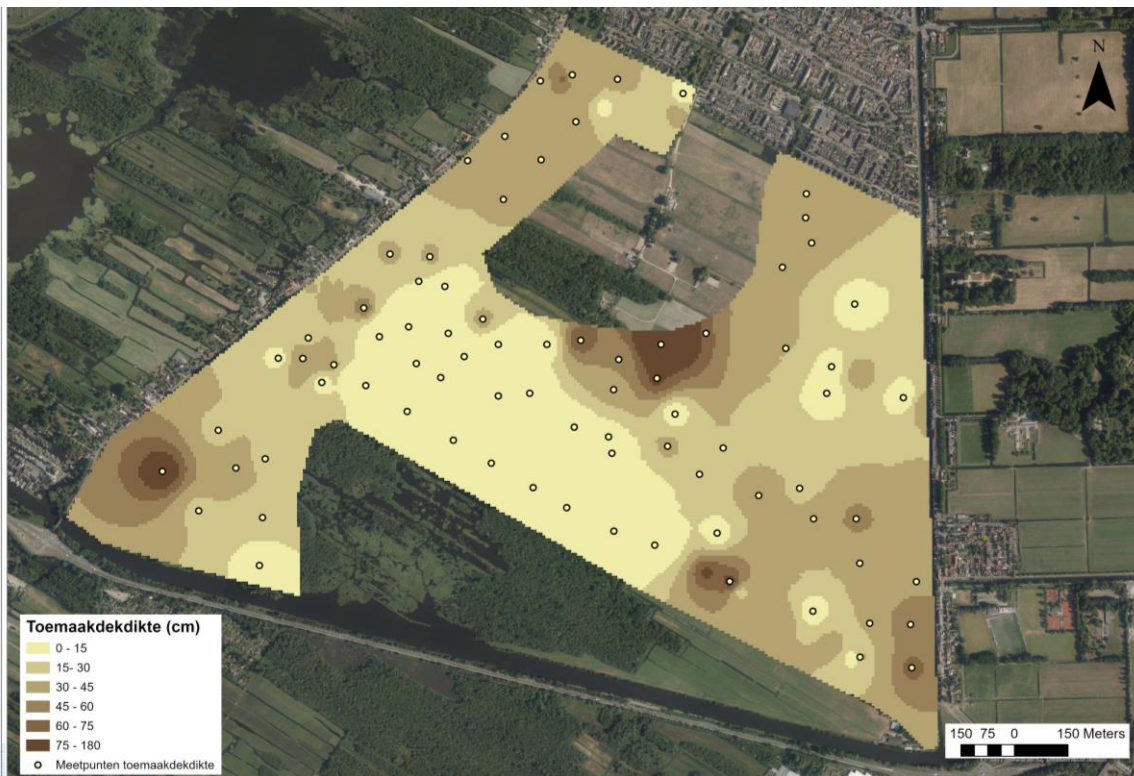
Afbeelding 3.19 Hoogtekaart van Kortenhoef Oost (bron: Algemeen Hoogtebestand Nederland, AHN, maaiveld 50 cm)



Afbeelding 3.20 Veendiktes in cm in Kortenhoef Oost. De patronen van de veendiktes komen redelijk goed overeen met de patronen van de zanddieptes (zie afbeelding 3.4). Daar waar het zandpakket dieper ligt, is een hogere totale hoeveelheid veen



Afbeelding 3.21 Dikte van het toemaakdek in cm in Kortenhoef Oost



3.7 Bodemkwaliteit

3.7.1 Aanpak en methode

Het is wenselijk om meer inzicht te krijgen in de voedselrijkdom van de huidige agrarische percelen binnen de NNN van Kortenhoef Oost, zodat beter ingeschat kan worden wat de potentie van deze gronden is voor natuurontwikkeling. Op basis van dergelijk inzicht kan beter worden ingeschat welke gronden potentie hebben voor de omvorming naar nat schraalland of vochtig hooiland. Aangezien nog niet bekend is waar deze kansen precies liggen, is in deze eerste fase een steekproef uitgevoerd op 5 representatieve percelen (de rode locaties in afbeelding 3.17). Om de ontwikkelingsmogelijkheden van de vegetatie voor deze locaties in te schatten, is de nutriëntentoestand van de toplaag van de bodems bepaald. Hierbij zijn de toplaag (het toemaakdek) en de bovenste 10 - 20 cm van de direct onderliggende bodemlaag apart bemonsterd en geanalyseerd. De volgende analyses zijn uitgevoerd op de zo vergaarde 10 bodemmonsters (voor een gedetailleerde beschrijving van de methodiek zie bijlage II):

- bodemdestructie en algemene bodemverwerking;
- zoutextractie;
- olsen-extractie;
- oxalaatextractie.

Om de potenties van omvorming van de landbouwpercelen naar natuur beter in te schatten, is voor de 5 bemonsterde locaties gekeken wat er bodemchemisch tot de mogelijkheden behoort. Voor de verschillende bodemlagen is bepaald wat de eventuele mogelijkheden zijn voor verschraling om tot verschillende streefwaarden van plantbeschikbaar P-Olsen te komen, en hoeveel tijd dit in beslag zal nemen (bijlage IV).

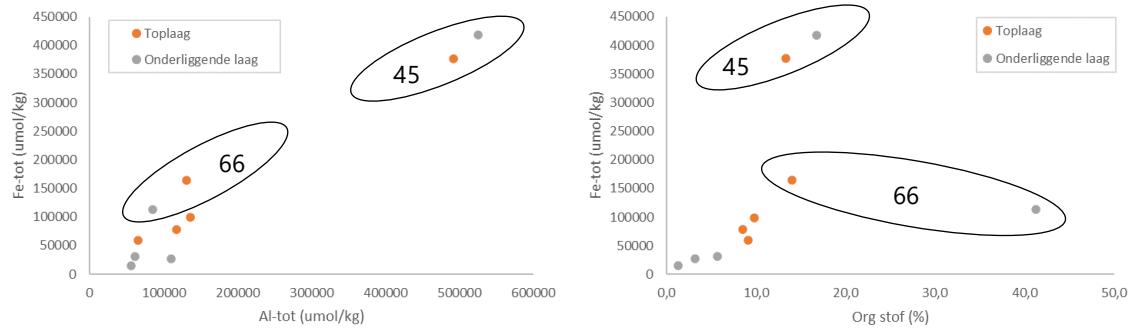
3.7.2 Interpretatie resultaten

In deze paragraaf wordt eerst ingegaan op de verschillende bodemchemische processen die spelen op de 5 geselecteerde locaties, waarbij aandacht is voor de Fe-, P-, N- en basenhuishouding. In hoofdstuk 6 wordt ingegaan op de potenties voor natuurontwikkeling op de 5 bewuste locaties.

P- en Fe-huishouding in de bodem

Van de 5 onderzochte locaties zijn de oostelijk gelegen locaties 8, 15 en 80 overwegend zandig van karakter. Deze locaties zijn qua algemene bodemchemie redelijk met elkaar vergelijkbaar (afbeelding 3.22). Locatie 66 (in het noordwesten van Kortenhoef Oost) is veel veniger van aard met een hoger organisch stofgehalte, vooral in de onderliggende niet veraarde veenlaag. Ten slotte wordt locatie 45 (in het zuidwesten van Kortenhoef Oost) gekenmerkt door een kleiige bodem die relatief hoge Fe en Al-concentraties bevat (afbeelding 3.22). Het grootste deel van dit Fe zit in kleimineralen. Een relatief klein deel van het Fe komt voor als ijzer(hydr)oxides of zit geadsorbeerd aan organische stof: op deze locatie is de totale Fe-concentratie dus een stuk groter dan de concentratie in het oxalaat-extract (twee meest rechter oranje punten in de grafiek rechtsboven van afbeelding 3.23).

Afbeelding 3.22 Correlaties tussen Al-tot en Fe-tot (links) en organisch stofgehalte en Fe-tot (rechts). Oranje punten geven de toplaag weer, terwijl grijze punten de onderliggende bodemlaag weergegeven. Locaties 8, 15 en 80 zijn niet omcirkeld, terwijl locaties 45 en 66 wel omcirkeld zijn



De meeste locaties hebben een toplaag die relatief P-rijk is met totaal P-concentraties variërend tussen 20 tot 30 mmol/l bodem (24 tot 34 mmol/kg DW; tabel 3.2). Ter referentie, in een onbemeste, kleiige veenbodem ligt het natuurlijke P-gehalte meestal rond de 10 mmol/kg bodem. De verrijking op deze locaties is waarschijnlijk veroorzaakt door landbouwkundige bemesting in het verleden en door aerobe afbraak van aanwezig organisch stof in de bodem als gevolg van langdurige ontwatering. Alleen locatie 15 heeft een armere toplaag met een totaal P-concentratie van 6,3 mmol/l (7 mmol/kg DW). De bodem in dit perceel was het meest zandig van karakter met lagere totaal-Al, -Fe, -K, -Mg en -Ca gehalten dan de andere wat meer kleiige locaties.

Tabel 3.2 Overzicht van de algemene bodemchemie en voedselrijkdom per locatie, waarbij OS = percentage organische stof; DH = dichtheid van de bodem in kg/l; Olsen-P = plantbeschikbaar fosfaat (Olsen-P) in μmol per L verse bodem; -tot = totaalconcentratie in mmol per L verse bodem; en de Fe/P en Ca/P ratio van de bodems in mol/mol. De toplagen zijn wit gearceerd, de onderliggende bodemlagen zijn grijs gearceerd. Voor de legenda van het kleurgebruik bij OS, Olsen-P, P-tot, Fe-tot, Al-tot en Ca-tot zie Tabel 3.3

Locatie	diepte cm	OS %	DH kg DW/L FW	Olsen-P $\mu\text{mol/L}$	P-tot	Fe-tot	Al-tot	Ca-tot mmol/L FW	Mg-tot	K-tot	S-tot	Fe/P mol/mol	Ca/P mol/mol
8A	0-40	9	0,9	4025	29	69	104	26	23	6	13	2	1
8B	40-60	1	1,3	572	3	19	71	7	10	3	2	7	2
15A	0-15	9	0,9	518	6	54	60	47	10	2	13	9	7
15B	15-30	6	1,1	273	4	34	66	48	9	2	9	9	13
45A	0-30	13	0,8	1484	27	313	409	92	83	22	23	12	3
45B	30-40	17	0,8	575	14	330	414	149	92	25	32	23	10
66A	0-30	14	0,8	1443	22	138	110	69	19	5	22	6	3
66B	30-50	41	0,3	165	5	36	27	110	7	1	18	8	23
80A	0-30	10	0,9	2417	21	86	118	27	19	4	15	4	1
80B	40-50	3	1,5	1361	11	40	161	21	11	4	7	4	2

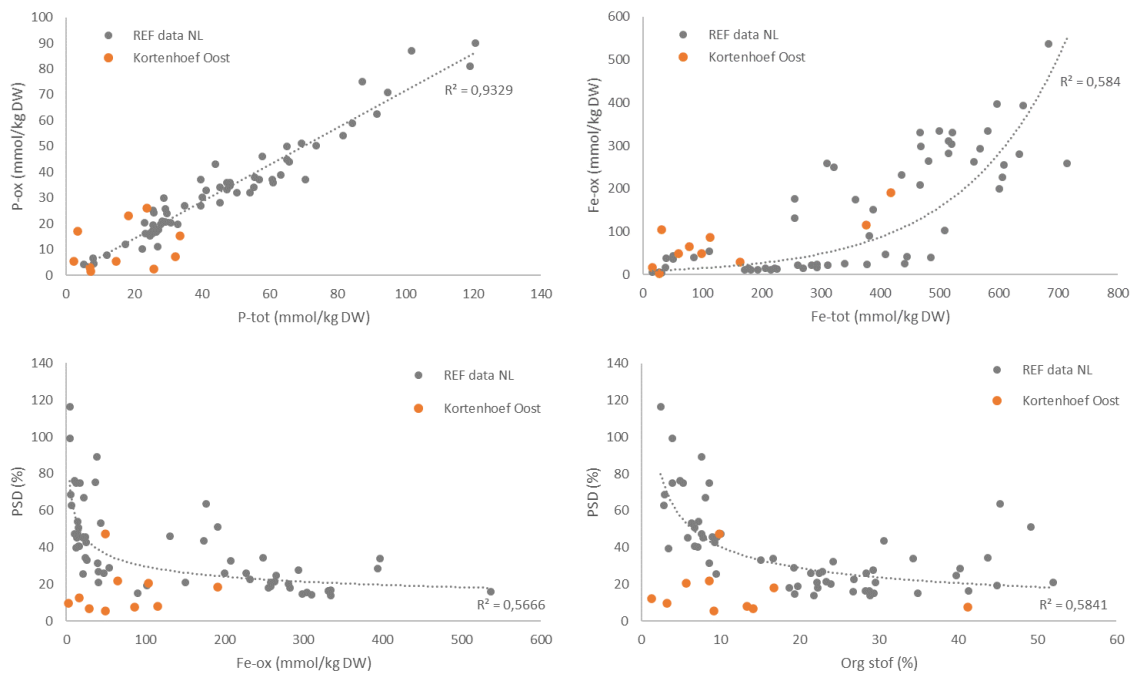
Tabel 3.3 Onderstaande tabel geeft de legenda voor het kleurgebruik in de overzichtstabellen van tabel 3.2 en 3.4

Org. stof %	Al-t mmol/l	Ca-t mmol/l	Ca-z $\mu\text{mol/l}$	Fe-t mmol/l	Ols-P $\mu\text{mol/l}$	P-t mmol/l	P-z $\mu\text{mol/l}$	NO ₃ -z $\mu\text{mol/l}$	FVG %
<5	<150	<10	<4000	<20	<500	<10	<1	<50	<10
6-10	151-250	10-20	4001-8000	21-50	501-800	10-15	2-5	51-100	11-25
11-25	251-400	21-30	8001-15000	51-100	801-1200	>15	6-10	101-200	26-50
26-50	401-750	31-50	15001-25000	101-150	1201-2000		11-30	201-400	>50
>50	>750	51-80	25001-40000	151-300	>2000		31-50	401-800	
		>80	>40000	>300	>2000		51-100	801-1200	
				>500			>100	>1200	

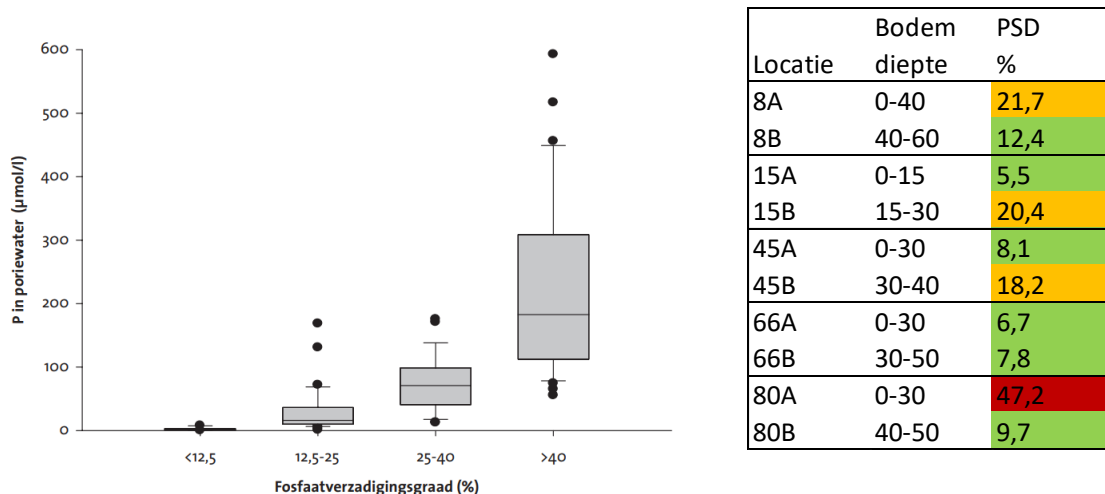
De oxalaat-extraheerbare Fe-concentratie is een goede maat voor de concentratie reactief Fe (amorf ijzer(hydr)oxides) in de bodem, waaraan vrij gemakkelijk P kan binden. Voor de meeste bodems van Kortenhoef Oost geldt dat de absolute hoeveelheid reactief Fe (Fe_{ox}) laag is ten opzichte van andere enige landbouwpercelen die Van Diggelen en Smolders (2018) hebben onderzocht, maar dat er in de bodems wel relatief veel Fe_{ox} is ten opzichte van P_{ox} ¹ (bijna 3 - 7 keer zoveel; met uitzondering van locatie 80: daar varieert de $\text{Fe}_{\text{ox}}/\text{P}_{\text{ox}}$ -ratio tussen 1,5 - 1,9 mol/mol). De onderzochte bodems in Kortenhoef Oost bevatten over het algemeen dus relatief veel reactief Fe_{ox} ten opzichte van P_{ox} , alhoewel de absolute hoeveelheid aan Fe_{ox} in de meeste bodems dus beperkt is. De mate van de P-verzadiging ($\text{PSD} = \text{P}_{\text{ox}}/(\text{Fe}_{\text{ox}} + \text{Al}_{\text{ox}}) * 100\%$) in de bodem heeft een grote invloed op de hoeveelheid P die in het poriewater kan mobiliseren na vernatting (Van Diggelen en Smolders 2018) en ook op wat er onder droge omstandigheden aan P kan uitspoelen. Wanneer de PSD in de bodem lager is dan 40 %, wat voor de onderzochte bodems in Kortenhoef Oost vrijwel overal het geval is (afbeelding 3.23), blijkt de hoeveelheid reactief Fe in de bodem (Fe-oxalaat) een redelijke voorspeller voor de hoeveelheid P die in het poriewater kan mobiliseren. Onder aerobe (zuurstofrijke) condities bestaat bij een PSD >25 % kans op P-uitspoeling en wordt de bodem als P-verzadigd beoordeeld. Onder natte (anaerobe) omstandigheden komt er door de reductie van reactief Fe echter al eerder P vrij in het poriewater, dat vervolgens weer in het grond- of oppervlaktewater terecht kan komen. Bij een PSD <12,5 % is het risico van P-mobilisatie klein (dit was het geval voor 6 van de 10 onderzochte bodems), bij een PSD tussen de 12,5 en 25 % is het risico op P-nalevering al matig groot (3 van de 10 onderzochte bodems) en boven de 25 % is de kans op P-mobilisatie groot onder natte condities (1 van de 10 onderzochte bodems; afbeelding 3.24). Hierbij geldt dat hoe hoger het organische stofgehalte is, hoe meer reactief Fe en P er doorgaans aanwezig is en dus hoe hoger de concentraties in het poriewater na volledige reductie van de bodem. Grofweg is er dus in ongeveer de helft van de onderzochte bodems nog voldoende reactief Fe aanwezig om gemobiliseerd P te binden na het opzetten van de grondwaterstanden, maar in de andere helft van de bodems is er juist sprake van een flink risico op P-mobilisatie in het grondwater na vernatting.

¹ De oxalaat-extraheerbare P-concentratie (P_{ox}) is de P-fractie die gebonden is aan amorf Fe- en Al-(hydr)oxiden (Fe_{ox} en Al_{ox}).

Afbeelding 3.23 Correlaties tussen de totaal-P concentratie, totaal-Fe concentraties, de oxalaat-extraheerbare hoeveelheid P en Fe (mmol/kg), de P-verzadigingsgraad (PSD; %) en het organisch stofgehalte (%) in de bodems van Kortenhoef Oost. Ter referentie is een dataset toegevoegd met toplagen van klei- en veenbodems uit diverse landbouw locaties in Nederland (Bron: van Diggelen en Smolders 2018)



Afbeelding 3.24 Fosfaatverzadigingsgraad (PSD van de amorfe Fe- en A(hydr)oxides met P) van de bodems in Kortenhoef Oost als indicator voor de P-concentratie in het poriewater na 8 weken vernatten van de bodem. Bij een hoge PSD leidt vernatting van de bodem tot hoge fosforconcentraties in het poriewater van de bodem en daarmee tot een hoger risico op P-nalevering (bron: figuur op basis van data van Diggelen en Smolders 2018).

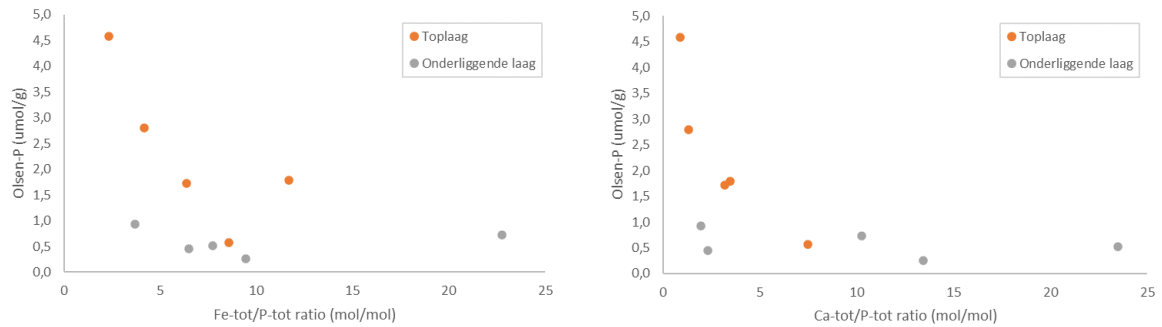


De plantbeschikbare P-concentraties (Olsen-P) in de bodem is over het algemeen relatief hoog (518 µmol/l bodem op locatie 15; 1443 tot 2417 µmol/l bodem op de locaties 45, 66 en 80; 4025 µmol/l bodem op locatie 8; tabel 3.2). Uit afbeelding 3.25 blijkt dat voor locaties 15, 45, 66 en 80 geldt dat veel P gebonden zit aan de ijzer(hydr)oxiden in de aerobe toplaag van de bodem. Ook de Ca-concentraties waren relatief hoog op deze 4 locaties. Als de Fe (en Ca) concentraties lager zouden zijn geweest, zou de plantbeschikbare P-concentratie bij de gemeten totaal P-concentraties nog veel hoger zijn geweest. Op locatie 8 was de Olsen-P concentratie flink hoog met 4025 µmol/l in de toplaag van de bodem. Hier was ook sprake van de meest ongunstige Fe/P en Ca/P ratio's-in de bodem (Afbeelding 3.25).

De onderliggende bodemlagen bevatte bij 4 van de 5 locaties relatief lage Olsen-P concentraties met waarden variërend tussen 165 tot 575 $\mu\text{mol/l}$ bodem. In deze gevallen bevatte het bovenliggende toemaakdek dus significant meer plantbeschikbaar P dan de onderliggende bodem. Dit was alleen niet het geval bij locatie 80B, waar op een diepte van 40-50 cm nog steeds hoge Olsen-P waarden zijn gemeten (1361 $\mu\text{mol/l}$).

Afbeelding 3.25 Correlaties tussen de Olsen-P-concentratie en totaal-Ca/totaal-P-ratio en totaal-Fe/totaal-P-ratio in de bodem.

Oranje punten geven de toplaag weer, terwijl grijze punten de onderliggende bodemlaag weergeven



N-huishouding in de bodem

Naast de relatief hoge beschikbaarheid van P werden in de toplaag van de bodems over het algemeen ook (licht) verhoogde NO_3 -concentraties gemeten (139 tot 383 $\mu\text{mol/l}$ bodem; tabel 3.4). NO_3 is meestal pas groeibeperkend bij concentraties lager dan ongeveer 100 $\mu\text{mol/l}$ bodem. Alleen in de onderliggende bodemlagen werden concentraties onder deze grens behaald, met uitzondering van locatie 45 waar NO_3 ook in de diepere bodemlaag nog behoorlijk verhoogd was. De relatief hoge NO_3 -concentraties komen waarschijnlijk doordat de percelen nog bemest worden. Ook kan aerobe afbraak van organische bodem (onder andere veenbodem) sterk bijdragen aan een verhoogde NO_3 -beschikbaarheid. De NH_4 -concentraties waren overal lager dan 200 $\mu\text{mol/l}$ bodem, zowel in de toplagen als de onderliggende bodemlagen. Deze concentraties kunnen als (zeer) laag worden beschouwd en zijn waarschijnlijk veroorzaakt doordat in de bodems nog voldoende zuurstof doordringt (door ontwatering) voor nitrificatie.

Tabel 3.4 Overzicht van de zoutextractie per locatie en bodemlaag, waarbij de concentraties in $\mu\text{mol/L}$ verse bodem zijn gegeven.

BV-z = percentage basenverzadiging van de bodem, berekend op basis van de zoutextractie waarden. Voor de legenda van het kleurgebruik bij NO_3 -z, NH_4 -z, Ca-z en P-z zie tabel Tabel 3.3

Locatie	diepte cm	pH-z	BV-z %	NO_3^- -z	NH_4^+ -z	Al-z	Ca-z	Fe-z	K-z	Mg-z	Mn-z	P-z	S-z
$\mu\text{mol/L}$ verse bodem													
8A	0-40	5,0	99	383	96	52	8082	4	446	5911	22	19	141
8B	40-60	5,4	94	45	66	141	3161	5	795	1168	24	3	143
15A	0-15	5,1	99	139	143	34	14317	11	3	4938	44	7	458
15B	15-30	5,7	99	66	181	39	14945	11	158	3917	5	1	232
45A	0-30	4,9	99	377	87	50	30006	4	79	5727	49	12	290
45B	30-40	5,2	100	285	124	20	39225	5	84	5734	83	1	813
66A	0-30	5,3	99	176	163	33	20285	7	4	4229	102	5	629
66B	30-50	5,6	100	62	43	15	23350	5	81	2538	8	1	642
80A	0-30	4,9	97	173	81	130	9129	3	95	2846	8	2	124
80B	40-50	5,0	97	96	67	182	9310	6	158	2220	10	1	188

Basenuishouding in de bodem

Naast de nutriëntenbeschikbaarheid is de zuurgraad van de bodem in belangrijke mate sturend voor de vegetatieontwikkeling. De buffercapaciteit geeft aan in welke mate een bodem in staat is te compenseren voor veranderingen in zuurconcentraties. De bodems waren relatief goed gebufferd met een pH-z in de toplaag van de bodem van 4,9 tot 5,3 en van 5,0 tot 5,7 in de onderliggende bodemlagen (Tabel 3.4). De beschikbare Ca-concentraties varieerden van 8 tot 30 mmol/l bodem in de toplaag en 3 tot 40 mmol/l bodem in de onderliggende bodemlagen. Er is dus wel wat variatie in de hoeveelheid buffering van de

locaties, maar de basenverzadiging van de bodems - ingeschat op basis van het zoutextract - bleven vrijwel overal ruim boven de 95% (met uitzondering van locatie 8B, deze was 93,7%). Dit betekent dat er nog geen sprake is van uitloging van de bodems. De beschikbare K-concentraties in de bodem waren over het algemeen laag met waarden van slechts 2,5 tot 95 $\mu\text{mol/l}$ bodem. Alleen locatie 8 had hogere K-concentraties in de bodem (446 $\mu\text{mol/l}$ bodem).

3.8 Oppervlaktewaterkwaliteit

3.8.1 Aanpak en methode

Voor de analyse van het oppervlaktewater is gebruik gemaakt van langlopende meetreeksen van Waternet van de oppervlaktewaterkwaliteit, waterbodemanalyses die Waternet eenmalig op verschillende plekken in het gebied heeft uitgevoerd, een eenmalige waterkwaliteitsmeting van B-WARE in begin mei 2021 en de EGV-routings die in april en september 2021 zijn uitgevoerd (zie paragraaf 3.5.2 voor de resultaten van de EGV-routings). Deze gegevens zijn gebruikt om een reeds uitgevoerde watersysteemanalyse van Waternet uit 2018 (Konings 2018) aan te scherpen. Dit doen we op een logische wijze door de ESF-methodiek (STOWA 2014) te doorlopen.

ESF-methodiek

De ESF-methodiek bestaat uit negen sleutelfactoren: productiviteit water, lichtklimaat, productiviteit bodem, habitatgeschiktheid, verspreiding, verwijdering, organische belasting, toxiciteit en context. Elke ESF omschrijft een voorwaarde voor een goed functionerend oppervlaktewatersysteem. Voor de eerste 4 ESF's zijn aanvullende data verzameld. Voor ESF's 5 tot en met 9 is geen aanvullende analyse uitgevoerd.

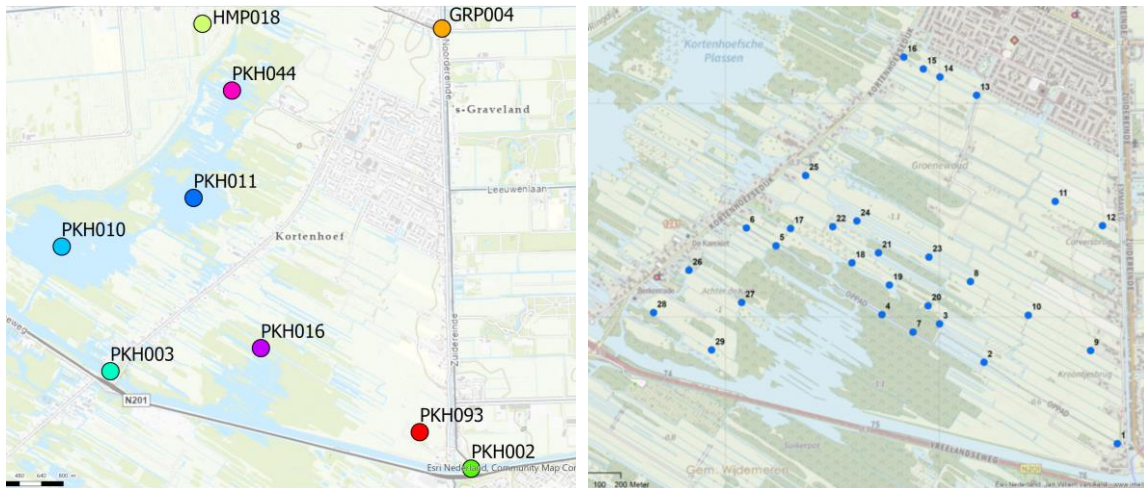
Dataset Waternet

Voor de aanvullende analyses zijn 2 langlopende meetpunten binnen Kortenhoef Oost (PKH016 en PKH093) en zeven langlopende meetpunten rondom Kortenhoef Oost (HMP018, PKH044, PKH011, PKH010, PKH003 en PKH002) gebruikt (afbeelding 3.26; links). Met deze datapunten zijn tijdseries van nutriënten- en basenconcentraties gemaakt om inzicht te krijgen in de kwaliteit en oorsprong van het oppervlaktewater.

Eenmalige bemonstering oppervlaktewater

Voor de bepaling van de oppervlaktewaterkwaliteit zijn er aanvullend 29 locaties door ons bemonsterd voor analyse (afbeelding 3.26; rechts). Kwaliteitsbepaling van het oppervlaktewater (onder andere EGV, pH, nutriënten en macro-ionen) vond plaats in mei 2021. Oppervlaktewatermonsters zijn 10 cm onder het wateroppervlak verzameld in luchtdichte HDPE-potten en uiterlijk 24 uur bij 4 °C bewaard tot verdere elementenanalyse (voor een gedetailleerde beschrijving van de gehanteerde methodiek, zie bijlage II).

Afbeelding 3.26 Gebruikte datapunten van Waternet (links) en meetpunten van aanvullende metingen die door ons in het oppervlaktewater zijn uitgevoerd in mei 2021 (rechts)

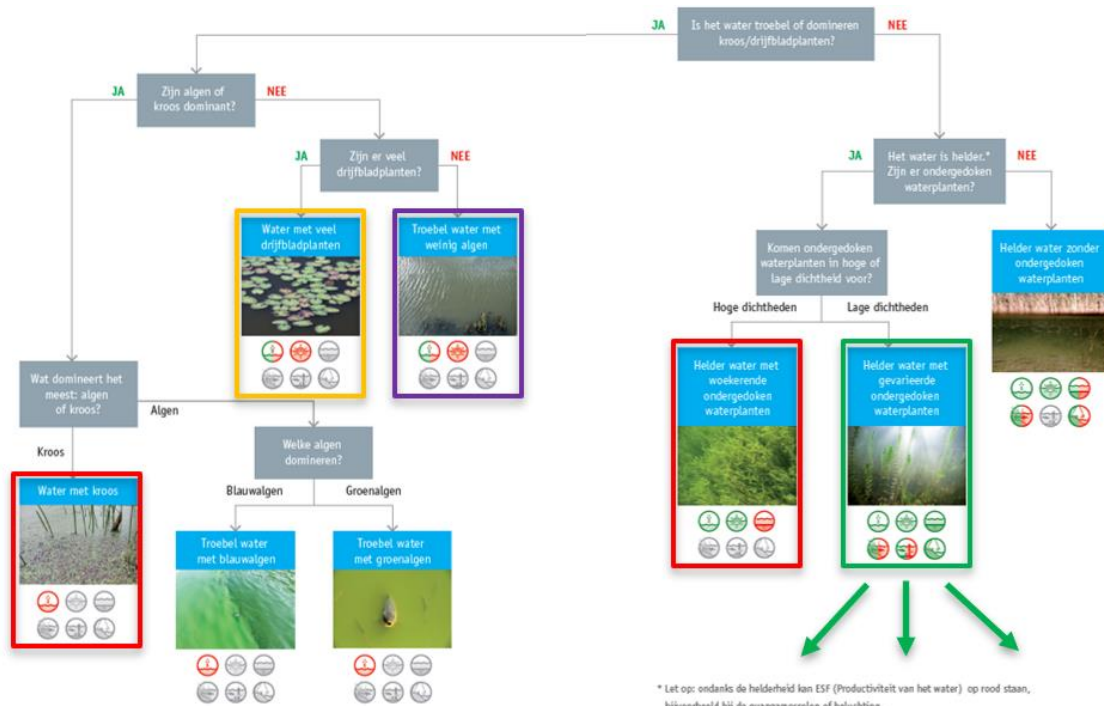


3.8.2 Ecosysteemtoestand

Huidige toestand

Het oppervlaktewater in Kortenhoef Oost kan op dit moment vooral in drie ecosystemtoestanden worden ingedeeld. Ten eerste bevat Kortenhoef Oost in het oosten sloten in de categorie ‘troebel water met weinig algen’ (paars gemarkeerd in afbeelding 3.27). Deze sloten zijn troebel door de aanwezigheid van veel Fe-deeltjes (colloïden) in het oppervlaktewater. Het gaat onder andere om de sloten die in afbeelding 3.15 oranje stippen bevatten. In het centrale en westelijke deel van Kortenhoef Oost zijn vooral sloten te vinden in de categorieën ‘water met kroos’ en ‘helder water met woekerende ondergedoken waterplanten’ (rood gemarkeerd in afbeelding 3.27). De gebruikte classificatie van huidige ecosystemtoestanden is gebaseerd op een visuele inspectie van circa 30 - 40 % van de sloten in Kortenhoef Oost.

Afbeelding 3.27 Ecosystemtoestanden voor stilstaande wateren. Bron: STOWA



Kortenhoef Oost scoort "matig" volgens de Ecologische Kwaliteitsratio van de Kaderrichtlijn Water (KRW) zoals blijkt uit het watersysteemrapport van Waternet (Konings 2018). Op veel plekken zijn onvoldoende ondergedoken waterplanten en drijfbladplanten aanwezig. Als er wel vegetatie is, dan is vooral sprake van een dominantie van plantensoorten die indicatief zijn voor (zeer) voedselrijke condities. Dit zijn onder andere smalle waterpest, grof hoornblad, tenger fonteinkruid en de exoot Cabomba. Daarnaast zijn er veel (draad)algen en kroos aanwezig. Dit is ook te zien in de Chlorofyl-a concentraties met een gemiddelde in de zomer van 52,5 mg/l.

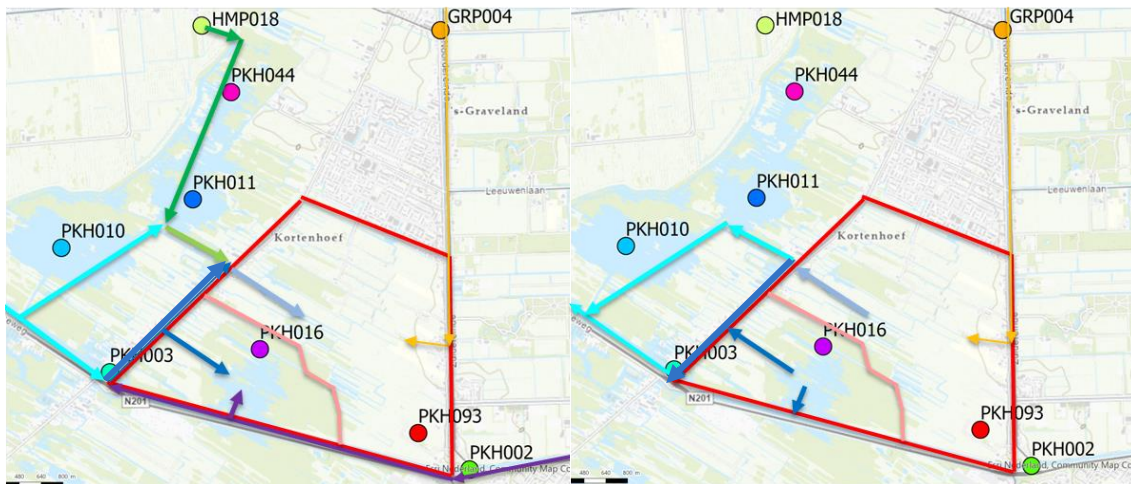
Gewenste toestand

De meest gewenste toestand voor het oppervlaktewatersysteem van Kortenhoef Oost is 'helder water met gevarieerde ondergedoken waterplanten' (groen gemarkeerd in afbeelding 3.27). Deze toestand komt momenteel vrijwel niet voor in Kortenhoef Oost.

3.8.3 Functioneren van regionale oppervlaktewatersysteem

De hydrologische situatie bepaalt heel vaak voor een belangrijk deel de nutriënten- en basenhuishouding in het oppervlaktewatersysteem van een gebied, omdat de waterstroming bepaalt waar stoffen in het systeem terecht komen. Om die reden wordt bij een ESF-analyse eigenlijk altijd eerst ingegaan op het hydrologisch functioneren van het oppervlaktewatersysteem. In afbeelding 3.28 is globaal aangegeven waar het oppervlaktewater Kortenhoef Oost in- en uitstroomt, waarbij er onderscheid gemaakt is tussen het gehele projectgebied (rood omcirkeld) en de twee hydrologische deelgebieden die daarin liggen, te weten EAG4 ten noorden van de licht rode lijn en EAG5 (Achter de kerk) ten zuiden van de licht rode lijn. Op dit moment stroomt er bij EAG4 water binnen vanuit de 's-Gravelandse Vaart (oranje pijl), vanuit de Horstermeerpolder via Kortenhoef West (groene pijl) en vanuit het Hilversums kanaal via Kortenhoef West (blauwe pijlen). Voor EAG5 (Achter de kerk) geldt dat het gebied in open verbinding staat met het Hilversums kanaal.

Afbeelding 3.28 Voornaamste instroom (links) en uitstroom (rechts) van oppervlaktewater in Kortenhoef Oost, waarbij onderscheid gemaakt is tussen het gehele projectgebied (rood omcirkeld) en de twee hydrologische deelgebieden die daarin liggen, te weten EAG4 ten noorden van de licht rode lijn en EAG5 (Achter de kerk) ten zuiden van de licht rode lijn



De inlaat aan de oostzijde van het gebied (vanuit de 's-Gravelandse Vaart) is het gevolg van particuliere inlaten, waardoor de waterstanden in het oostelijk deel van het gebied vooralsnog hoger gezet kunnen worden dan elders in het gebied. Deze waterinlaat kan onder vrij verval plaatsvinden, doordat de oppervlaktewaterstand hier met NAP -0,20 m circa 1 m hoger is dan in het Hilversums Kanaal en Kortenhoef Oost, waar de oppervlaktewaterstand gelijk is aan NAP -1,22 m. Dit water uit de 's-Gravelandse Vaart komt uiteindelijk uit een noordelijker deel van de Vecht en wordt onderweg sterk beïnvloed door de landbouwpercelen tussen de Vecht en Kortenhoef Oost in.

Aan de westzijde van het gebied komt er eigenlijk alleen maar water Kortenhoef Oost binnen als er in het gebied sprake is van een watertekort (droge periodes). Het water stroomt dan vanuit de Vecht via het Hilversums Kanaal en Kortenhoef West (blauwe peilen) en vanuit de Horstermeerpolder via Kortenhoef West (groene peilen) het gebied binnen (afbeelding 3.28).

Tot slot kan overtollig water in Kortenhoef Oost (als gevolg van een netto neerslagoverschot; bijvoorbeeld in de winter) alleen in westelijke richting worden afgevoerd (door heel Kortenhoef Oost heen) naar Kortenhoef West. Dit is de enige afvoer: het water kan alleen aan de westzijde het gebied verlaten naar Kortenhoef West (lichtblauwe pijlen) of via de sloot langs de Kortenhoefsedijk (donkerblauwe pijl).

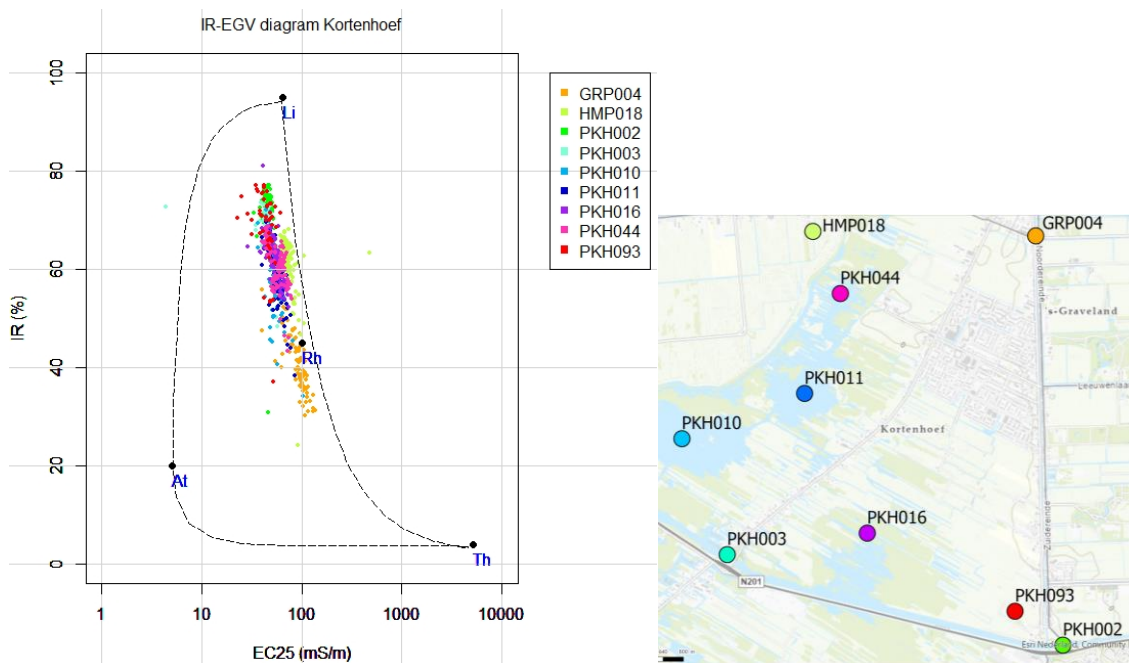
Herkomst van het oppervlaktewater

IR-EGV diagrammen en MAION-diagrammen (van Wirdum 1991) kunnen aanvullend inzicht geven in het karakter (regenwater, grondwater, zeewater) van het oppervlaktewater en daarmee in de herkomst en hydrologie van een oppervlaktewatersysteem. Het geeft inzicht in wat de meest waarschijnlijke oorsprong van het oppervlaktewater is. Bij een IR-EGV-diagram wordt gebruik gemaakt van het Elektrisch Geleidingsvermogen (EGV) en de ionenratio (IR), waarbij de IR wordt uitgerekend aan de hand van de Cl- en Ca-concentraties met de formule: $IR = ((Ca) / ((Ca) + (Cl))) * 100$. De verhouding tussen deze twee ionen zegt wat over het grondwaterkarakter van het water. Hoe hoger de IR, hoe meer grondwaterkarakter (lithotroef water). Een laag ionenratio duidt op regenwater (atmotroef water) of op zeewater (thalassotroef water). Een hoge IR ratio kan ook worden veroorzaakt door uitspoeling van kalk vanuit aangrenzende landbouwgronden. Zeewater kan onderscheiden worden van regenwater aan de hand van het EGV. Het EGV is doorgaans laag in regenwater, grondwater is wat ionenrijker, rivierwater heeft doorgaans een nog wat hoger EGV en zeewater kent de hoogste EGV-waarden (Verdonschot & Loeb 2008).

In afbeelding 3.29 is te zien dat het meeste oppervlaktewater in en rondom Kortenhoef Oost een EGV en IR van rond de 60 heeft, vergelijkbaar met Rijnwater. De meetpunten die in het oosten van Kortenhoef Oost liggen (PKH093 en PKH002) hebben een relatief hoge IR, wat duidt op meer grondwaterkarakter van het oppervlaktewater. Dit komt overeen met de resultaten uit paragrafen 3.1 en 3.3. Het is daarbij wel van belang om te benoemen dat dit zeker geen 'puur' lithoclien grondwater is: ook in het oosten van Kortenhoef Oost wordt de kwaliteit van het slootwater dus zeker niet alleen door schoon lithoclien grondwater beïnvloed. Dit blijkt ook uit de kwaliteit van de genomen grondwatermonsters (paragraaf 3.4), die tevens in Afbeelding 3.29 zijn geplot.

Het meetpunt GRP004 (oranje) in de 's-Gravelandse Vaart heeft een duidelijk lagere IR en relatief hoge EGV, wat duidt op oppervlaktewater dat relatief veel Cl bevat. Dit komt waarschijnlijk doordat het water dat bij GRP004 binnenstroomt, beïnvloed is door de polders tussen Muiden en de 's-Gravelandse Vaart (waar relatief Cl-rijk water aanwezig is). Ten slotte bevat meetpunt HMP018 (licht groen) in de Horstermeer een relatief hogere EGV door de aanwezigheid van relatief Cl-rijk kwelwater. Dit heeft te maken met het verzilten van dit grondwater.

Afbeelding 3.29 IR-EGV-diagram van meetpunten Waternet vanaf 2010. EC25 is het Elektrisch Geleidsvermogen bij een temperatuur van 25 °C



3.8.4 Resultaten ESFs

ESF 1 – Productiviteit water

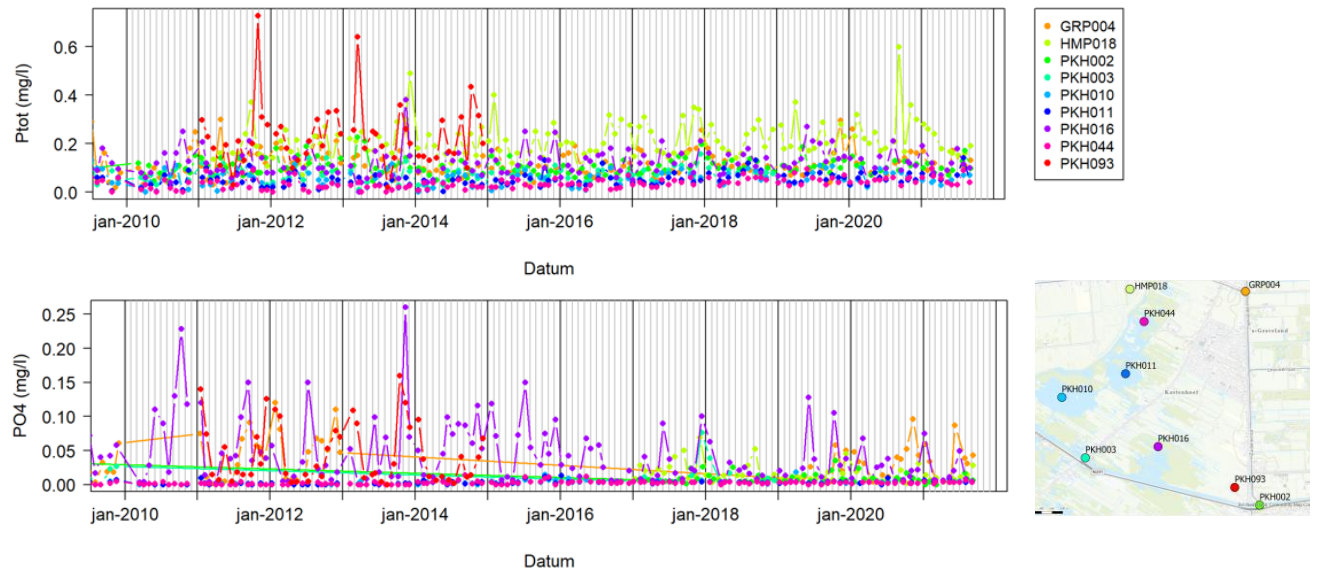
De productiviteit van een watersysteem, en daarmee de vegetatie- en algensamenstelling, wordt voor een groot deel bepaald door de beschikbaarheid van nutriënten. Bij deze sleutelfactor wordt vastgesteld bij welke nutriëntenbelasting het watersysteem overgaat in een andere toestand, bijvoorbeeld de overgang van dominantie van kroos naar dominantie van ondergedoken waterplanten (STOWA 2014).

P-huishouding van het oppervlaktewater

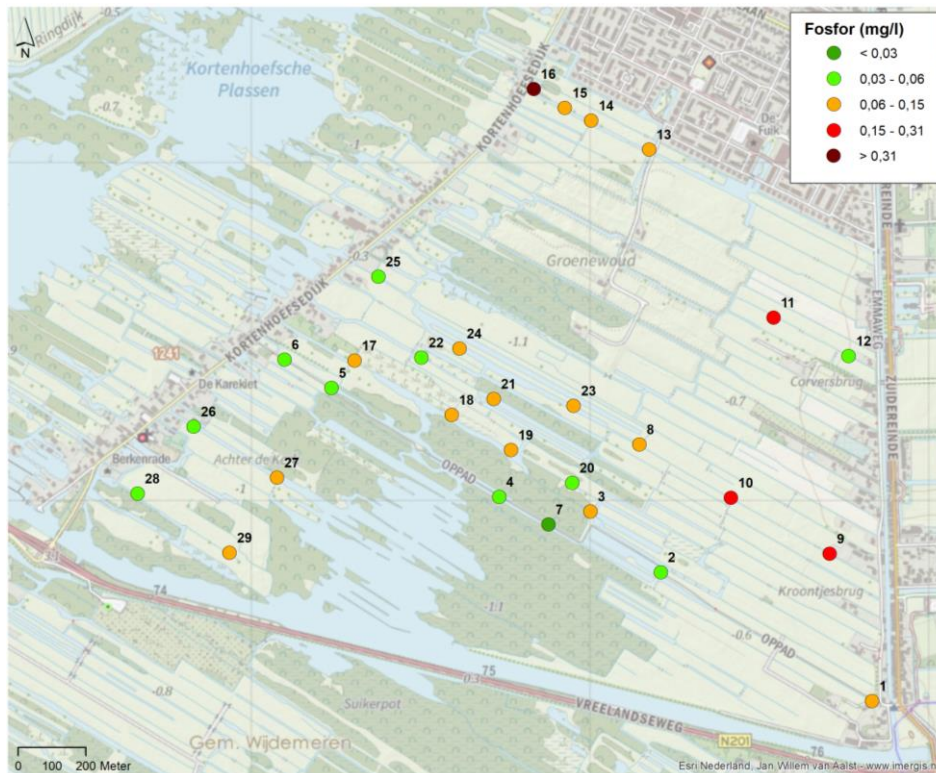
Het water in de Horstermeer bevat relatief hoge totaal P-concentraties (meetpunt HMP018). Het is opvallend dat (a) de PO_4 -concentratie (een fractie van de totaal P-concentratie die direct beschikbaar is voor planten en algen) hier niet erg hoog is en (b) de totaal P-concentratie behoorlijk snel afneemt in Kortenhoef West (PKH044 en PKH011; afbeelding 3.30). Beide waarnemingen doen vermoeden dat er relatief veel Fe-gebonden P-deeltjes (colloïden) in het water van de Horstermeer zitten (waar sprake is van een grote kwelcomponent), die vrij snel in de Kortenhoef West neerslaan. Dit is een proces dat we ook kennen vanuit andere laagveengebieden in Nederland. Zo is dit neerslagproces behoorlijk nauwkeurig beschreven voor polderwater dat vanuit kwelgevoede polders wordt ingelaten op de Wieden en Weerribben (Cusell *et al.* 2014; Kooijman *et al.* 2022).

Zowel in het oostelijk deel van Kortenhoef Oost (PKH093) als in het huidige natuurgebied van Kortenhoef Oost zijn de totaal P- en PO_4 -concentraties relatief hoog (afbeeldingen 3.30 en 3.31). De concentraties in dit gebied zijn met 0,10 - 0,20 mg/l momenteel te hoog voor het in stand houden en ontwikkelen van hoogkwalitatieve trilvenen. Als dergelijke trilvenen in contact staan met het oppervlaktewater dient de totaal P-concentratie bij voorkeur lager te zijn dan 0,04 mg/l (Cusell *et al.* 2013; Van Diggelen *et al.* 2018). Hier is zowel in de winter als in het groeiseizoen op veel plekken geen sprake van.

Afbeelding 3.30 Totale fosforconcentraties (Ptot) en fosfaatconcentraties (PO₄) in oppervlaktewater door de tijd op meetpunten die Waternet op maandelijkse basis in en rondom Kortenhoeve Oost bemonsterd



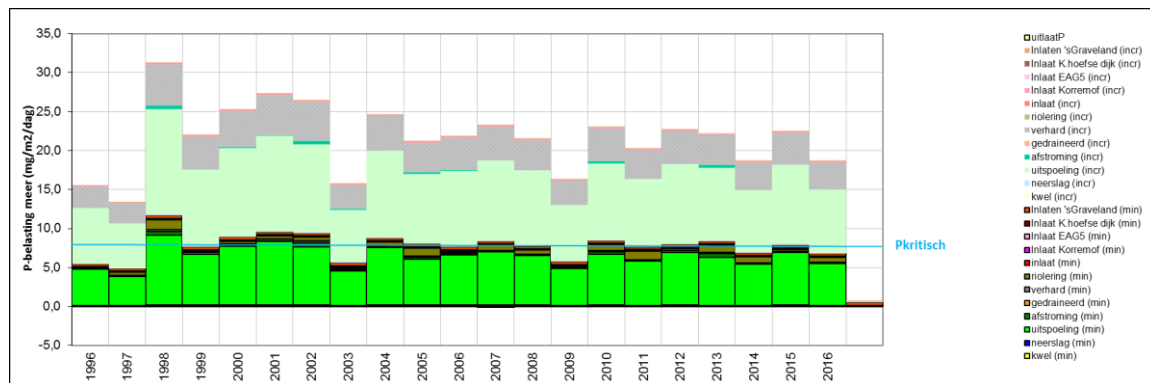
Afbeelding 3.31 Ruimtelijke weergave van de totaal P-concentratie in het oppervlaktewater in Kortenhoeve Oost in begin mei 2021



Op basis van de huidige data is niet nauwkeurig te achterhalen wat de oorzaak/oorzaken is/zijn van de verhoogde P-concentraties in het centrale en oostelijke deel van Kortenhoeve Oost. Theoretisch gezien kan het P in het oppervlaktewater via verschillende 'wegen' worden aangevoerd. In hoofdlijnen kan gedacht worden aan (a) aanvoer via het oppervlaktewatersysteem, (b) aanvoer via uit- en afspoeling van percelen, (c) mobilisatie vanuit de onderwaterbodem en (d) aanvoer via kwelwater.

Uit een water- en stofbalans die Waternet in 2018 heeft opgesteld voor Kortenhoef Oost (Konings 2018)¹, waarin berekende waterstromingen zijn gekoppeld aan gemeten aanvoerconcentraties van P, lijkt te volgen dat uitspoeling de belangrijkste bron van P (>80%; licht groene kolommen in afbeelding 3.32) is als naar de gehele polder wordt gekeken. Hierbij is uitgegaan van een totaal P-concentratie in het uitspoelingswater van 0,40 mg/l. Gezien het relatief grote oppervlakte natuurgebied is dit een vrij hoge inschatting: vermoedelijk ligt de gebied gewogen P-concentratie in het uitspoelingswater eerder rond de 0,2 mg/l. Aan de andere kant is de P-concentratie van het kwelwater met 0,10 mg/l mogelijk wat te laag ingeschat in de fosforbalans. Alhoewel de waterkwaliteit van het grondwater vooralsnog niet goed bekend is (zie paragraaf 3.4.2), is het wel waarschijnlijk dat de P-concentratie in het grondwater hoger is dan 0,10 mg/l en eerder 0,20 - 0,30 mg/l zal zijn². Dergelijke concentraties zijn ook gemeten in een diepere peilbuis in Het Hol (van Ek *et al.* 2019). Daarnaast is de bruto kwelflux van 0,47 mm/dag (waar in de balansberekening vanuit wordt gegaan) vermoedelijk aan de lage kant (zie paragraaf 3.1). Kortom, vermoedelijk is de berekende P-belasting via kwelwater in de realiteit hoger en de belasting via uitspoeling lager. Beide bronnen spelen vermoedelijk een belangrijke rol in Kortenhoef Oost, waarbij de exacte aandelen vooralsnog onduidelijk zijn en vermoedelijk behoorlijk zullen verschillen tussen het oosten en westen van het gebied. Voor het uiteindelijke inrichtingsplan is het van belang om het aandeel van kwel en uitspoeling beter te weten (omdat het om verschillende oplossingen kan vragen).

Afbeelding 3.32 Fosforbalans Polder Kortenhoef Oost, 1996-2016. Bron: Waternet



De totaal P- en PO₄-concentraties in het Hilversums Kanaal (meetpunt PKH003) en Kortenhoef West zijn een stuk lager dan in Kortenhoef Oost (afbeelding 3.30). Dit doet vermoeden dat het huidige oppervlaktewater in het oosten en midden van Kortenhoef Oost voornamelijk beïnvloed wordt door water dat in het oosten opkwelt of uitspoelt en vervolgens door het centrale natuurgebied wordt afgevoerd naar het westen. In droge periodes komt er vermoedelijk toch ook wel water vanuit Kortenhoef West het gebied in om het watertekort in het centrale deel van het gebied aan te vullen³, maar de hoofdstroomrichting loopt de grootste delen van het jaar van oost naar west.

¹ Uit de waterbalans volgt een relatief lange verblijftijd van 31 dagen. De gemiddelde P-belasting is gelijk aan 7,6 mg P/m²/dag, wat rond de kritische P-belasting ligt (afbeelding 3.32). Dit indiceert dat er in Kortenhoef Oost een aanzienlijk risico is op kroesgroei en/of algenbloei.

² Bij P-aanvoer via kwel wordt vaak onterecht gedacht dat Fe- of Ca-rijk kwelwater automatisch lage P-concentraties bevat, omdat de P zou moeten neerslaan in een omgeving met een overmaat aan Fe en/of Ca. Uit verschillende recente studies (onder andere Mettrop *et al.* 2018; Emsens *et al.* 2016) blijkt echter dat er een duidelijke correlatie is tussen de Fe-gehalte van laagveen- en beekdalbodems (dat dan meestal via kwel is aangevoerd) en de P-concentraties in de bodem en de P-beschikbaarheid.

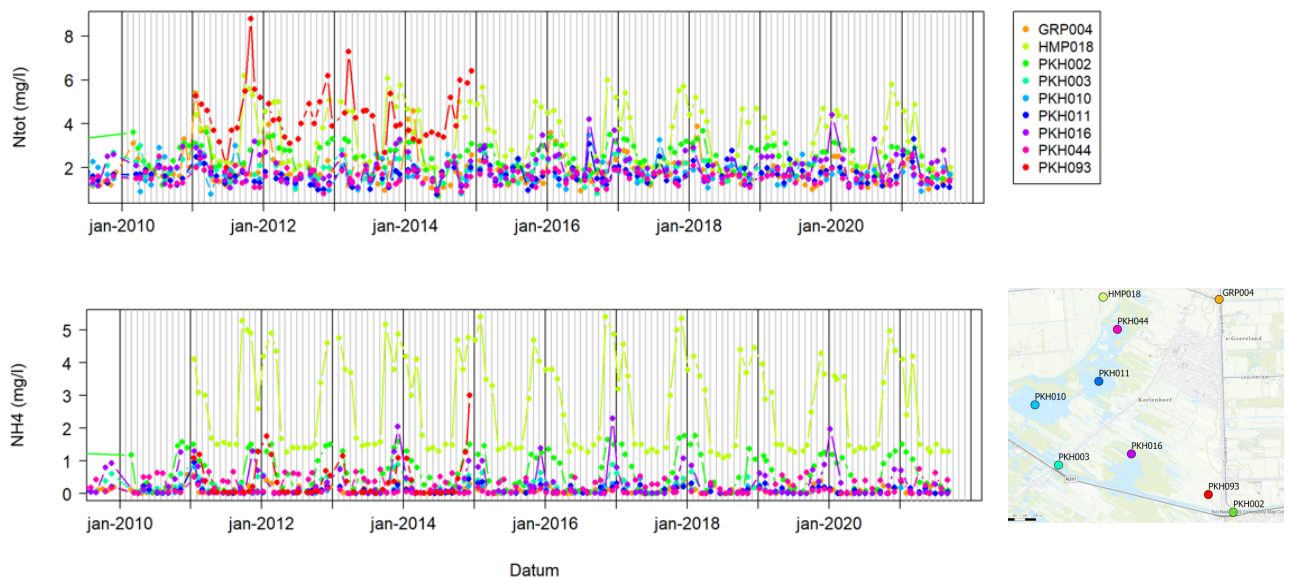
³ Er is in het westelijke deel van Kortenhoef Oost sprake van wegzijging en in het centrale deel van het gebied van een min of meer 'neutrale' kwel/wegzijgingssituatie (zie hoofdstuk 4). In de zomer, wanneer er sprake is van een verdampingsoverschot (neerslagtekort), trekt er oppervlaktewater naar deze westelijke en centrale delen van het gebied toe, omdat het peil niet mag uitzakken. In eerste instantie zal de oppervlaktewaterafvoer vanuit het oosten (waar wel sprake is van kwel) dit 'gat' opvullen, maar zeer waarschijnlijk zal na verloop van tijd ook water vanuit Kortenhoef West worden aangetrokken (zie tevens onderstaande paragraaf over de Cl-patronen in de polder).

Ten slotte zijn de totaal P-concentraties in het noordwesten van Kortenhoef Oost en in de 's-Gravelandse Vaart (GRP004) hoog (Afbeeldingen 3.30 en 3.31). De verhoogde concentraties in het noordwesten worden mogelijk mede veroorzaakt door uitspoeling uit de afvalbelt Groenewoud.

N-huishouding van het oppervlaktewater

Het oppervlaktewater is niet alleen relatief rijk aan P op plekken waar vermoedelijk kwelwater uittreedt in het oppervlaktewatersysteem, maar bevat ook relatief veel N zoals blijkt uit de metingen in het oosten van Kortenhoef Oost (PKH093; rood) en in de Horstermeerpolder (HMP018; licht groen; afbeelding 3.33). Het water in de Horstermeerpolder is relatief NH₄-rijk. In Kortenhoef West (meetpunten PKH044 en PKH011; roze en donkerblauw) is de NH₄-concentratie al weer behoorlijk laag. Dit komt vermoedelijk door verdunning, nitrificatie (omzetting van NH₄ naar NO₃) en denitrificatie (waarbij NO₃ wordt omgezet in N₂ dat verdwijnt in de lucht). In de winter zijn er hogere concentraties van NH₄ op alle meetpunten gemeten, omdat er dan minder nitrificatie en denitrificatie plaatsvindt.

Afbeelding 3.33 Totale stikstofconcentraties (N_{tot}) en ammoniumconcentraties (NH₄) in oppervlaktewater door de tijd op meetpunten die Waternet op maandelijkse basis in en rondom Kortenhoef Oost bemonsterd



ESF 2 – Lichtbeschikbaarheid

De ecologische sleutelfactor lichtklimaat brengt in beeld of er voldoende licht op de bodem valt voor plantengroei. Dit is afhankelijk van de troebelheid en de waterdiepte. In afbeelding 3.15 is de troebelheid van het oppervlaktewater weergegeven zoals deze is waargenomen in het veld. Ongeveer een derde van de onderzochte sloten is helder (de waterbodem is daar met het oog zichtbaar). De rest van het watersysteem is troebel, waarbij veldwaarnemingen doen vermoeden dat dit komt door ijzerdeeltjes (oranje water) en/of verhoogde algenconcentraties (groenig water). In een deel van deze troebele sloten is de lichtbeschikbaarheid toch nog redelijk op orde, doordat veel van deze sloten ondiep zijn (onder andere door de aanwezigheid van slib). Echter, op sommige locaties zijn hoge dichtheden aan kroos of algen, waardoor de lichtbeschikbaarheid daar minder goed is.

Daarnaast zijn er Amerikaanse rivierkreeften aanwezig in het gebied, welke ook voor troebel water kunnen zorgen door het omwoelen van de waterbodem en oeverafkalving. De kreeften kunnen verder ook waterplanten kapot knippen en ze kunnen de oevers kapot maken. We kennen echter niet de dichtheden die voorkomen in Kortenhoef Oost, waardoor we vooralsnog niet goed kunnen inschatten wat de impact is van de aanwezigheid van de rivierkreeften op het oppervlaktewatersysteem.

ESF 3 – Productiviteit bodem

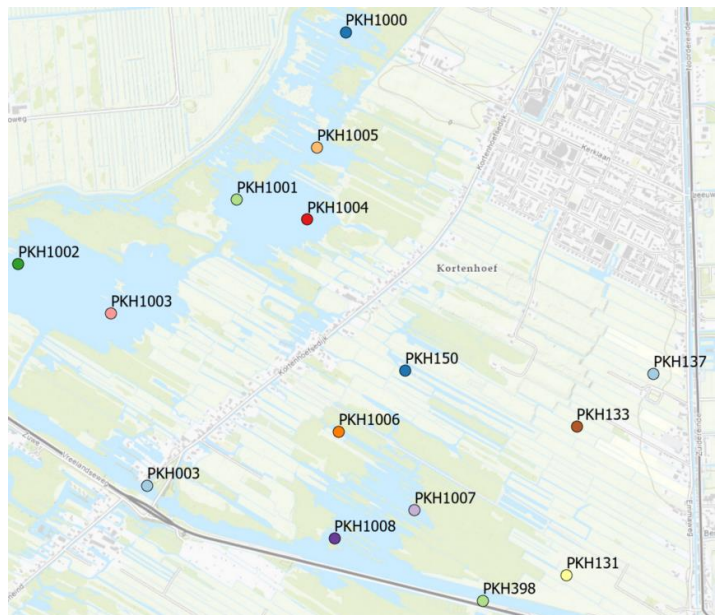
De ecologische sleutelfactor productiviteit bodem brengt in beeld of de nutriëntenbeschikbaarheid van de waterbodembodem voldoende laag is om een diverse, ondergedoken vegetatieontwikkeling mogelijk te maken. Konings (2018) geeft aan dat de onderwaterbodembodem van Kortenhoef Oost vermoedelijk te productief is voor goede natuurontwikkeling. Aanwijzingen hiervoor zijn de aanwezige sliblagen (op sommige plekken meer dan 15 cm dik) en de woekering van waterplanten op locaties met een goed doorzicht.

Waternet heeft metingen van de waterbodembodemchemie uitgevoerd, die de hoge productiviteit van de waterbodembodem bevestigen. In de meeste bemonsterde sloten is de totale hoeveelheid P hoog met concentraties boven de 0,9 g/kg en is er risico op P-mobilisatie onder anaerobe condities (zie Tabel 3.5). Een totale hoeveelheid P onder de 0,5 g/kg is geschikt voor 'schrale' waternatuur (Van Zuidam 2013). Bij hogere concentraties is er in het groeiseizoen een aanzienlijke kans op woekering van waterplanten. Ook de Fe:P-ratio en de (Fe-S)/P-ratio zijn ongunstig met waarden die veelal respectievelijk hoger zijn dan 10 mol/mol en lager dan 1 mol/mol (tabel 3.2). Dit indiceert dat er een aanzienlijk risico op P-mobilisatie is wanneer de waterlaag anaeroob wordt (bijvoorbeeld als gevolg van een hoog zuurstofverbruik in de zomer; Geurts *et al.* 2010; Poelen *et al.* 2012).

Er is in de sloten van Kortenhoef Oost in 2 fases gebaggerd, wat effect heeft op de productiviteit van de bodem. De kaarten met de gebaggerde watergangen zijn toegevoegd in bijlage V. De watergang met label 3230_1978_3 uit de kaart van fase 2 is niet gebaggerd. Dit moet nog gebeuren.

Tabel 3.5 Totale hoeveelheid P in de waterbodems en het risico op P-mobilisatie, gebaseerd op waterbodemanalyses van Waternet uit 2013, 2017 en 2020. Een Fe/P-ratio < 10 mol/mol en (Fe-S)/P-ratio < 1 mol/mol duidt op een risico van P-mobilisatie vanuit de waterbodembodem (Geurts *et al.* 2010; Poelen *et al.* 2012)

Meetpunt	Totaal P (g/kg)	Fe/P (mol/mol)	(Fe-S)/P (mol/mol)
PKH1000	2,2	7,8	-0,1
PKH1001	1,2	9,0	-20,8
PKH1002	2,1	7,4	-4,5
PKH1003	1,0	10,6	-12,6
PKH1004	1,1	7,6	-10,9
PKH1005	1,2	12,5	-13,2
PKH1006	1,4	9,8	-13,7
PKH1007	1,3	12,9	-13,8
PKH1008	1,5	10,0	-9,3
PKH131	0,7	22,2	-15,1
PKH133	0,9	4,3	-4,2
PKH137	0,4	6,9	-5,6
PKH150	0,8	6,9	-3,8
PKH398	4,6	5,3	4,4
PKH003	1,5	8,5	6,8



ESF 4 – Habitatgeschiktheid

De ecologische sleutelfactor habitatgeschiktheid bepaald de geschiktheid van het gebied voor het voorkomen van specifieke soortgroepen. In onderstaande paragrafen zijn de aspecten behandeld die relevant zijn voor Kortenhoef Oost.

Waterdiepte en talud

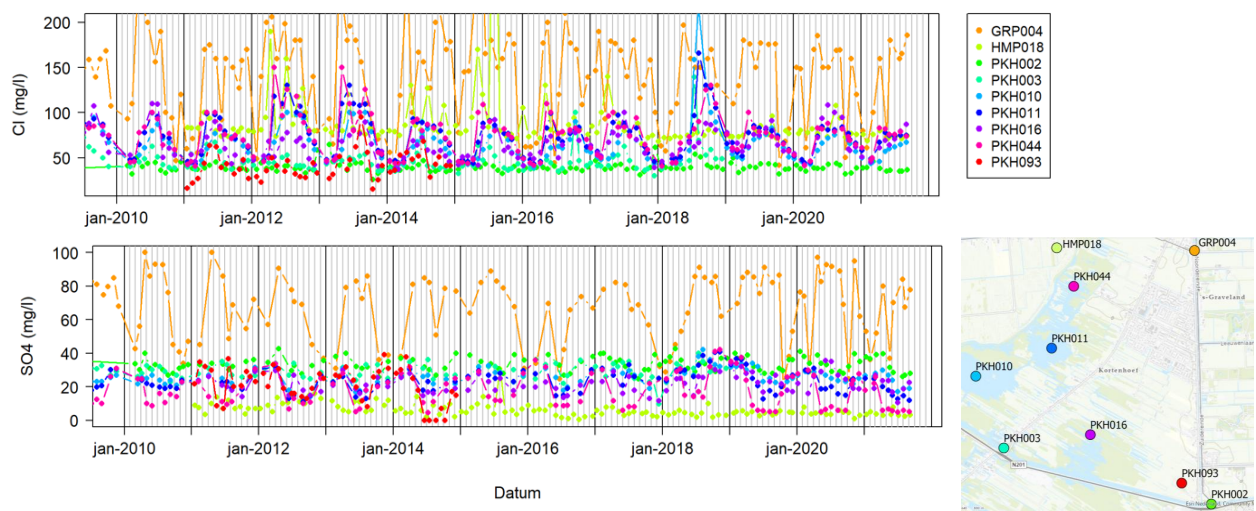
De waterdiepte in de sloten is veelal beperkt en er is redelijk vaak behoorlijk wat slib aanwezig. Hierdoor is er een risico op (te) lage zuurstofconcentraties in de zomer wanneer de temperatuur op warme dagen hoog kan oplopen in ondiepe sloten.

Er zijn redelijk veel steile taluds aanwezig in het gebied en er zijn oeverbeschoeiingen in het huidige landbouwgebied. Er kan gekeken worden of de oevers hier afgevlakt kunnen worden en of de oeverbeschoeiingen kunnen worden verwijderd.

Saliniteit

Afbeelding 3.34 toont de Cl⁻ en SO₄²⁻-concentraties over de tijd. Te zien is dat het water in de 's-Gravelandse Vaart (ten noordoosten van Kortenhoef; meetpunt GRP004 (oranje)) relatief hoge Cl⁻ en SO₄²⁻-concentraties bevat. Deze verhoogde concentraties zijn zeer waarschijnlijk veroorzaakt door de behoorlijk grote invloed van Cl⁻ en SO₄²⁻-rijker water uit de percelen en polders tussen Muiden (de uiteindelijke aanvoerbron) en de 's-Gravelandse Vaart. Ecologisch gezien is vooral de hoge SO₄²⁻-concentratie ongewenst voor de ontwikkeling van Kortenhoef Oost. SO₄²⁻ kan in anaerobe bodems namelijk als alternatieve elektronenacceptor fungeren, waardoor de afbraak van organisch materiaal versneld kan worden (dit leidt tot versnelde veenafbraak en tot het vrijkomen van nutriënten) en er toxische sulfiden ontstaan. Als er voldoende Fe aanwezig is, kunnen de gevormde sulfiden reageren tot ijzersulfiden. Op deze wijze kan uiteindelijk het overgrote deel van het in de veenbodem aanwezige Fe worden gebonden als ijzersulfiden (Lamers *et al.* 1998, 2002; Smolders *et al.* 2006). Deze binding voorkomt sulfidotoxiciteit, maar alle Fe die aan sulfiden gebonden is, is niet meer beschikbaar voor de binding van P (Smolders *et al.* 2006). Uit onderzoek van Geurts *et al.* (2008) en Lamers *et al.* (2010) is gebleken dat voor laagvenen een SO₄²⁻-grenswaarde van 10 tot 20 mg/l in het oppervlaktewater ecologisch veilig is (vooral bij een relatief lage Fe:P-ratio in het poriewater), en dat bij hogere concentraties sprake kan zijn van problemen met interne P-mobilisatie (wat tot eutrofiëring leidt) en/of sulfidotoxiciteit.

Afbeelding 3.34 Chloride en sulfaatconcentraties (mg/l) van meetpunten Waternet sinds 2010 op meetpunten die Waternet op maandelijkse basis in en rondom Kortenhoef Oost bemonsterd



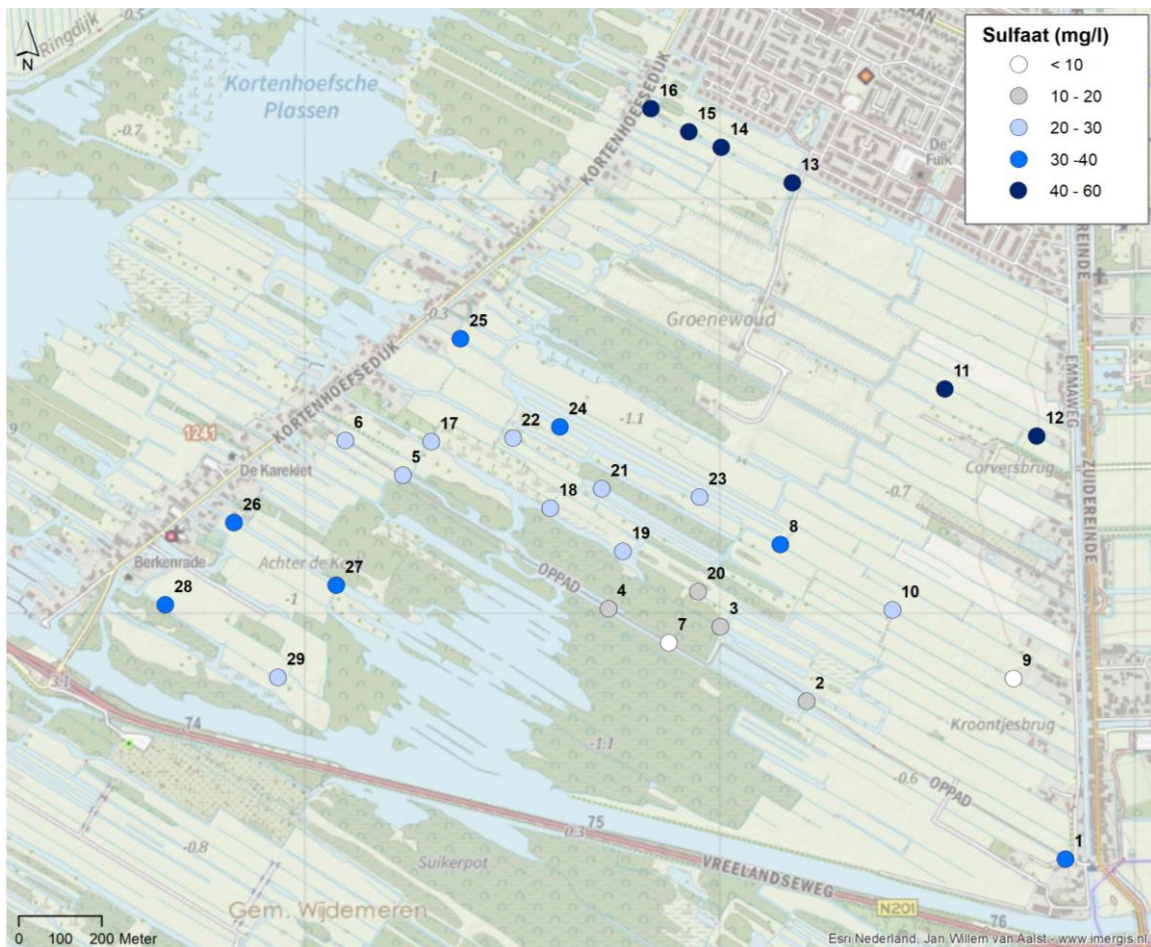
De kwel in de Horstermeerpolder (meetpunt HMP018; licht groen) bevat relatief hoge Cl-concentraties en tegelijk lage SO₄-concentraties (afbeelding 3.34). Dit komt vermoedelijk doordat hier sprake is van diepe kwel, waarbij op grote diepte en gedurende een lange periode S-reductie heeft kunnen plaatsvinden. Dat de samenstelling met betrekking tot SO₄ in de Horstermeer significant anders is dan in het oosten van Kortenhoef Oost doet sterk vermoeden dat het grondwater dat in het oosten van Kortenhoef Oost opkwelt in de sloten geen diepe kwel is, maar dat deze kwel van betrekkelijk lokale, ondiepe herkomst is (en geen diepe gereduceerde watervoerende pakketten heeft gepasseerd).

Vooraf in de zomer is het water uit de Horstermeer duidelijk terug te zien in Kortenhoef West (Afbeelding 3.34): meetpunt PKH044 (roze) bevat dan hogere Cl-concentraties en lagere SO₄-concentraties door de inlaat van water vanuit de Horstermeerpolder. Wat verder in Kortenhoef West (meetpunt PKH011) is dit effect al vrijwel niet meer zichtbaar.

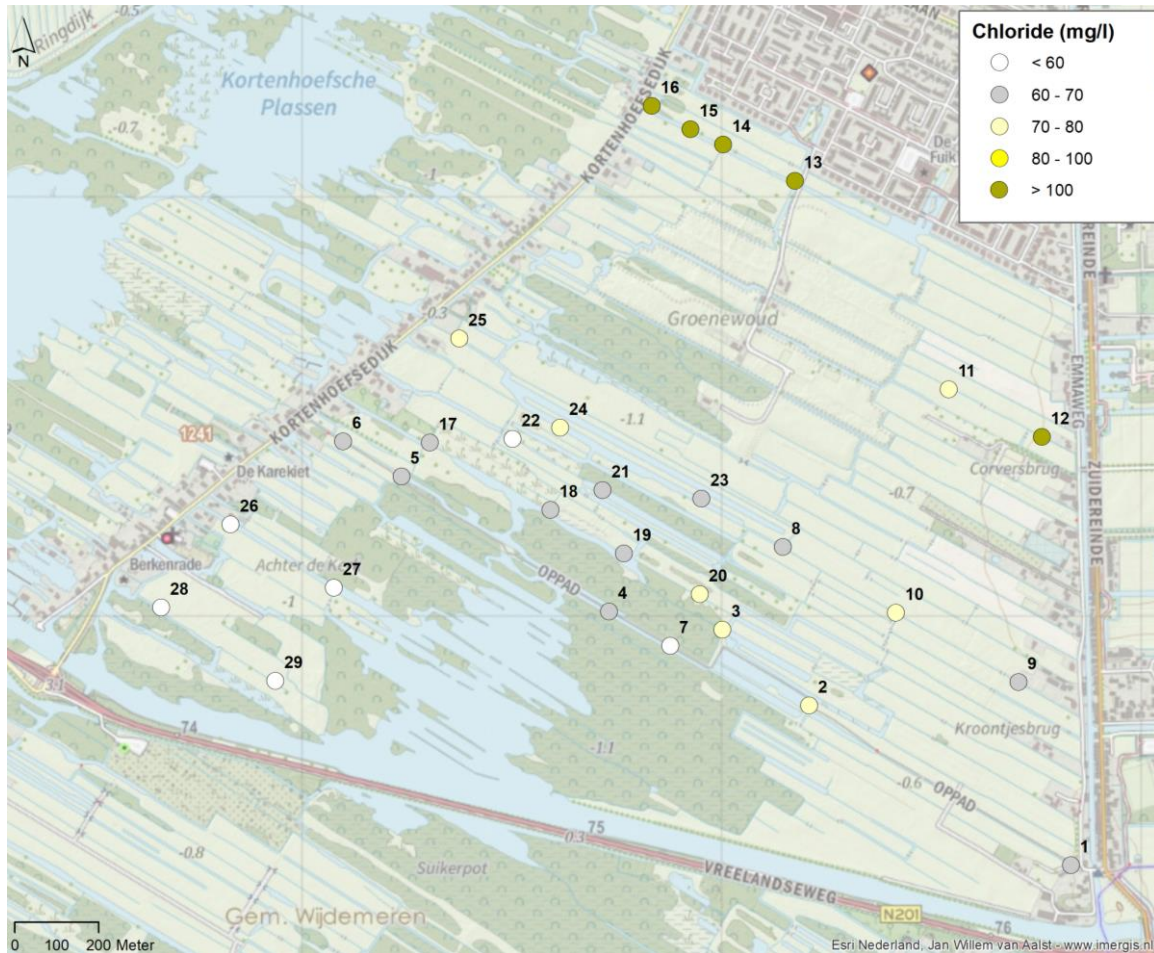
In droge periodes komt er duidelijk ook relatief Cl-rijk Vechtwater in Kortenhoef West en Kortenhoef Oost terecht (afbeelding 3.34). Dit is te zien aan de pieken van voornamelijk Cl in de zomer, waarbij het opvallend is dat de hoogste piek ook zichtbaar is in de droogste zomer (2018). Meetpunten PKH010, PKH011 en PKH044 hebben bijvoorbeeld een zeer duidelijke piek in Cl-concentraties in de zomer van 2018. De waargenomen Cl-concentraties blijven overigens representatief voor zoete watersystemen (de Cl-concentratie zijn ruim lager dan 300 mg/l), waardoor er geen ecologische effecten van deze Cl-stijgingen worden verwacht.

Wanneer gekeken wordt naar de SO₄- en Cl-concentraties binnen Kortenhoef Oost zelf, dan valt op dat er tijdens de eenmalige meting van B-WARE (begin mei 2021) voornamelijk in het noorden hoge Cl- en SO₄-concentraties zijn gemeten (afbeeldingen 3.35 en 3.36). Een mogelijke verklaring hiervoor kan uitstroming van Cl- en SO₄-rijk water uit de afvalbelt zijn. Ook kan er invloed zijn van het Cl- en SO₄-rijke water uit de 's-Gravelandse Vaart, wat in het noorden van Kortenhoef Oost na inlaat uit de 's-Gravelandse Vaart (wat veelvuldig voorkomt) vanuit het oosten naar het westen stroomt. Met betrekking tot de toekomst van de afvalbelt is het van belang om te achterhalen wat nu exact de hoofdbron van deze verhoogde concentraties is, omdat ook de P-concentraties hier relatief hoog lijken. De waargenomen verhoogde SO₄- en P-concentraties zijn namelijk onwenselijk voor de ecologische ontwikkeling van deze gebieden.

Afbeelding 3.35 Ruimtelijke weergave van SO₄-concentraties in het oppervlaktewater, bemonsterd begin mei 2021



Afbeelding 3.36 Ruimtelijke weergave van Cl-concentraties in het oppervlaktewater, bemonsterd begin mei 2021

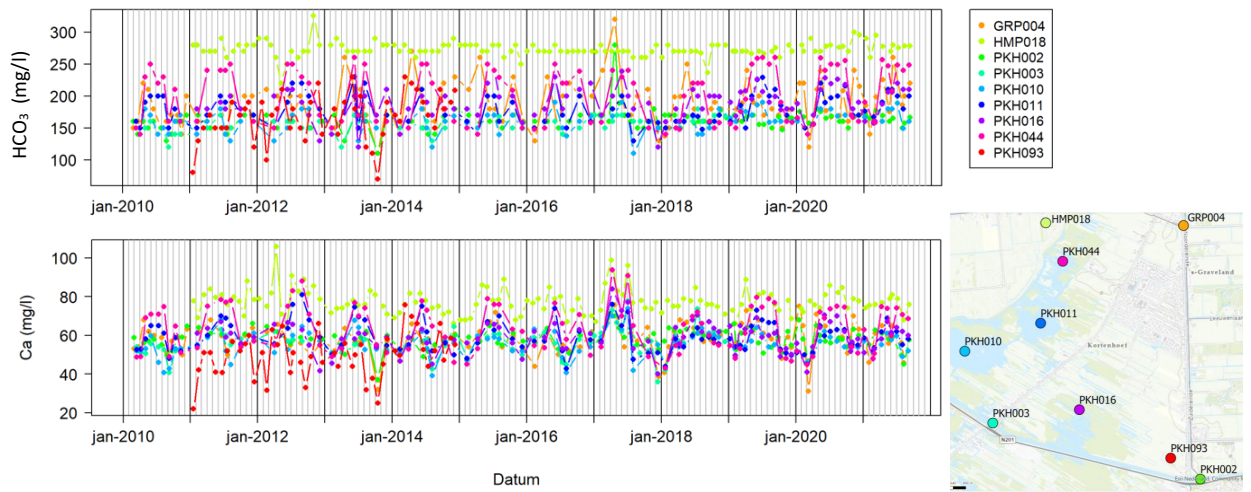


Basenhuishouding

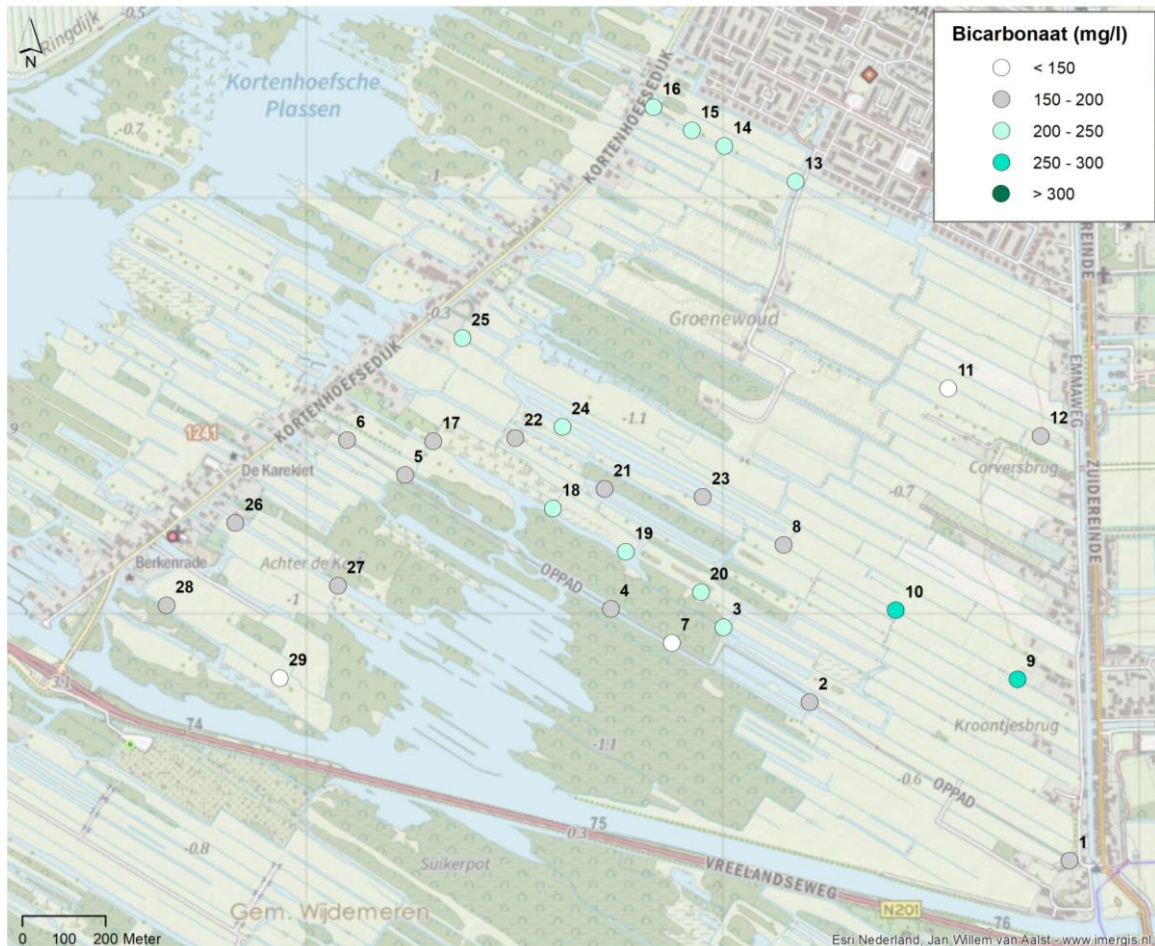
De basenhuishouding is bepalend voor het al dan niet voorkomen van verschillende natuurdoeltypen in het gebied. In afbeelding 3.37 zijn de HCO_3^- - en Ca-concentraties over de tijd weergegeven en in afbeeldingen 3.38 en 3.39 staan de HCO_3^- - en Ca-concentraties van een eenmalige meting van B-WARE in mei 2021. Over het algemeen is de basenhuishouding in het oppervlaktewater in Kortenhoef Oost redelijk op orde. De Ca-concentraties liggen rond of boven de vastgestelde grenswaarde van 50 mg/l voor trilveenontwikkeling (Cusell *et al.* 2013; van Diggelen *et al.* 2018). Het gaat daarbij niet om schoon, lithoclien grondwater, maar een mengsel van oppervlaktewater, regenwater en grondwater.

De kwel die in de Horstermeerpolder (HMP018, lichtgroen) omhoogkomt, is relatief basenrijk. De hogere HCO_3^- - en Ca-concentraties zijn ook nog te zien bij het meetpunt PKH044 (waar kwel uit de Horstermeerpolder binnen wordt gelaten in Kortenhoef West), maar de concentraties zijn daar wel al een stuk lager. Uit de eenmalige metingen van B-WARE lijkt te volgen dat het oppervlaktewater aan de oostzijde van Kortenhoef Oost behoorlijk basenrijk is, alhoewel er wel redelijk wat variatie is tussen de meetpunten.

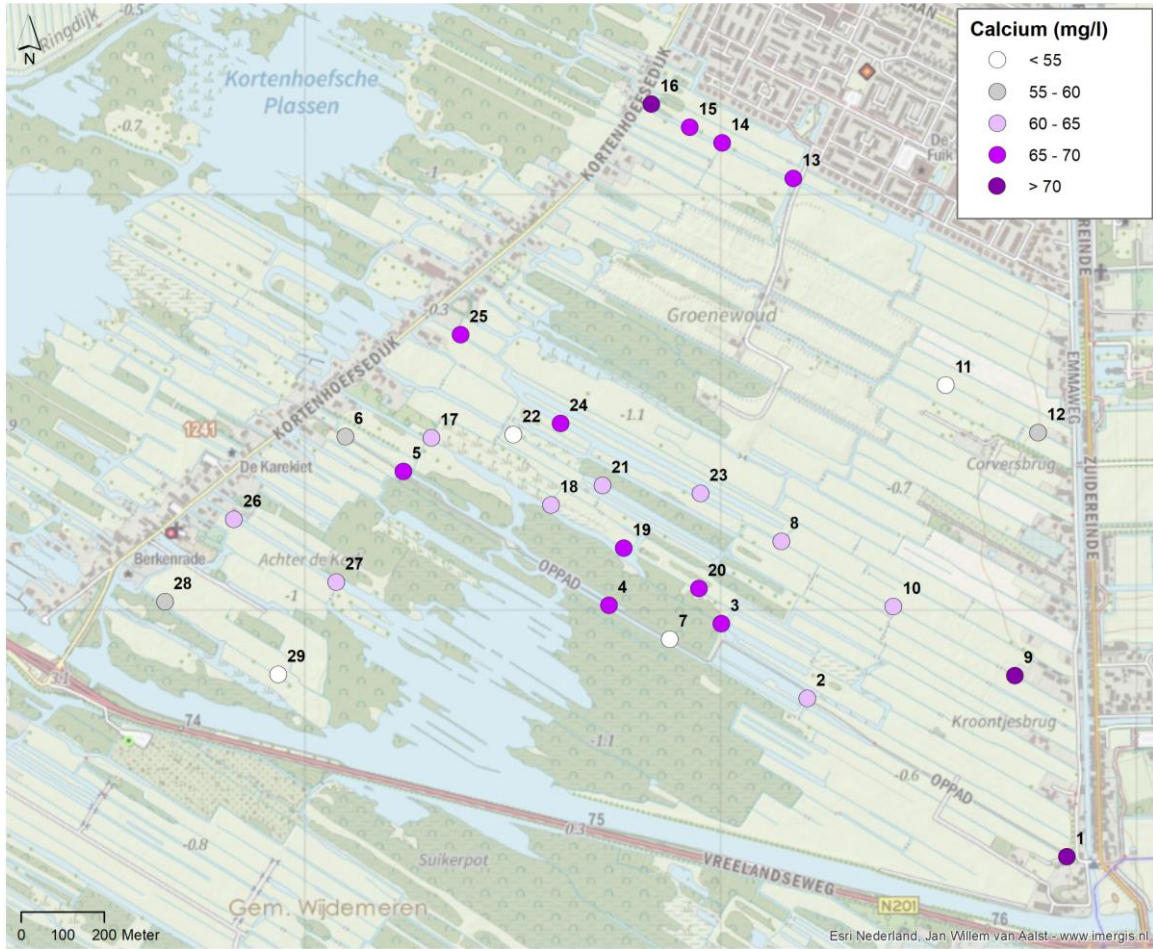
Afbeelding 3.37 Tijdsree van bicarbonaatconcentraties (HCO_3^-) en calciumconcentraties (Ca) in het oppervlaktewater op meetpunten die Waternet op maandelijkse basis in en rondom Kortenhoef Oost bemonsterd



Afbeelding 3.38 Ruimtelijke weergave van HCO_3^- -concentraties in het oppervlaktewater, bemonsterd begin mei 2021



Afbeelding 3.39 Ruimtelijke weergave van Ca-concentraties in het oppervlaktewater, bemonsterd begin mei 2021

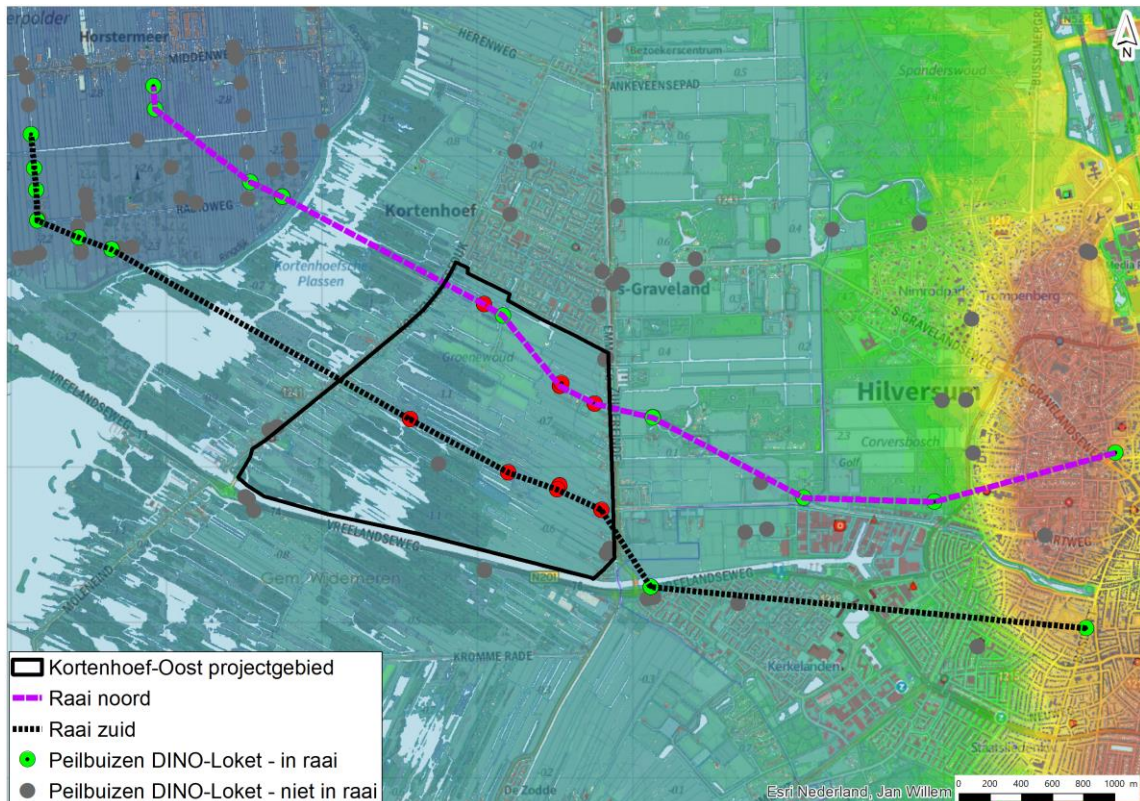


4

ANALYSE GEOHYDROLOGISCH FUNCTIONEREN KORTENHOEF OOST

Het doel van dit hoofdstuk is de metingen van de grondwaterstanden en stijghoogtes, de zanddieptemetingen, de EGV-prikstokmetingen en de metingen aan de grondwaterkwaliteit, zoals beschreven in paragrafen 3.1 tot en met 3.4, te plaatsen in de context van het regionale grondwatersysteem. Om de lokale geohydrologische situatie bij Kortenhoef Oost goed te begrijpen, is het gebied vanaf de Utrechtse Heuvelrug bij Hilversum in het oosten tot en met de diepe polder Horstermeer in het westen van belang. Daarom zijn in dit hoofdstuk twee dwarsprofielen opgesteld over dit gebied (zie afbeelding 4.1). Van die profielen is eerst de geohydrologische schematisatie beschreven in paragraaf 4.1.1. Hiervoor is gebruik gemaakt van de regionale ondergrondmodellen die beschikbaar zijn via het DINO-Loket. In paragraaf 4.1.2 wordt vervolgens ingegaan op het regionale stromingspatroon. Daarna wordt in paragraaf 4.1.3 gekeken hoe dit de lokaal gemeten grondwaterstanden en stijghoogtes beïnvloed. In paragraaf 4.1.4 wordt vervolgens ingegaan op de GXG's die volgens het grondwatermodel van RHDHV (2022) aanwezig zijn in Kortenhoef Oost. Belangrijke onderzoeksvraag is in hoeverre er regionale kwel richting Kortenhoef Oost stroomt. Aan de hand van de analyses van de lokale en regionale grondwaterstanden en met behulp van de dwarsprofielen wordt dit in paragrafen 4.2.4 beschreven.

Afbeelding 4.1 Projectgebied Kortenhoef-Oost met ligging van de dwarsprofielen

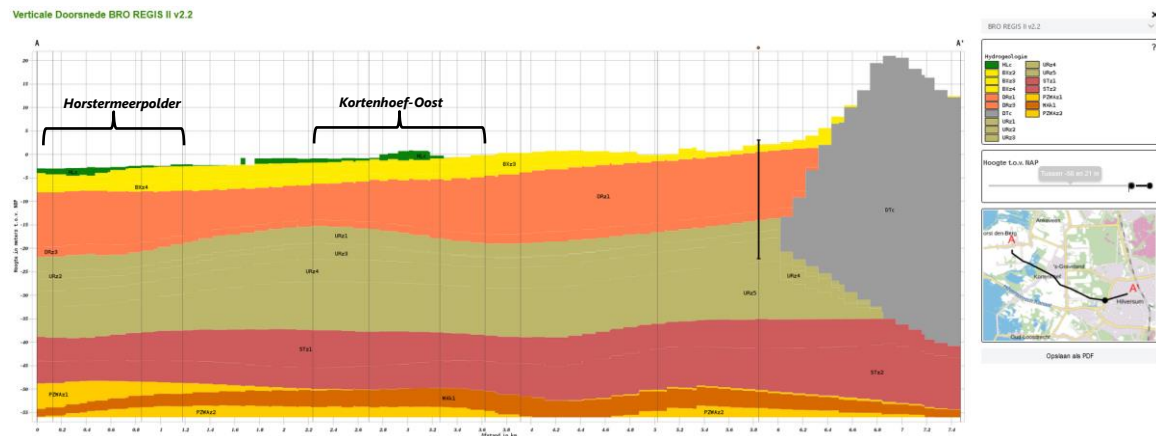


4.1 Geohydrologische schematisatie

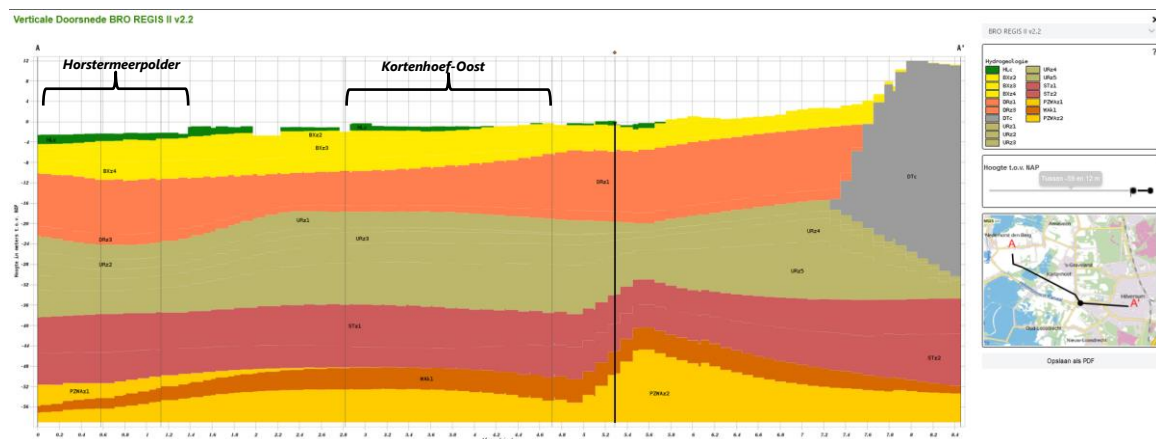
Circa 3 km ten oosten van Kortenhoef Oost ligt Hilversum. De Utrechtse Heuvelrug ligt hier op circa NAP +26 m. Het maaiveld van de Horstermeerpolder, die 1,5 km ten noordwesten van het projectgebied ligt, ligt op circa NAP -2,5 tot -3 m. Er is dus sprake van een flink hoogteverschil. Dit is van invloed op de geohydrologische situatie in Kortenhoef Oost.

Op de locaties van de dwarsprofielen zijn de ondergrondmodellen uit het DINO-Loket bekeken om een regionaal beeld van de geologische situatie te krijgen. Het gaat om profielen van ondergrondmodellen die op basis van interpolaties tot stand zijn gekomen. Uit de profielen volgt dat de ondergrond bij Kortenhoef Oost bestaat uit zandpakketten, die behoren tot verschillende formaties (Afbeeldingen 4.2 en 4.3). Ter plaatse van Kortenhoef Oost wordt op circa NAP -50 m tot circa NAP -54 m de eerste weerstandslaag in de ondergrond aangetroffen: de kleilaag van de Waalre formatie (Wak1). Afbeelding 4.4 toont de verbreiding van deze weerstandslaag in de omgeving van Kortenhoef Oost. Te zien is dat deze weerstandslaag onder een deel van de Utrechtse Heuvelrug aanwezig is, maar dat die aan de oostzijde uitwigt en soms deels afwezig is. Ook aan de westzijde, ter hoogte van Vreeland, ontbreekt deze weerstandslaag.

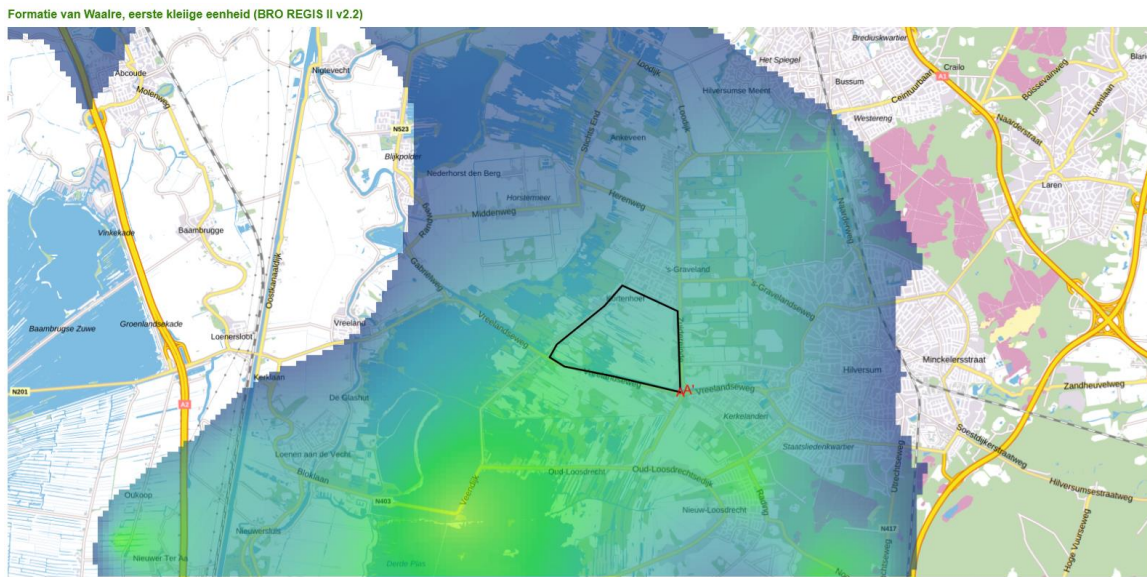
Afbeelding 4.2 Raai noord - REGIS II v2.2 ondergrondmodel tot en de Waalre Klei (Wak1)



Afbeelding 4.3 Raai zuid - REGIS II v2.2 ondergrondmodel tot en de Waalre Klei (Wak1)

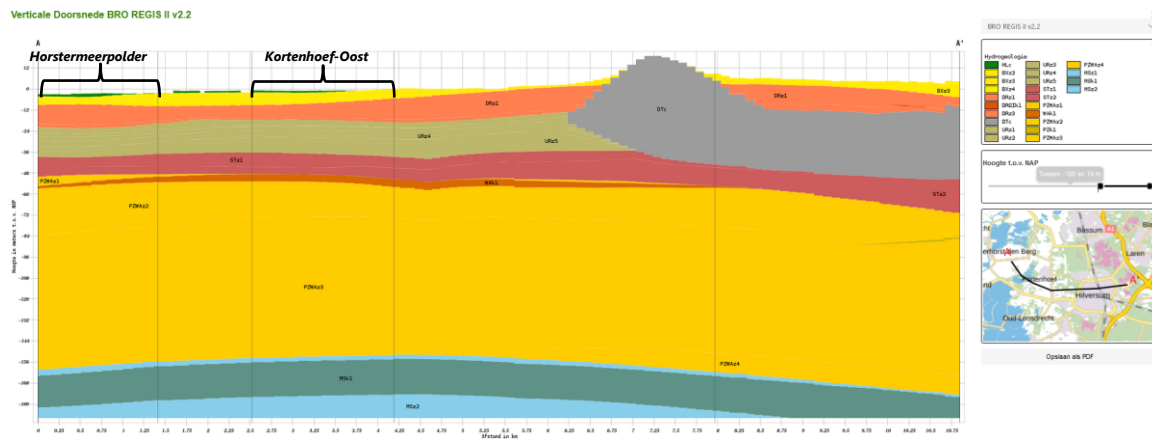


Afbeelding 4.4 Verbreiding Formatie van Waalre, eerste kleiige eenheid (Wak1) volgens REGIS II v2.2. Kortenhoef Oost ligt in het zwart omlinjde gebied



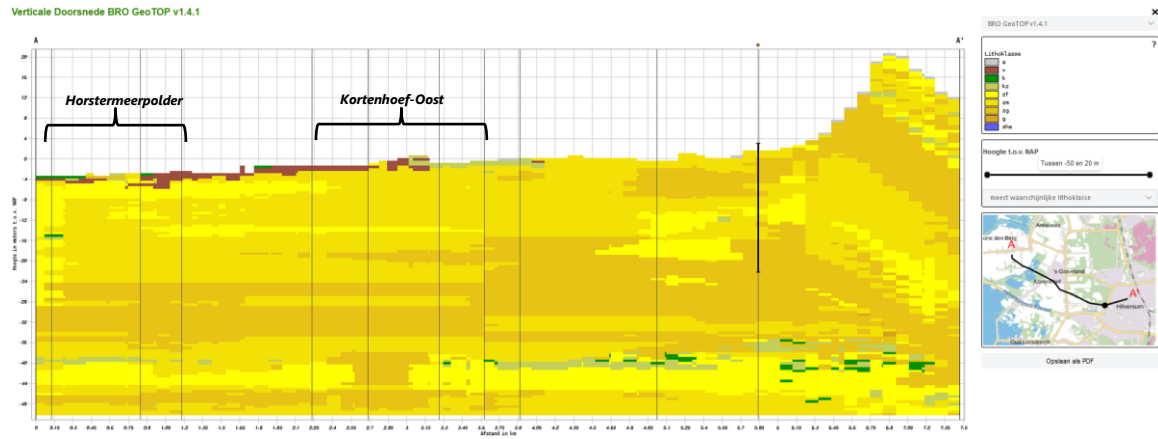
Onder de kleilaag van de Formatie van Waalre ligt een zandpakket van circa 100 m dik dat behoort tot de Formatie van Peize (afbeelding 4.5). Dit pakket bestaat uit zeer goed doorlatende zanden, met een ingeschatte horizontale doorlatendheid van 50-100 m/dag. Daaronder bevindt zich de regionale geohydrologische basis, te weten de kleilaag van de Formatie van Maassluis (Msk1, ingeschatte c-waarde van 5.000-10.000 dagen).

Afbeelding 4.5 Diepere ondergrond REGIS II v2.2 ondergrondmodel.

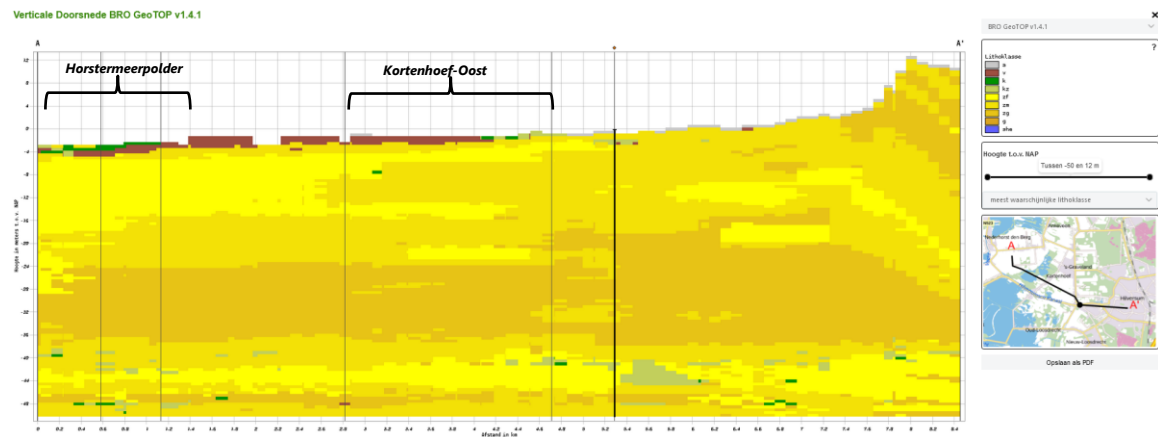


Alle formaties bovenop de Waalre formatie zijn zandlagen behorende tot achtereenvolgens de formaties van Sterksel, Urk, Drenthe en Bostel (afbeelding 4.5). Boven op de zanden van de Bostel ligt een Holocene deklaag. Lokaal is deze deklaag doorsneden (door watergangen) of niet (meer) aanwezig. Deze patronen zijn ook duidelijk zichtbaar in de profielen van onze twee dwarsdoorsneden als gekeken wordt naar het GeoTOP-ondergrondmodel (afbeeldingen 4.6 en 4.7). Ook het gestuwde complex bij de Utrechtse Heuvelrug bestaat voornamelijk uit zanden van afwisselende korrelgroottes. De Holocene deklaag in Kortenhoef Oost bestaat vooral uit veen en een toemaakdek. In het gestuwde complex is verder een oostwaartse oriëntatie van scheefstelling waarneembaar, waardoor een deel van het geïnfilterde water nooit richting de Oostelijke Vechtplassen zal stromen (en in het intrekgebied in feite relatief beperkt is). Dit is ook duidelijk waarneembaar in het dwarsprofiel weergegeven in afbeelding 4.8, die verder oostwaarts is doorgetrokken.

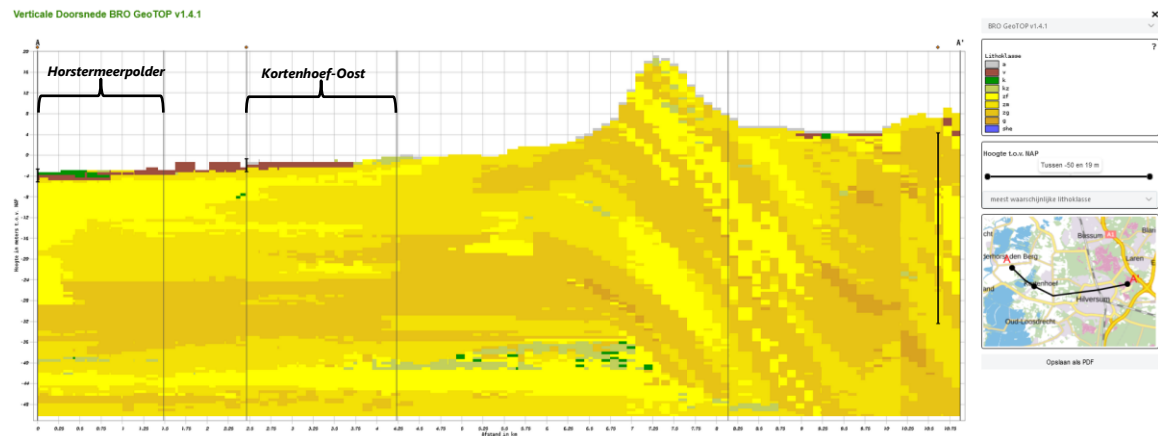
Afbeelding 4.6 Raai noord - GeoTOP v1.4.1 ondergrondmodel - meest waarschijnlijke lithoklasse weergegeven



Afbeelding 4.7 Raai zuid - GeoTOP v1.4.1 ondergrondmodel - meest waarschijnlijke lithoklasse weergegeven.

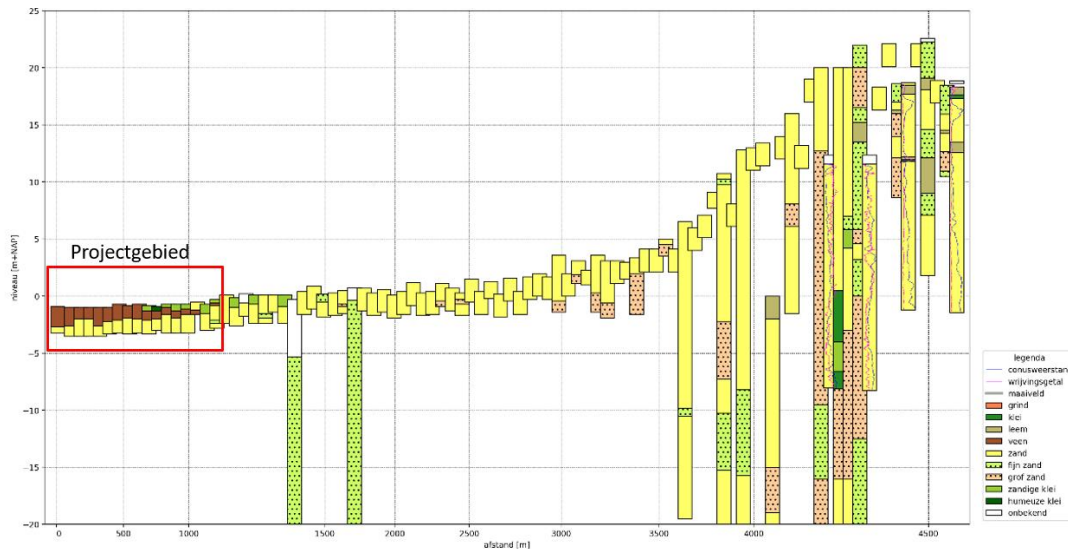


Afbeelding 4.8 Doorsnede GeoTOP v1.4.1, verder doorgetrokken ten oosten van de Utrechtse Heuvelrug



In de studie die is uitgevoerd door RHDHV (2022) is ten behoeve van de opbouw van het grondwatermodel een profiel opgesteld op basis van beschikbare boorprofielen en sonderingen. Dit profiel toont de lithologie van de aangetroffen grondsoorten (afbeelding 4.9). Ook dit profiel laat zien dat de ondergrond van zowel de Utrechtse Heuvelrug als onder Kortenhoef Oost zeer zandig is. Lokaal is een kleilaag in de ondergrond van de Utrechtse Heuvelrug aangetroffen, maar deze is niet vlakdekkend aanwezig, waardoor de invloed op de regionale grondwaterstroming beperkt zal zijn.

Afbeelding 4.9 Dwarsprofiel van de ondergrond op basis van boringen en sonderingen (RHDHV 2022)



4.2 Regionaal stromingspatroon grondwater

Om de regionale grondwaterstroming in beeld te brengen is gebruik gemaakt van de isohypsentoel van TNO¹. Hiermee wordt op basis van geselecteerde peilbuisreeksen en informatie uit het Landelijk Hydrologisch Model het stijghoogteverloop voor een bepaalde formatie (modellaag) weergegeven. In Afbeelding 4.10 is het resultaat weergegeven voor de Boxtel/Kreftenheye zanden. Dit is het zandpakket dat direct onder de Holocene deklaag ligt. Te zien is dat de stijghoogtedruk verloopt van circa NAP +0,5 m onder de Utrechtse Heuvelrug bij Hilversum tot circa NAP -3 m binnen de Horstermeerpolder. Ter hoogte van Kortenhoef Oost verloopt het stijghoogteniveau van circa NAP -1 m aan de oostzijde tot circa NAP -1,3 m aan de westzijde (binnen een afstand van circa 1 - 2 km). Er is dus sprake van een (zeer) flauwe gradiënt van oost naar west, waardoor er binnen de polder vermoedelijk weinig grondwaterstroming optreedt. In de isohypsen is de ontwaterende werking van het Hilversums Kanaal zeer duidelijk zichtbaar: de isohypsen 'snijden' hier oostwaarts richting de Utrechtse Heuvelrug. Dit kanaal voert dan ook veel grondwater af. De verlagende werking van het kanaal is op basis van de isohypsen circa 25 cm. Op een verval van circa 1,5 m vanaf de Heuvelrug tot aan Kortenhoef Oost is dit een significante verlaging.

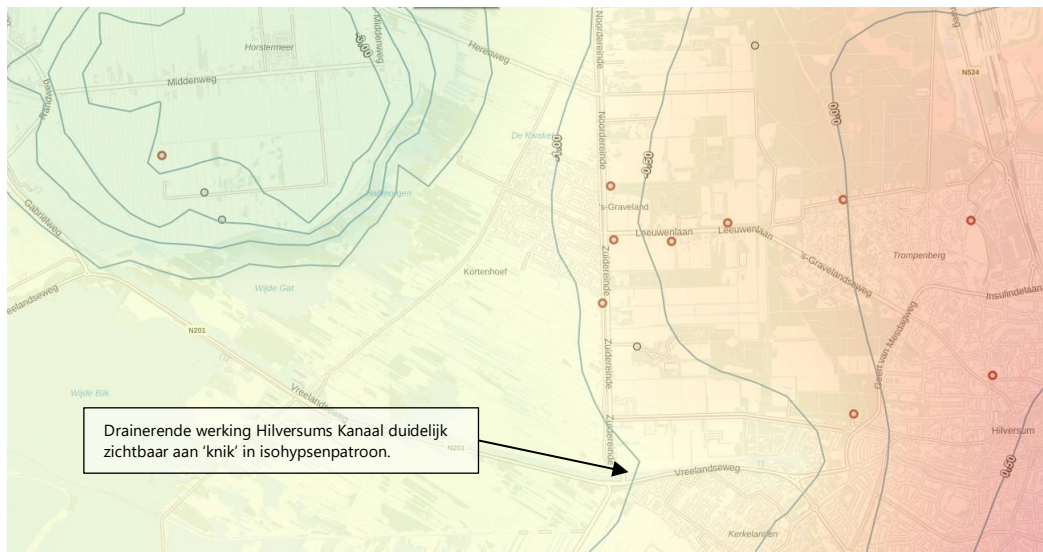
Uit het patroon is te zien dat de grondwaterstand ter hoogte van de 's-Gravelandse Vaart op circa NAP -0,7 m ligt (afbeelding 4.10). Dit is veel lager (circa 0,5 m) dan het peil in die vaart (NAP -0,2 m). Dit kanaal, en de daaraan verbonden watergangen (Gooische Vaart en de watergangen in de 's-Gravelandse Polder) hebben dus een voedende werking naar het grondwater. Hoeveel water er vanuit de vaart naar de ondergrond infiltreert hangt af van de bodemweerstand van de waterbodem van de vaart. Die is afhankelijk van onder andere onderhoud (baggerwerkzaamheden), stroomsnelheden en eventueel aanwezige watervegetatie.

Verder valt op dat de opbolling onder de Utrechtse Heuvelrug relatief beperkt is (afbeelding 4.10). De stijghoogtedruk in de zandondergrond loopt op tot circa NAP +0,5 m ter hoogte van het centrum van Hilversum. Het maaiveldniveau loopt hier op tot maximaal NAP +26 m. Ter vergelijking is het isohypsenpatroon van REGIS gedownload (afbeelding 4.11). Hierin is ook te zien dat het isohypsenpatroon meer wordt bepaald door de hogere delen van de Utrechtse Heuvelrug, waardoor er nabij dit Hilversumse deel van de Utrechtse Heuvelrug weinig/minder opbolling lijkt op te treden. Dit kan verklaard worden uit de zandige ondergrond van dit deel van de Utrechtse Heuvelrug, de ontwaterende werking van de polders en het Hilversums Kanaal aan de westzijde, en mogelijk speelt de scheefstelling van de lagen in de Utrechtse

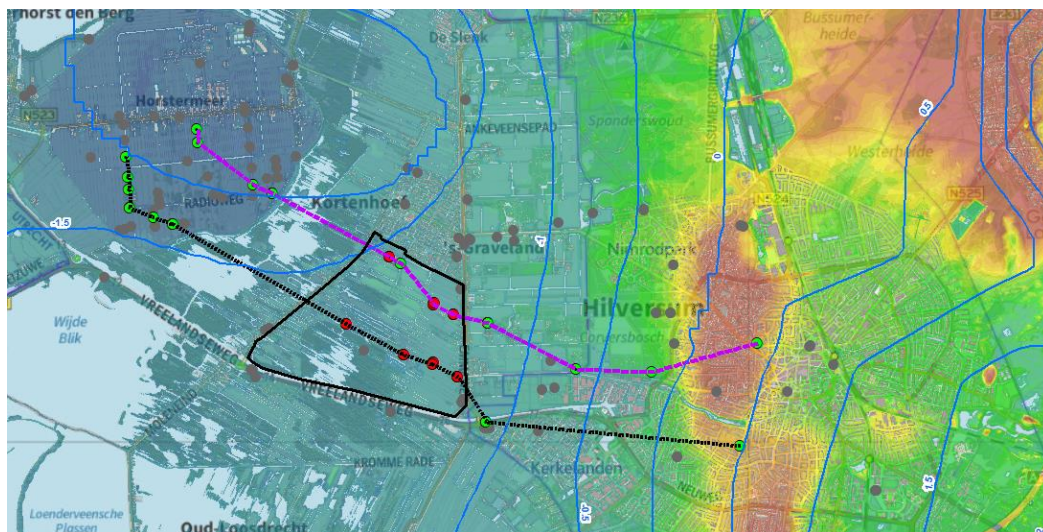
¹ Geologische Dienst Nederland, onderdeel TNO, Grondwatertools, bereikbaar via: <https://www.grondwatertools.nl/gwsinbeeld/>, geraadpleegd op 14 april 2022.

Heuvelrug (die naar het oosten wegdippen) hierin ook nog een rol. Door de relatief beperkte opbolling is de kweldruk richting Kortenhoef Oost ook beperkt. Het verhang is circa 1,7 m over 3 km (circa 5 cm per 100 m).

Afbeelding 4.10 Isohyphen stijghoogte in Boxel/Kreftenheye zanden



Afbeelding 4.11 Isohyphenpatroon 'Isohyphen - WVP1 28-04-1995', uit REGIS

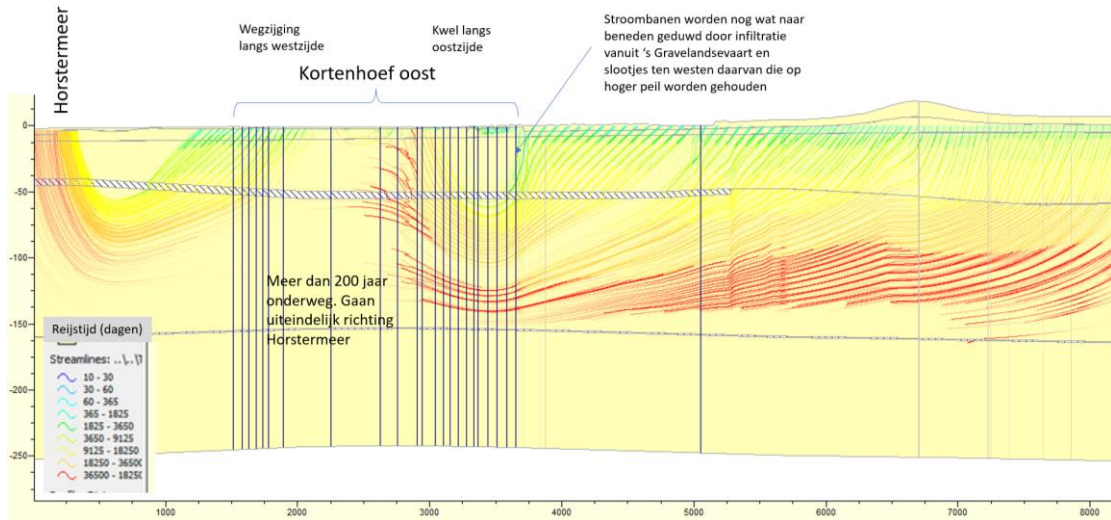


In de studie die RHDHV (2022) heeft uitgevoerd voor Kortenhoef Oost is een stroombaananalyse opgesteld met het grondwatermodel. De stroombaananalyse is weergegeven in afbeelding 4.12. Hierin zijn de hierboven beschreven aspecten ook terug te zien:

- water dat op de Utrechtse Heuvelrug infiltreert zakt grotendeels naar het 100 m dikke, goed doorlatende zandpakket van de Formatie van Peize, die onder de kleilaag (Wak1) ligt op NAP -50 m. Dit diepe grondwater stroomt vervolgens westwaarts en zal uiteindelijk afgevangen worden in de diep ontwaterde Horstermeerpolder. Dit water komt dus niet in Kortenhoef Oost aan het maaiveld;
- in de 's-Gravelandse Polder infiltreert het grondwater dat mede aangevoerd wordt via het aldaar aanwezige oppervlaktewater. Dit water kwelt vervolgens op in het oosten van Kortenhoef Oost;
- doordat de 's-Gravelandse Vaart en Polder op peil wordt gehouden op een aanzienlijk hoger peil dan de grondwaterstand in de ondergrond (circa 0,5 m hoger), worden ondiepe stroombanen op deze locatie 'weggedrukt'. Dit komt uiteindelijk via een diepere stroming omhoog in het middelloostelijke deel van Kortenhoef Oost. Uit de bodemkartering (paragraaf 3.7.2) volgt dat ook in het verleden zeer

- waarschijnlijk geen kwel is opgetreden in het meest Oostelijke deel van Kortenhoef Oost. De hier aanwezige podzolen zijn ontstaan via eeuwenlange uitloping in een infiltratiesituatie. Dit gedeelte van Kortenhoef Oost (waar ook geen veen aanwezig is) is in feite nog onderdeel van de Utrechtse Heuvelrug;
- ten westen van Kortenhoef Oost speelt de diep ontwaterde Horstermeerpolder een zeer belangrijke rol.

Afbeelding 4.12 Stroombaananalyse uitgevoerd met het grondwatermodel door RHDHV (2022)

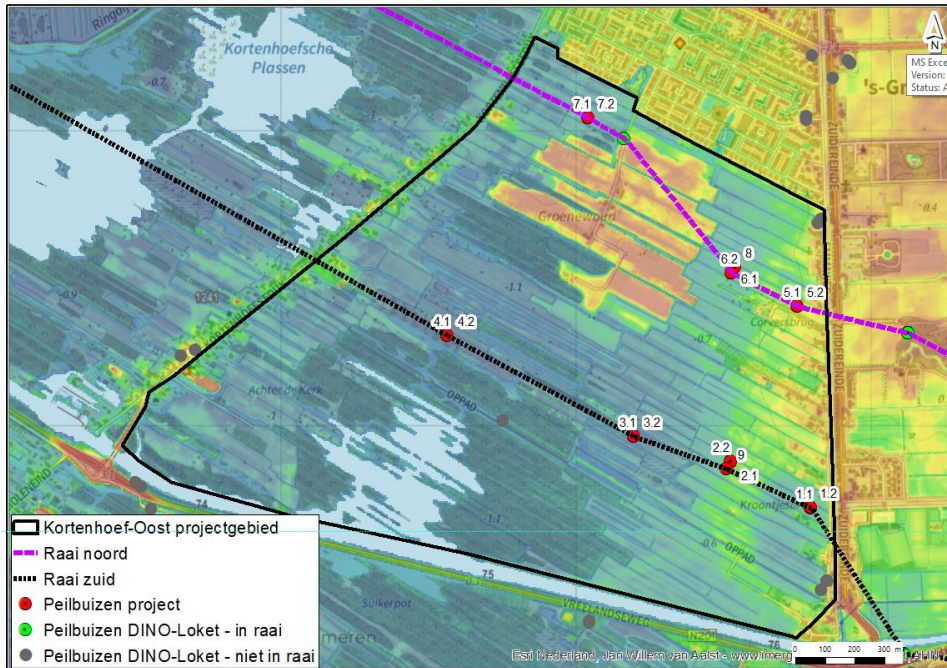


4.3 Lokaal stromingspatroon grondwater

Het lokale stromingspatroon is beschreven aan de hand van de resultaten van de peilbuizen die binnen Kortenhoef Oost zijn geplaatst (zie Afbeelding 4.13 voor de locaties). De meetreeksen van deze peilbuizen zijn gepresenteerd in afbeelding 3.2. De peilbuizen zijn geplaatst in raaien: peilbuizen 1 tot en met 4 in 'raai zuid' en peilbuizen 5 tot en met 7 in 'raai noord'. Deze peilbuizen zijn allemaal afgewerkt met een ondiep filter (in toemaakdek/veen/klei, aangeduid met code '2') en een dieper filter in de zandondergrond (aangeduid met code '1'). Daarnaast zijn er twee peilbuizen met een enkel filter, peilbuis 8 en 9. Deze vormen 'dwarsraaien' om de opbolling in het perceel te kunnen bepalen.

In paragraaf 3.1 is de analyse van de peilbuisreeksen beschreven. De belangrijkste bevindingen op basis van die meetreeksen worden in deze paragraaf beschreven. De resultaten worden beschreven in de context van de regionale geohydrologische situatie zoals die is beschreven in paragraaf 4.2.

Afbeelding 4.13 Locaties peilbuizen binnen Kortenhoef-Oost

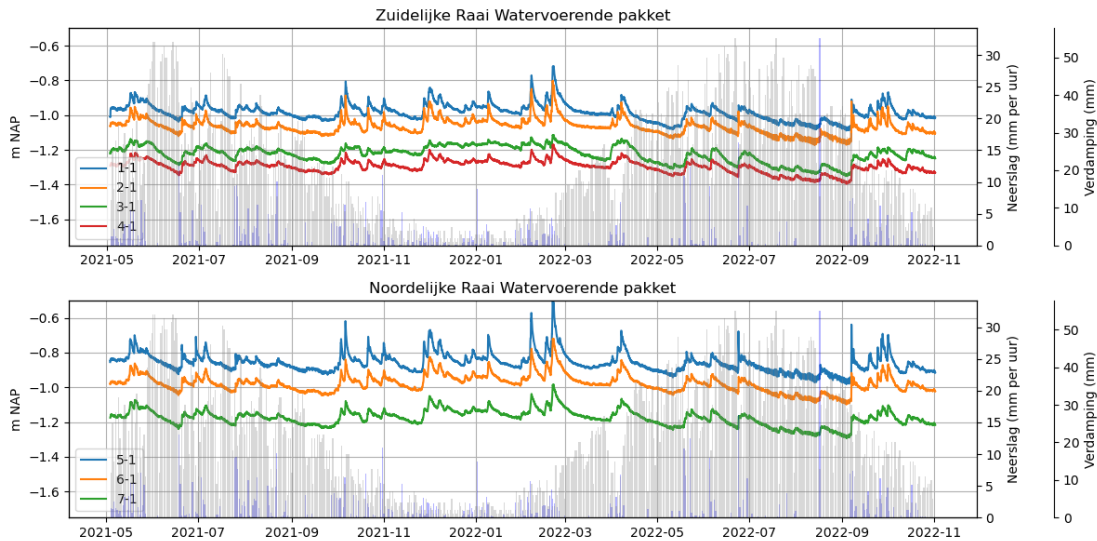


Stijghoogte in de zandondergrond direct onder de deklaag - raai zuid

In raai zuid verloopt de stijghoogtedruk in de zandondergrond (direct onder toemaakdek) gemiddeld van NAP -0,95 m bij peilbuis 1-1, naar gemiddeld NAP -1,05 bij peilbuis 2-1, NAP -1,20 m bij peilbuis 1-3 en NAP -1,30 m bij peilbuis 1-4 (afbeelding 4.14). Deze stijghoogtes komen goed overeen met het isohypsenpatroon dat wordt weergegeven in afbeelding 4.10.

Het niveau van de stijghoogte in de zandondergrond is bij peilbuislocaties 1 en 2 altijd hoger dan het peil in de watergangen. Hier is dus sprake van een drainerende functie van het oppervlaktewatersysteem. De lage slootpeilen in dit oostelijk gelegen gebied leiden er dus toe (a) dat er drainage vanuit de percelen naar de sloten optreedt en (b) dat er vooral in deze sloten kwel zal optreden en minder in de westelijker gelegen (natuur)gebieden. Bij peilbuislocatie 3 is de stijghoogtedruk afwisselend hoger en lager dan het oppervlaktewaterpeil. Hier is er nauwelijks een drukverschil. Bij peilbuislocatie 4 is de stijghoogtedruk altijd lager dan de waterstanden in de watergangen, waardoor hier sprake zal zijn van infiltratie vanuit het watersysteem de bodems in. Hier zullen basenrijke condities vrijwel alleen langs de sloten voorkomen, behalve op enkele plekken waar sprake is van kwel aan het maaiveld als gevolg van aanwezige zandruggen.

Afbeelding 4.14 Peilbuismetingen met filter in zandondergrond - raai zuid (boven) en raai noord (onder)



Stijghoogte in de zandondergrond direct onder de deklaag - raai noord

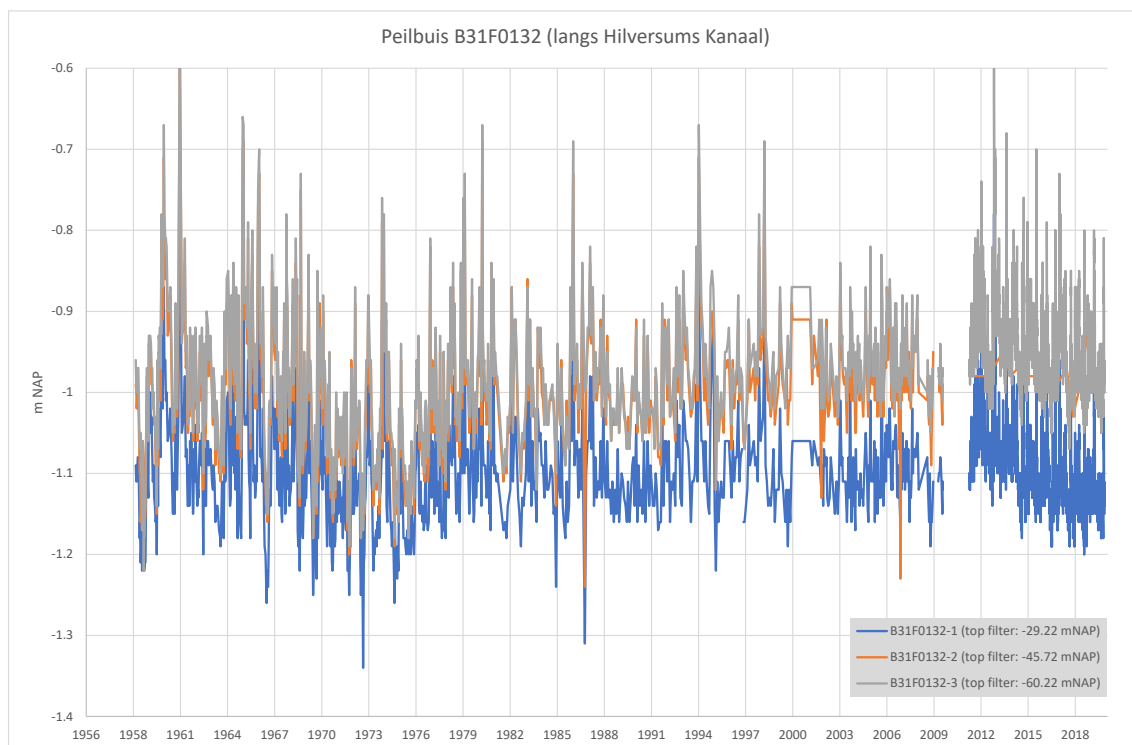
In raai noord verloopt de stijghoogtedruk in de zandondergrond in een gemiddelde situatie van circa NAP - 0,85 bij locatie 5, naar NAP -1 m bij locatie 6 en circa NAP -1,15 m bij locatie 7 (afbeelding 4.14). Ook deze stijghoogtes komen redelijk overeen met het isohypsenpatroon dat wordt weergegeven in afbeelding 4.10.

Bij alle locaties is de stijghoogtedruk in de zandondergrond in de gemiddelde situatie hoger dan het peil in het oppervlaktewatersysteem. Oftewel, er is een drainerende werking van het oppervlaktewatersysteem bij deze locaties. Bij de meest westelijk gelegen peilbuis 7 zakt de stijghoogtedruk in droge perioden onder het peil van het oppervlaktewatersysteem, waardoor op die momenten water uit de watergangen kan infiltreren in de bodems. Dit zijn echter zeer kortdurende momenten waarop het de vraag is of het peil in de watergangen op NAP -1,22 m gehandhaafd wordt of dat dit ook wat uitzakt.

Stijghoogte direct onder de deklaag versus de stijghoogte op grotere diepte

De stijghoogte in de zandondergrond direct onder de deklaag varieert binnen Kortenhoef Oost dus tussen NAP -0,75 m tot NAP -1,3 m (afbeelding 4.14). Er is tevens gekeken hoe deze stijghoogtes zich verhouden tot diepere stijghoogtes in peilbuis B31F0132 (afbeeldingen 4.15). Uit deze gegevens blijkt dat de stijghoogtedruk onder de Waalre kleilaag (filters 2 en 3 van deze peilbuis) hoger is dan die erboven (filter 1) met een verschil van gemiddeld circa 15 cm. Dit houdt in dat er op de gemeten locaties een opwaartse grondwaterstroming is door de Waalre-klei heen.

Afbeelding 4.15 Langjarige meetreeks stijghoogte langs Hilversums Kanaal, ten zuidoosten van Kortenhoef-Oost. Filter 1 (blauw) ligt ruim boven de Waalre klei op NAP -29,22 m, filter 2 (oranje) en 3 (grijs) liggen onder de Waalre klei op respectievelijk NAP -45,72 m en NAP -60,22 m



Freatische grondwaterstand en kwel/wegzijing

Op basis van de meetreeksen van de ondiepe en diepere filters van de peilbuizen is afgeleid of er sprake is van een kwel of wegzijgings situatie op de locaties waar peilbuizen staan. In de studie die is uitgevoerd door RHDHV (2022) is dit gepresenteerd (zie afbeelding 4.16). Voor elke peilbuis is gekeken of de stijghoogtedruk in de zandondergrond hoger of lager ligt dan de freatische grondwaterstand in de deklaag.

Peilbuislocatie 1

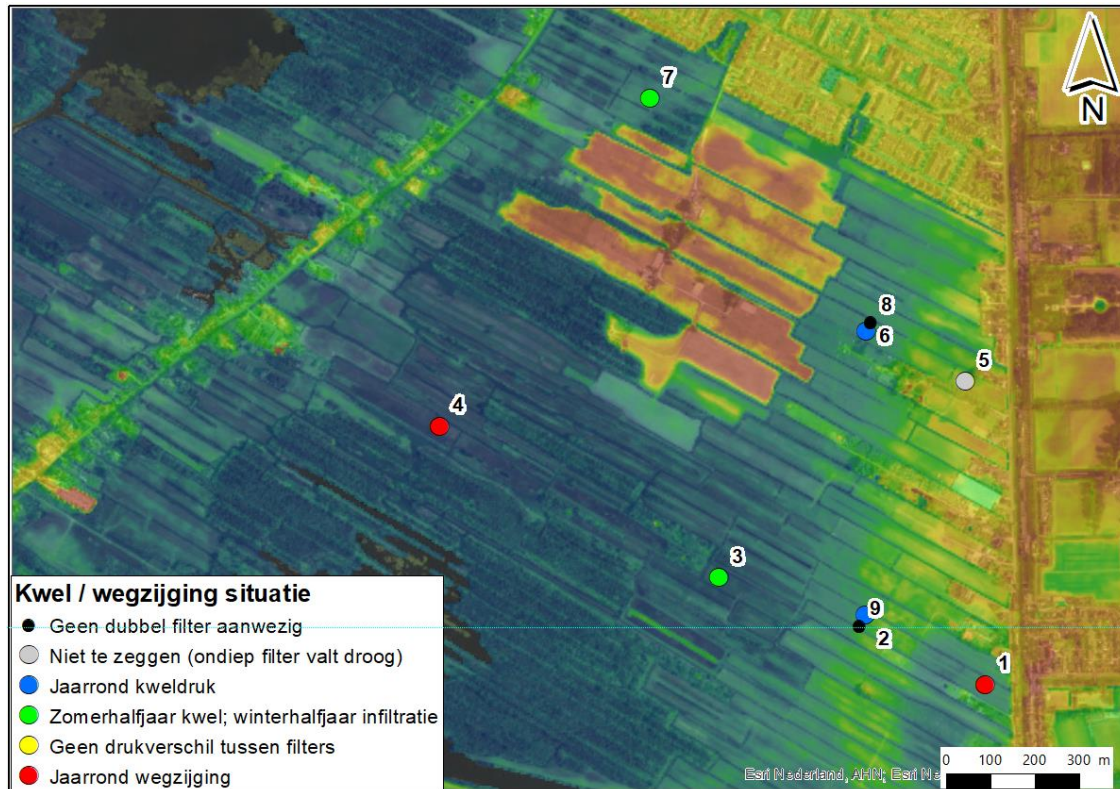
Afbeelding 4.17 toont de informatie van peilbuislocatie 1. De meetreeks met alle meetdata tot en met medio april 2022 zijn getoond. De statistieken over de gehele meetperiode (mei 2021 - medio april 2022) zijn rechts getoond. De 93 % waarde geeft een indicatie van een hoge grondwaterstand (winterperiode), terwijl de 7 % waarde een indicatie geeft van een lage grondwaterstand (zomerperiode). Omdat 2021 een natte zomer kende, is dit geen indicatie voor de GLG.

Bij peilbuislocatie 1 laat het boorprofiel zien dat er geen veenlaag aanwezig is (afbeelding 4.17), alhoewel er in de zeer nabije omgeving wel enkele moerpodzolgronden zijn aangetroffen (afbeelding 3.18). Het hele boorprofiel bij de peilbuis bestond echter uit zand. In het ondiepe filter (1-2) ligt de grondwaterstand de gehele meetperiode circa 5 cm boven de stijghoogtedruk in het diepere filter (1-1). Er is hier dus jaarrond sprake van wegzijging. Afgaande op de aanwezige podzolen in dit gebied (zie paragraaf 3.7.2), is deze situatie vermoedelijk al eeuwen aanwezig, alhoewel de aanwezigheid van een moerige (venige) tussenlaag in de hier aanwezige moerpodzolgronden wel aangeeft dat er hier (in een lokaal kommetje tussen de zandrug en het kanaal) ook zeer natte periodes zijn geweest waarin zich een veenlaagje heeft kunnen ontwikkelen.

De grondwaterstand bevindt zich in de peilbuis dicht onder maaiveld, gemiddeld circa 11 cm in het ondiepe filter (afbeelding 4.17). In natte perioden komt zowel de freatische grondwaterstand als de stijghoogte in de zandondergrond boven maaiveld. Het niveau van het grondwater ligt gemiddeld ongeveer 30 cm boven het peil in de watergangen (NAP -1,22 m). Ook in droge perioden (aangegeven met de 7 %-waarde) ligt het niveau van het freatisch grondwater nog circa 25 cm boven het peil in de watergangen. De watergangen werken hier dus jaarrond drainerend: ze voeren grondwater af. Het is hierbij opvallend dat de

grondwaterstand ook in de zomerperiode nog opbolling laat zien ten opzichte van het slootpeil. Het bemeten jaar (2021) kende wel een natte zomer, wat een verklaring hiervoor kan zijn. Andere mogelijke verklaring voor het niet uitzakken van de grondwaterstand op deze locatie is dat de grondwaterstand onder invloed is van het regionale niveau (zie ook dwarsprofielen volgende paragraaf). Een langere meetreeks (inclusief een drogere zomer) kan hier uitsluitsel over geven.

Afbeelding 4.16 Kwel/wegzijing per peilbuis



Peilbuislocatie 2 en 9

Bij peilbuizen 2 en 9 is, evenals bij peilbuislocatie 1, geen veenlaag aangetroffen maar een zandig profiel (afbeelding 4.18; boorprofiel 9 is niet getoond, maar die is zeer vergelijkbaar met profiel 2-2). De meetreeks van peilbuis 2 laat een klein drukverschil (circa 3 cm) zien tussen het ondiepe (2-2) en diepere (2-1) filter met de grootste druk in het diepere filter. Dit drukverschil is vrij constant gedurende het jaar: er is dus een jaarronde kleine kweldruk.

De grondwaterstand ligt bij peilbuislocatie 2 een stuk dieper (circa 0,5 m onder maaiveld) dan bij peilbuislocatie 1. De peilbuis ligt ook iets hoger in het landschap (circa 30 cm hoger) dan locatie 1 (afbeelding 4.18). Het is duidelijk terug te zien in het maaiveldpatroon dat hier een 'rug' in het landschap ligt. Zowel bij peilbuislocatie 2 als 9 ligt de grondwaterstand in alle filters jaarrond iets boven het peil van de watergangen (NAP -1,22 m), waardoor de watergang drainerend werkt. Ook in droge perioden (aangegeven met de 7 %-waarde) ligt het niveau van het freatisch grondwater nog circa 10 cm boven het peil in de watergangen. De watergangen werken hier dus jaarrond drainerend: ze voeren grondwater af.

Peilbuislocatie 3

Bij peilbuislocatie 3 is een veenlaag aangetroffen van circa 1 m dikte (afbeelding 4.19). De meetreeks van het ondiepe filter (3-2) en het diepe filter (3-1) laten zien dat er in de zomerperiode sprake is van een opwaartse flux. De stijghoogtedruk in het zandpakket is dan hoger dan de freatische grondwaterstand in de veenlaag. Rond medio oktober is de richting van deze druk omgedraaid: het niveau van de freatische grondwaterstand stijgt dan tot boven het niveau van de stijghoogtedruk. Het verschil is overigens klein: zowel in de winter als in de zomer is dit ongeveer 2 cm.

De grondwaterstand ligt bij peilbuislocatie 3 een stuk hoger dan bij peilbuislocatie 2. De grondwaterstand ligt 10 - 20 cm onder het maaiveld. Het grondwater zou hier dus de wortelzone kunnen bereiken. Zowel de grondwaterstand als de stijghoogte bevinden zich rond het niveau van het oppervlaktewaterpeil. In de winter is het niveau van het grondwater nog iets hoger, en werken de watergangen drainerend. In de zomer is het niveau van het grondwater lager, en hebben de watergangen een potentieel voedende werking. Wanneer de slootpeilen wat verhoogd zouden kunnen worden, zou hier dus sprake kunnen zijn van een zwak kwelgebied.

Peilbuislocatie 4

Peilbuislocatie 4 is een (zeer) natte locatie, waar in het winterhalfjaar eigenlijk continu sprake is van inundatie (afbeelding 4.20). Wanneer ervan uit wordt gegaan dat de huidige meetreeks klopt, dan kan worden geconcludeerd dat de stijghoogte in de zandondergrond altijd lager is dan de freatische grondwaterstand op deze locatie (afbeelding 4.20). De freatische grondwaterstand in de veenlaag is continue circa 10 à 15 cm hoger dan de stijghoogtedruk in de zandondergrond. Er is hier dus in tegenstelling tot bij peilbuislocatie 3 sprake van een jaarronde wegzijging. In het verleden is op dit perceel overigens zeer waarschijnlijk wel sprake geweest van kwel, aangezien verschillende boringen op dit perceel laten zien dat er in de ondergrond sprake is van holpijpeveen (zie tevens Jansen 2020). In de buurt is op enkele locaties ook nu vermoedelijk nog kwel aan maaiveld (zie de prikstokmetingen in paragraaf 3.3.2 en de grondwaterkwaliteit bij locatie 10 in paragraaf 3.4.2), maar in het grootste deel van dit gebied is er geen sprake van kwel.

Peilbuislocatie 5

Van deze peilbuislocatie is weinig te zeggen over de kwel- of infiltratiesituatie, omdat het ondiepe filter droogvalt (afbeelding 4.21). De grondwaterstand ligt hier relatief diep onder maaiveld (circa 90 cm). De grondwaterstand ligt hier gemiddeld bijna 40 cm boven de oppervlaktewaterstand, wat indiceert dat de sloten dus jaarrond draineren: ze voeren grondwater af.

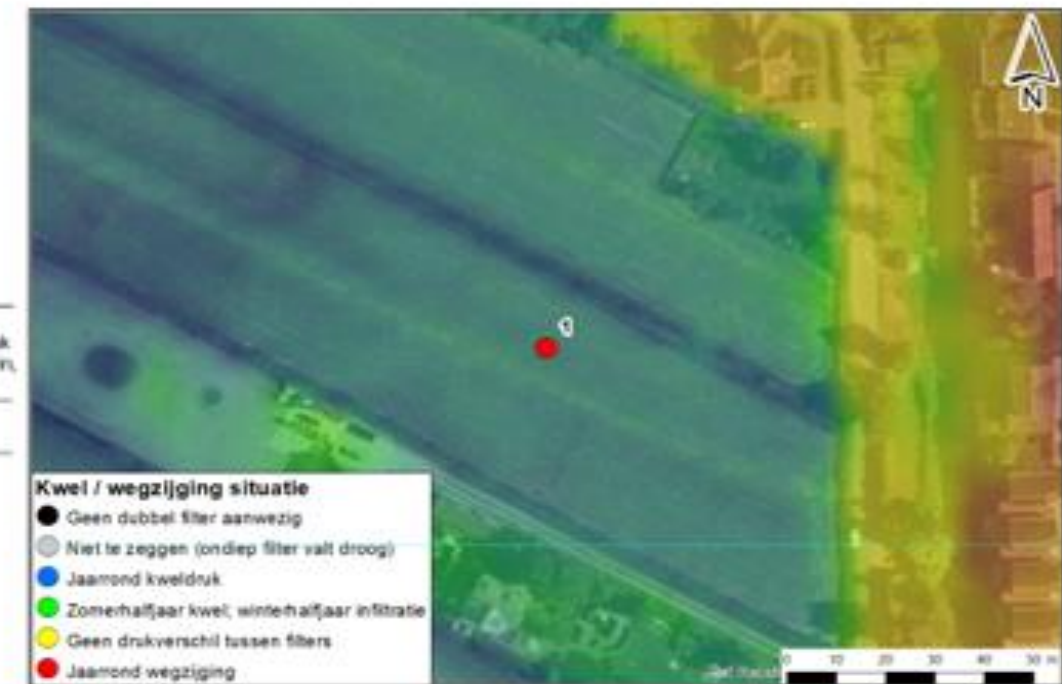
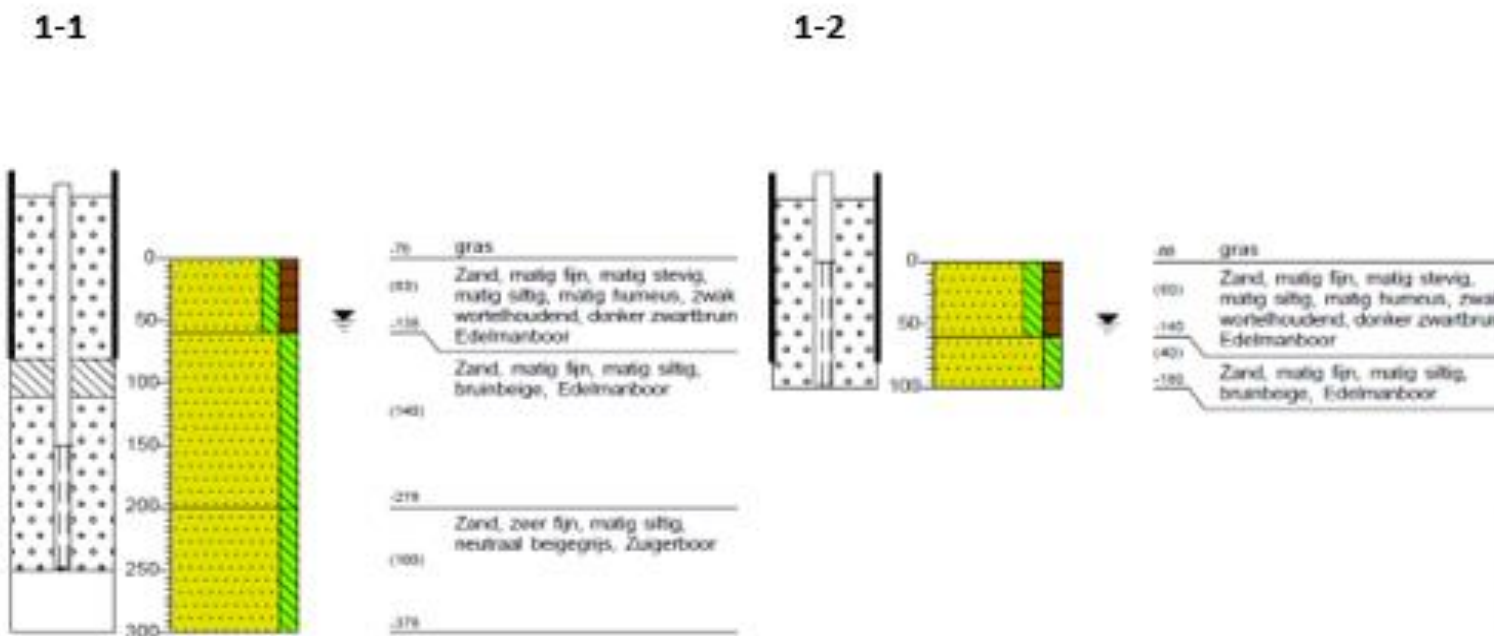
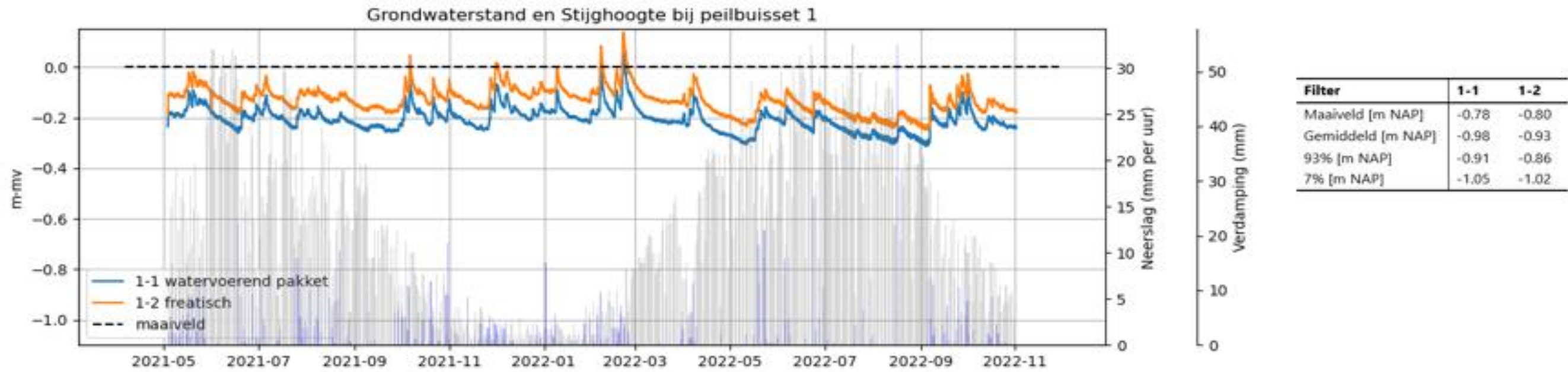
Peilbuislocatie 6 en 8

Bij peilbuislocatie 6, die landschappelijk gezien ongeveer op dezelfde plek ligt als peilbuislocatie 3, is jaarrond sprake van een hogere druk in de zandondergrond dan in het ondiepere filter (afbeelding 4.22). Er is geen veenlaag aangetroffen, maar toch is er een verschil tussen de grondwaterstand in het ondiepe filter (6-2) en het diepere filter (6-1). Dit verschil is het grootst in de zomerperiode: circa 30 cm. Er zal dan sprake zijn van kwel vanuit de zandondergrond richting de deklaag. In de winterperiode is het verschil aanzienlijk kleiner: circa 3 cm. In drogere periodes zakt de freatische grondwaterstand in deze peilbuis uit tot 0,5 - 0,6 m onder maaiveld. Dit niveau ligt net onder het niveau van het oppervlaktewaterpeil (circa 10 cm er onder). Hoewel er sprake is van een kweldruk komt dit water dus niet in de wortelzone, doordat het oppervlaktepeil beduidend lager ligt (circa 50 cm) dan het maaiveld. Oftewel, de sloten vangen op deze locatie duidelijk de kwel af. Als de oppervlaktepeilen voldoende verhoogd zouden kunnen worden zou dit kunnen leiden tot zwakke kwel aan het maaiveld.

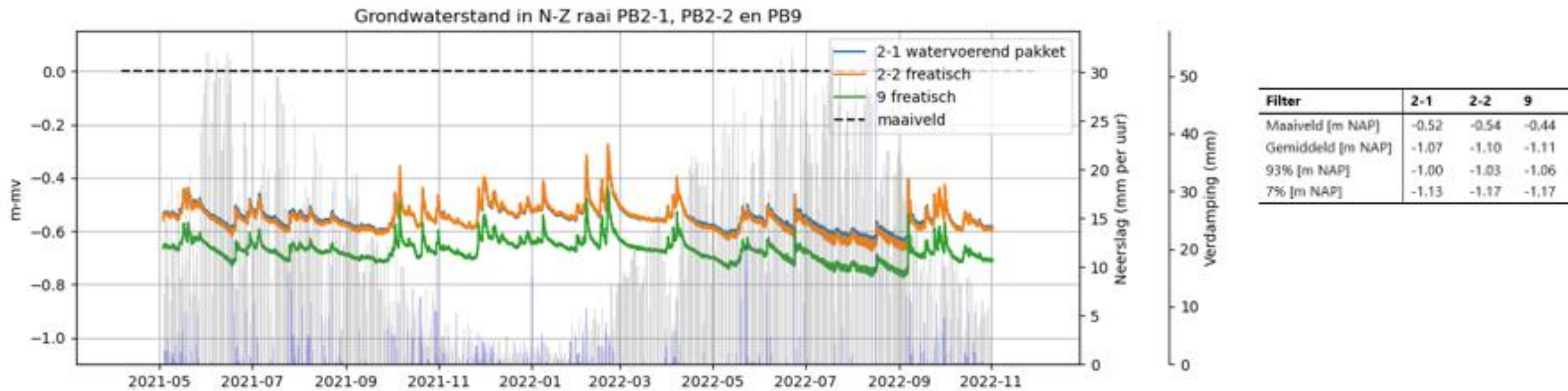
Peilbuislocatie 7

Aan de westkant van Groenewoud wordt in tegenstelling tot peilbuislocatie 6 geen jaarronde kweldruk gemeten (afbeelding 4.23). Hier is alleen in de zomer nog sprake van een kweldruk, en in die periode is er niet continue een opwaartse druk: net na neerslag stijgt de freatische grondwaterstand tot boven het niveau van de stijghoogtedruk in het diepere filter. Ondanks de kweldruk in de zomer zakt de grondwaterstand wel flink uit in de zomer. Evenals bij peilbuislocatie 6 geldt dus dat hier wel sprake is van een kweldruk (in de zomer) maar dat het basenrijke kwelwater op de meeste locaties dus niet in de wortelzone komt, doordat het oppervlaktepeil beduidend lager ligt (circa 50 cm) dan het maaiveld. Oorspronkelijk (bij hogere oppervlaktewaterstanden) kan hier dus wel sprake zijn geweest van een kwelsituatie.

Afbeelding 4.17 Informatie peilbuislocatie 1. De blauwe lijn (1-1) geeft de waarden voor de diepe filter en de oranje lijn (1-2) voor de ondiepe filter. Links onderin de afbeelding is links de vulling van de filter zichtbaar en rechts het bodemprofiel

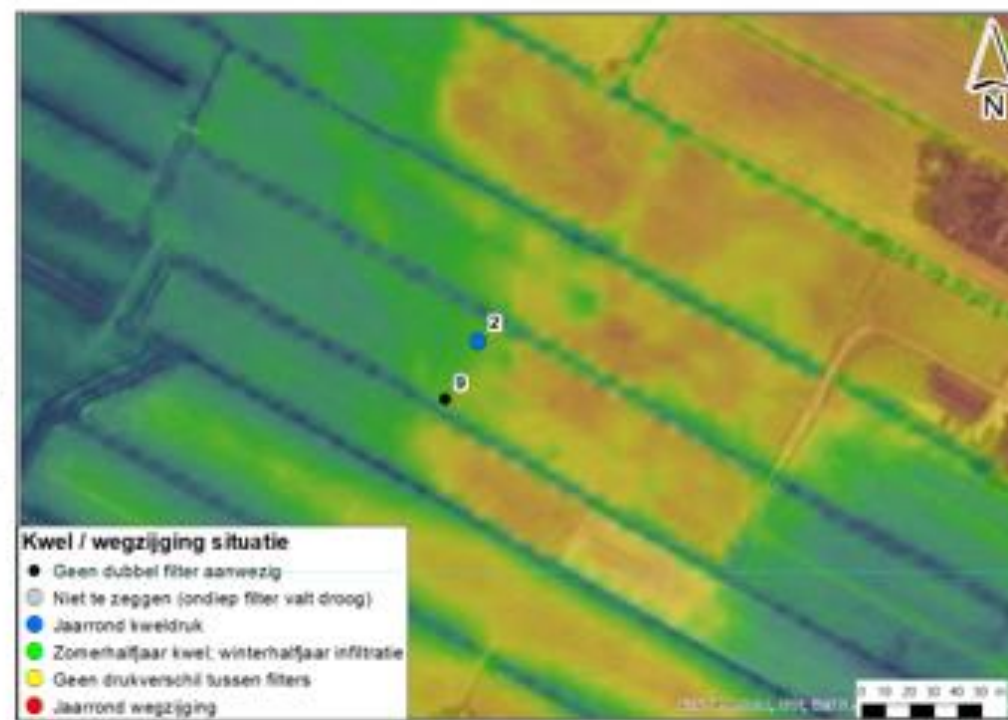
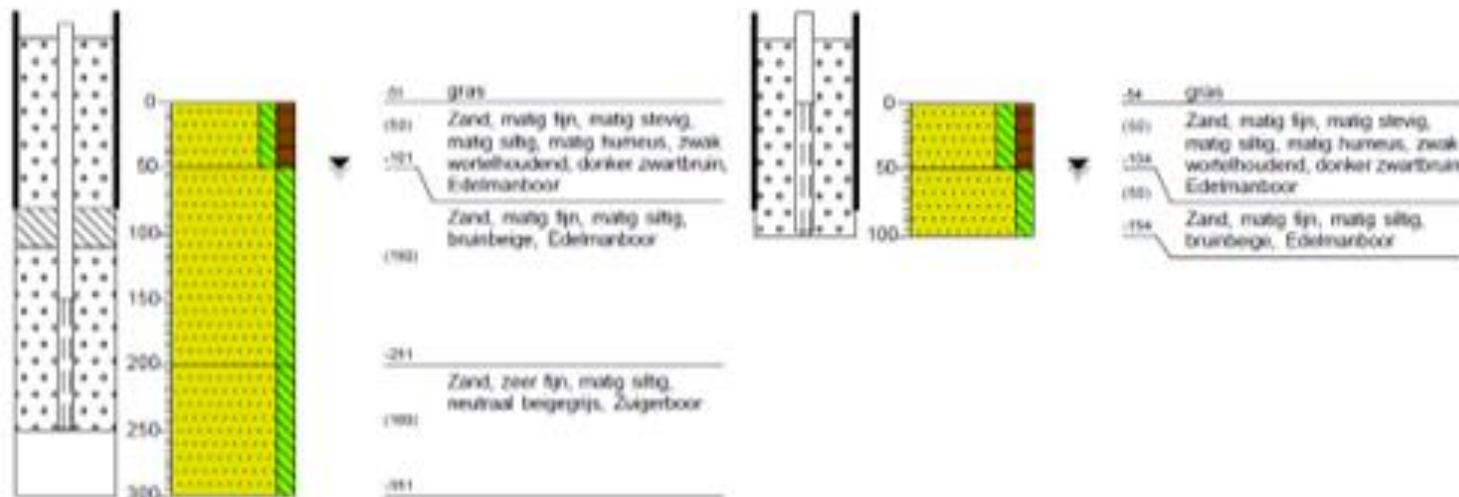


Afbeelding 4.18 Informatie peilbuislocaties 2 en 9. De blauwe lijn (2-1) geeft de waarden voor de diepe filter en de oranje lijn (2-2) voor de ondiepe filter. De groene lijn (9) komt overeen met het ondiepe filter nabij de sloot. links onderin de afbeelding is links de vulling van de filter zichtbaar en rechts het bodemprofiel.

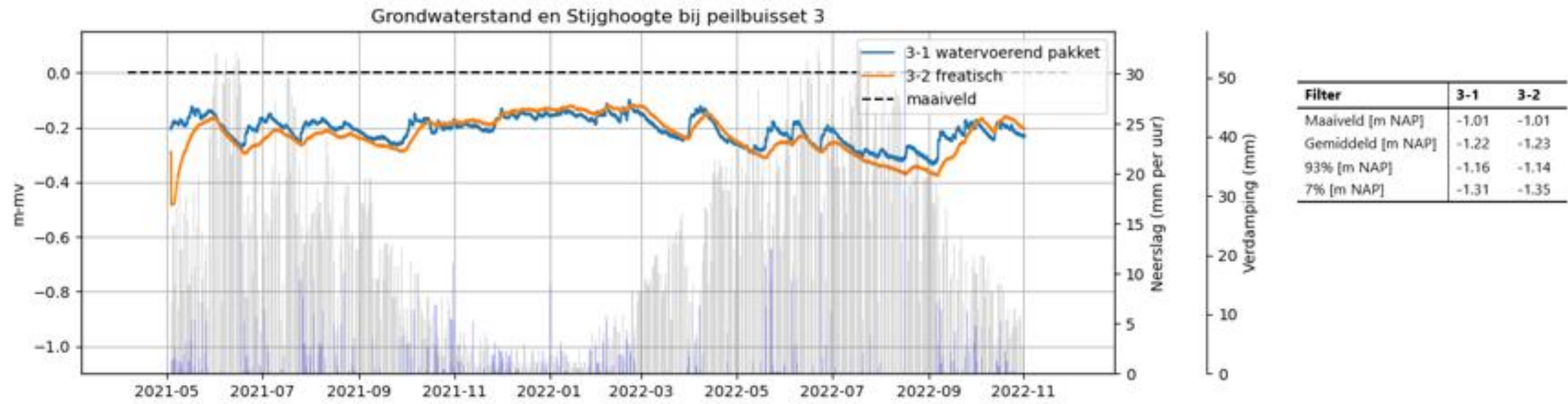


2-1

2-2

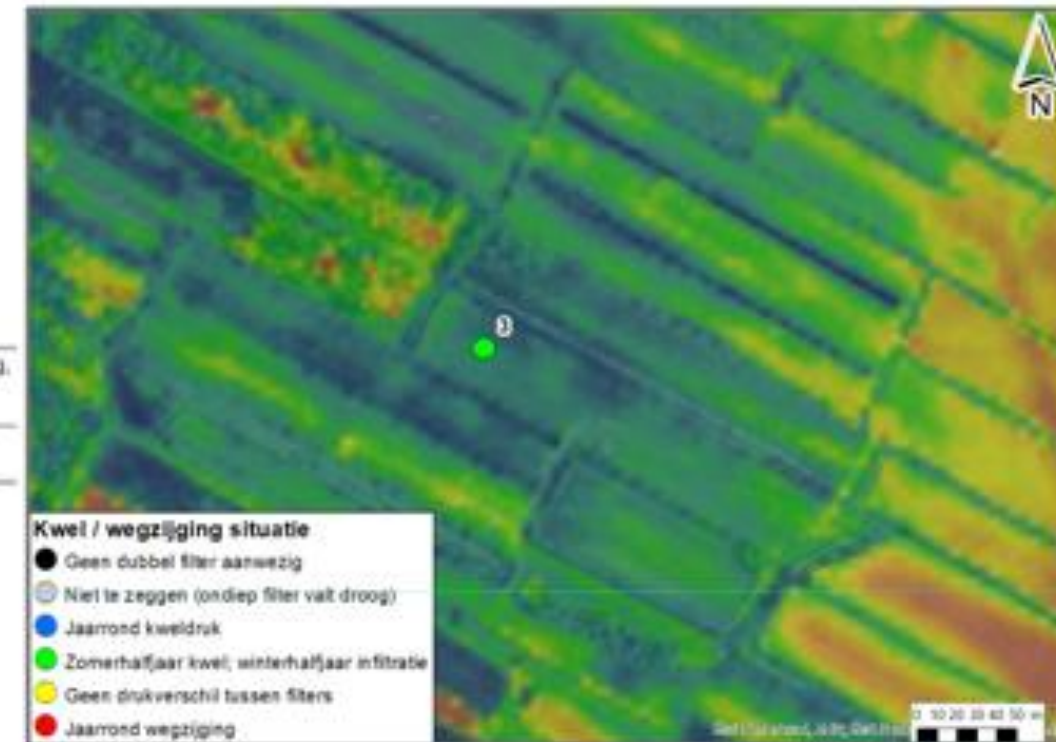
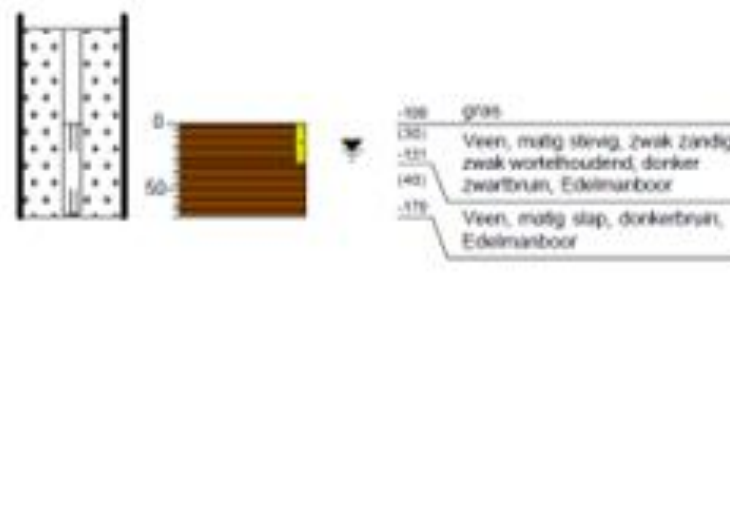
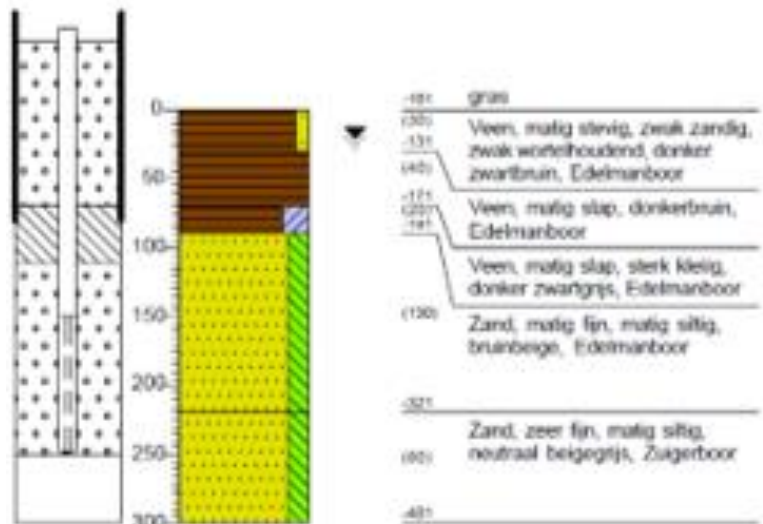


Afbeelding 4.19 Informatie peilbuislocatie 3. De blauwe lijn (3-1) geeft de waarden voor de diepe filter en de oranje lijn (3-2) voor de ondiepe filter. Links onderin de afbeelding is links de vulling van de filter zichtbaar en rechts het bodemprofiel

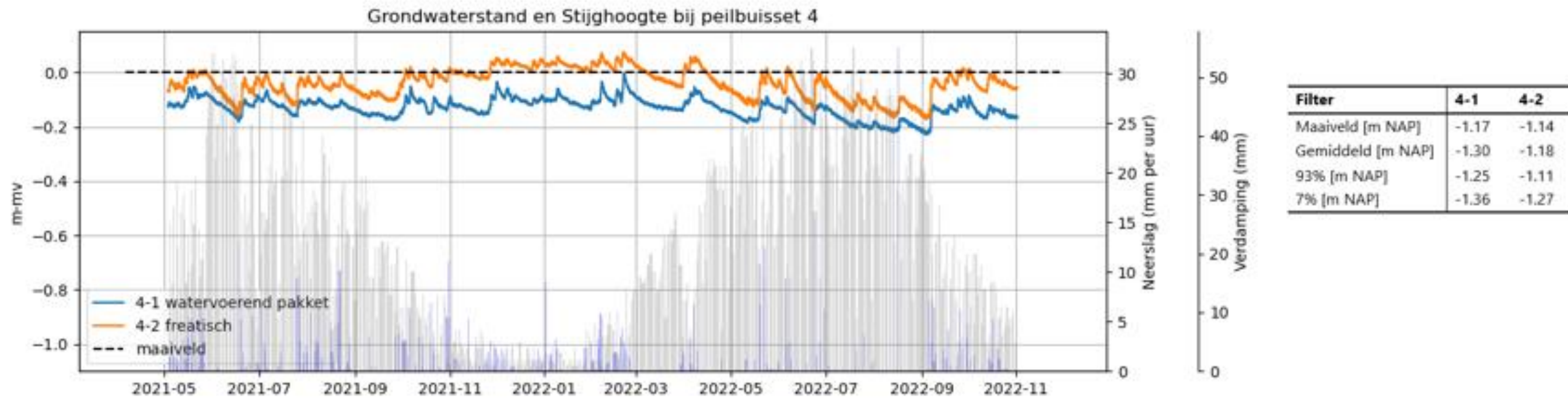


3-1

3-2

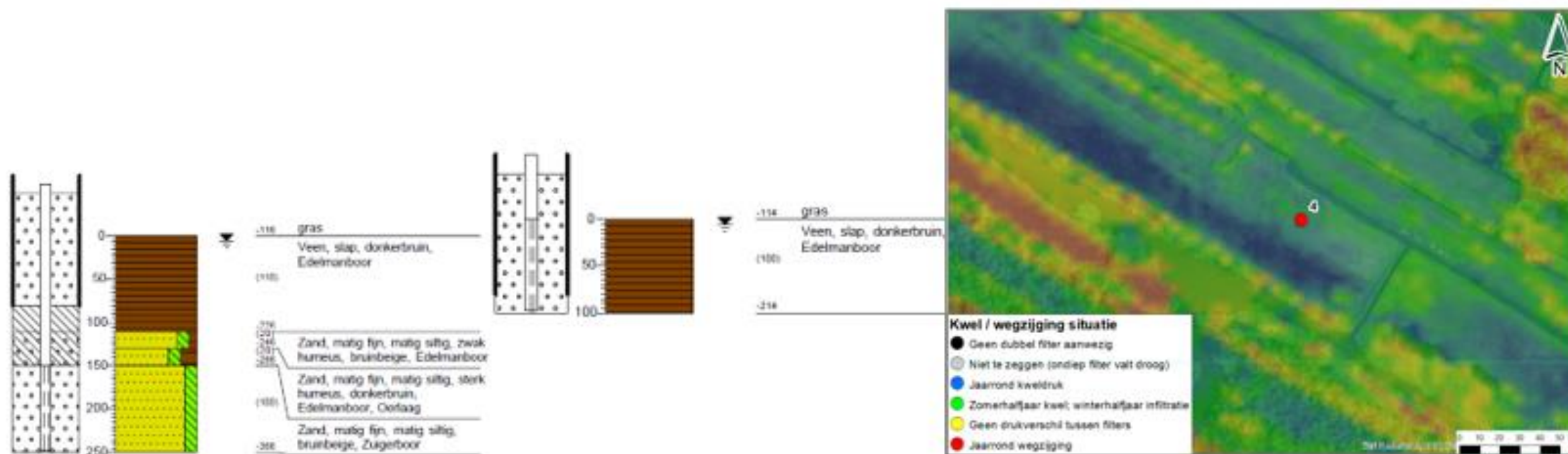


Afbeelding 4.20 Informatie peilbuislocatie 4. De blauwe lijn (4-1) geeft de waarden voor de diepe filter en de oranje lijn (4-2) voor de ondiepe filter. Links onderin de afbeelding is links de vulling van de filter zichtbaar en rechts het bodemprofiel

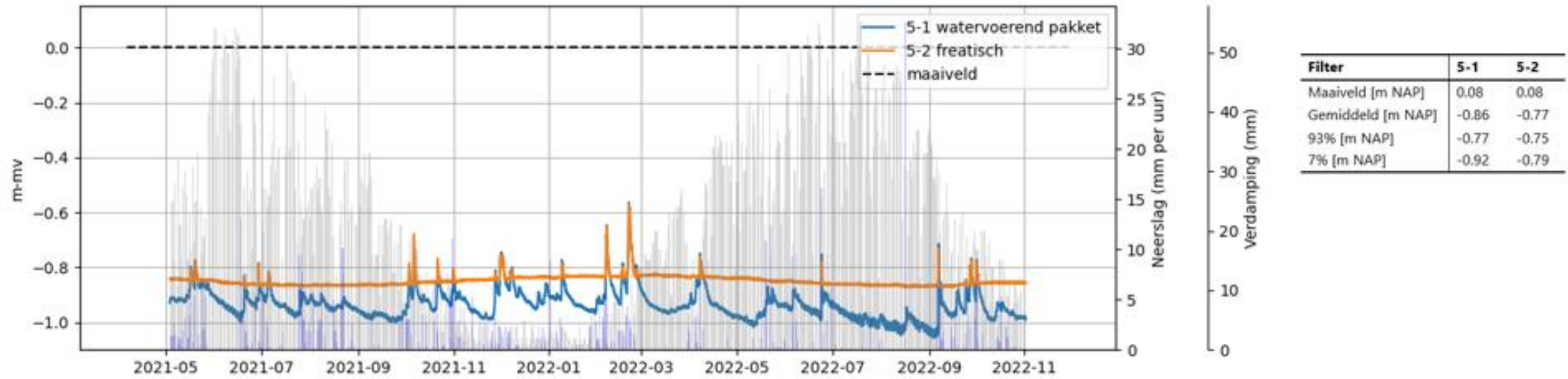


4-1

4-2

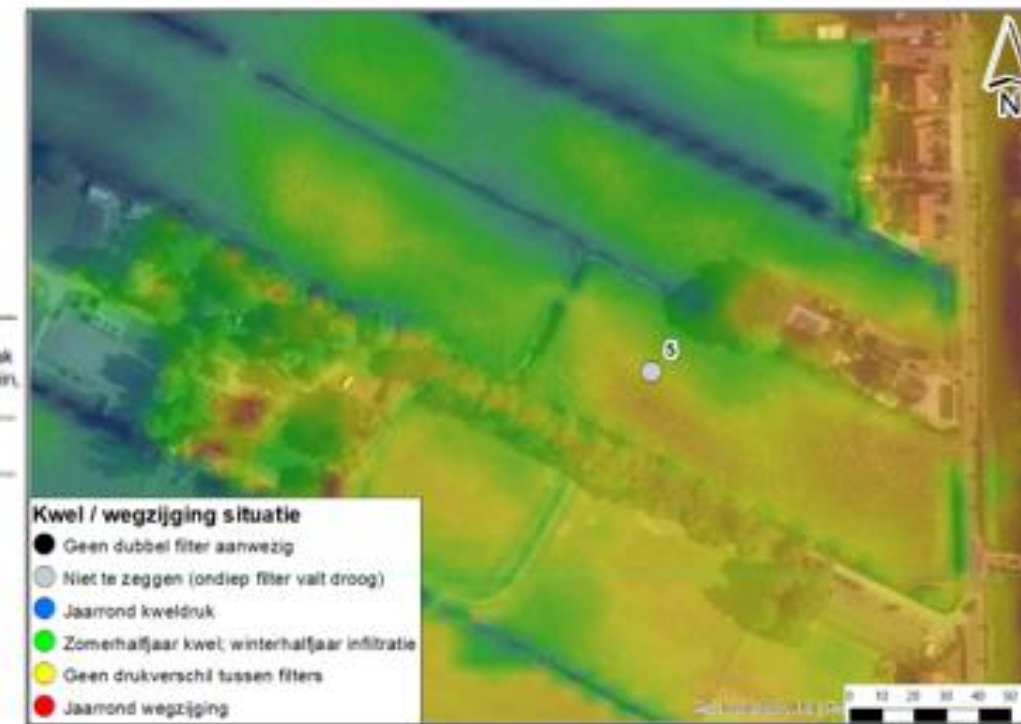
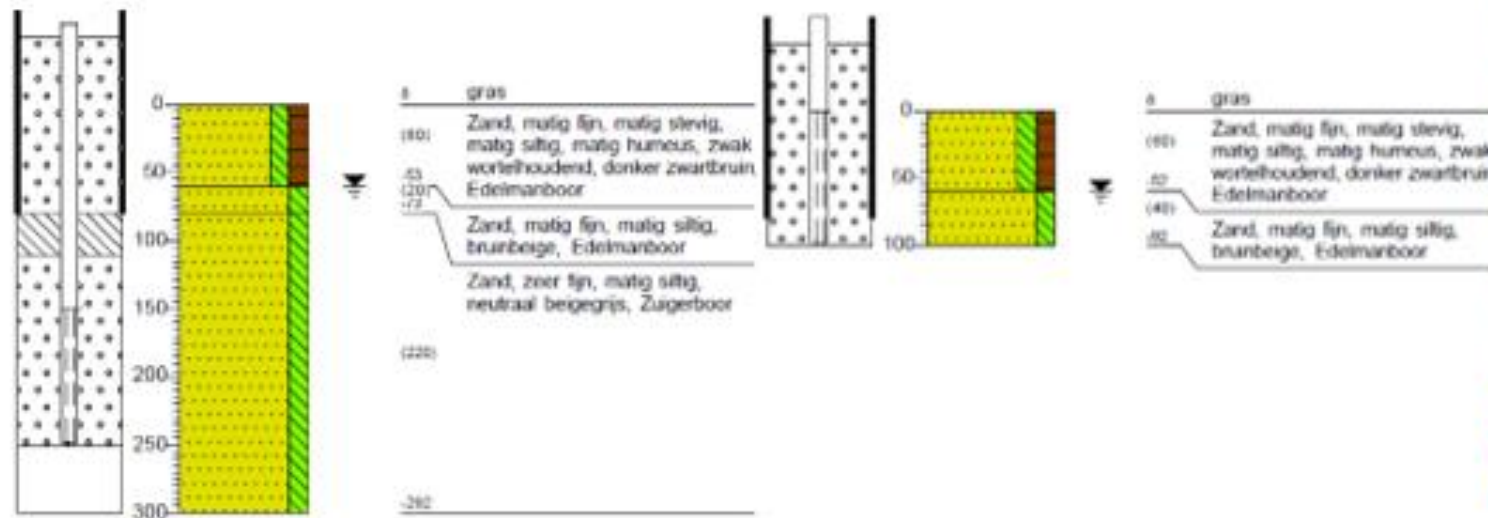


Afbeelding 4.21 Informatie peilbuislocatie 5. De blauwe lijn (5-1) geeft de waarden voor de diepe filter en de oranje lijn (5-2) voor de ondiepe filter. Links onderin de afbeelding is links de vulling van de filter zichtbaar en rechts het bodemprofiel

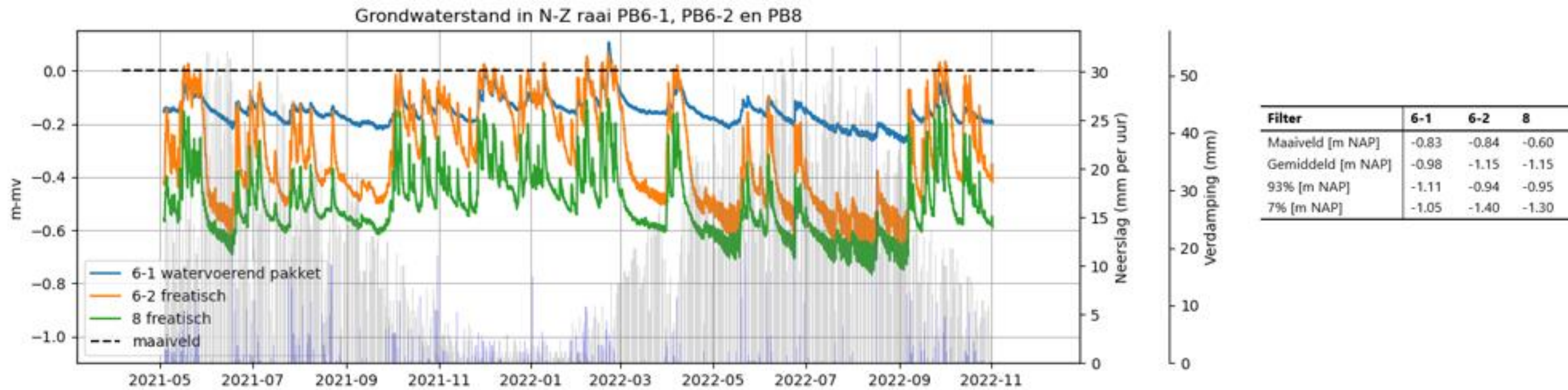


5-1

5-2

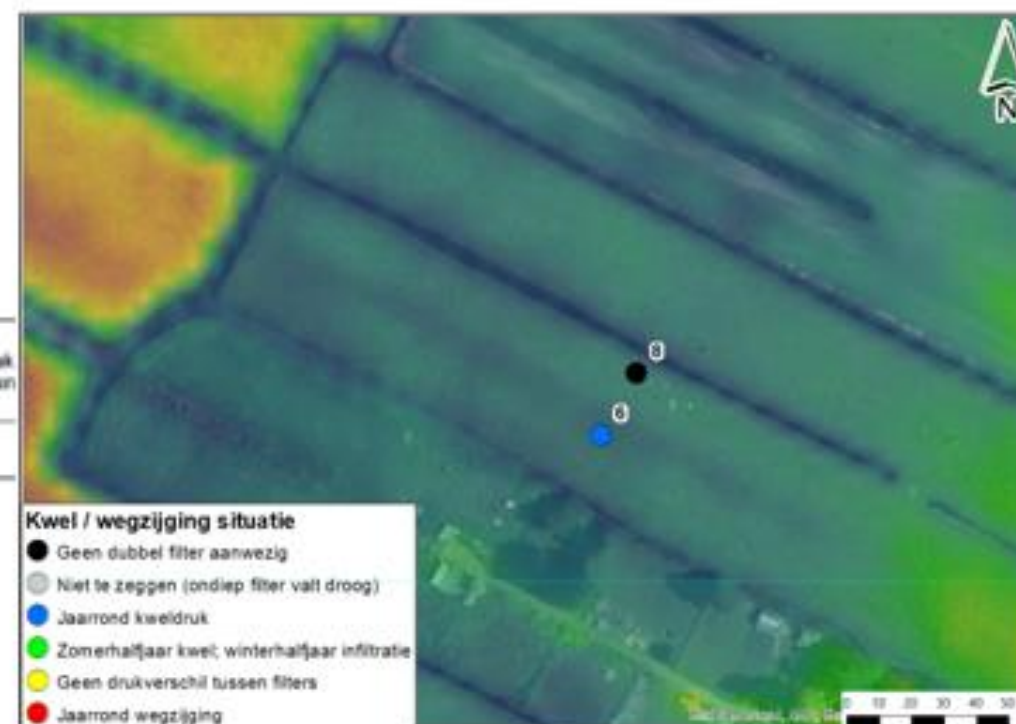
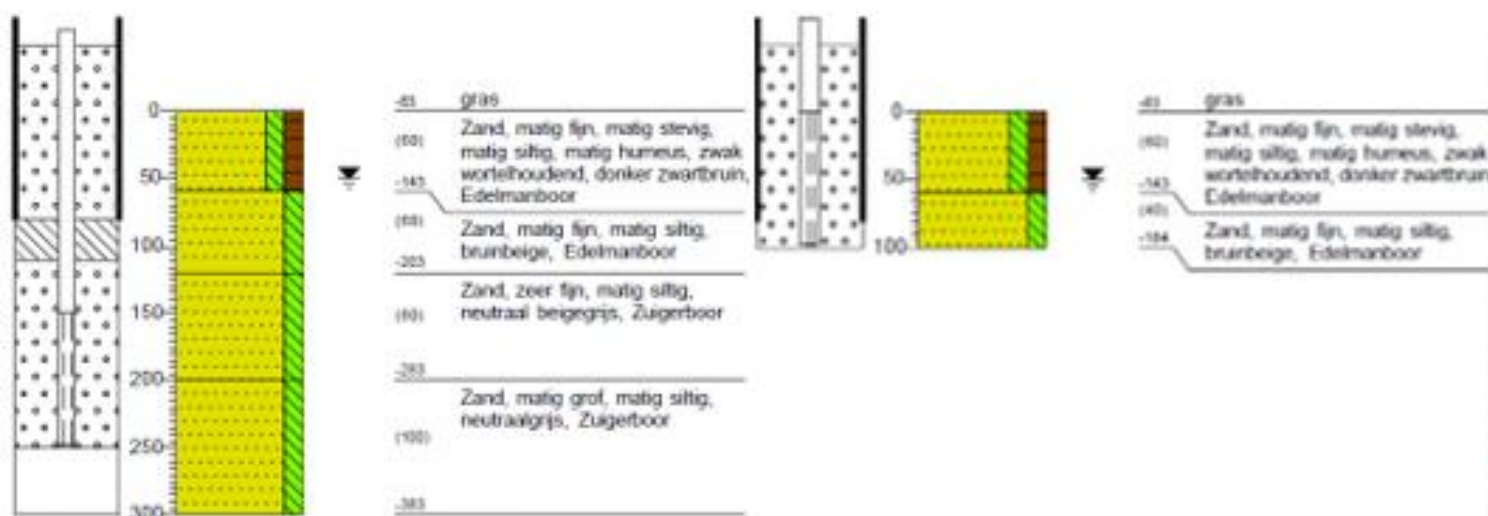


Afbeelding 4.22 Informatie peilbuislocatie 6 en 8. De blauwe lijn (6-1) geeft de waarden voor de diepe filter en de oranje lijn (6-2) voor de ondiepe filter. De groene lijn (8) komt overeen met het ondiepe filter nabij de sloot. Links onderin de afbeelding is links de vulling van de filter zichtbaar en rechts het bodemprofiel

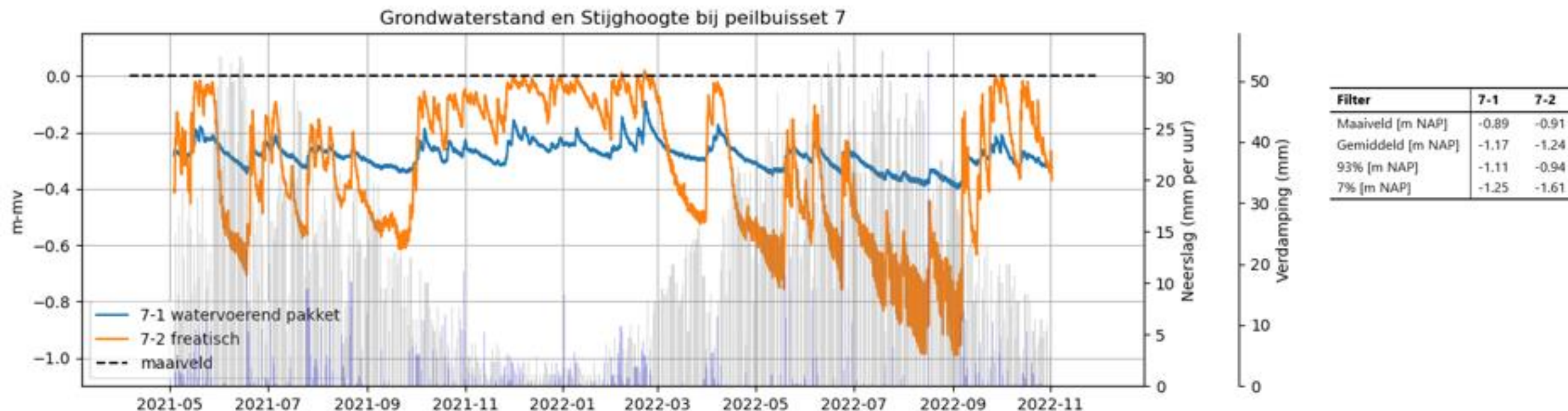


6-1

6-2

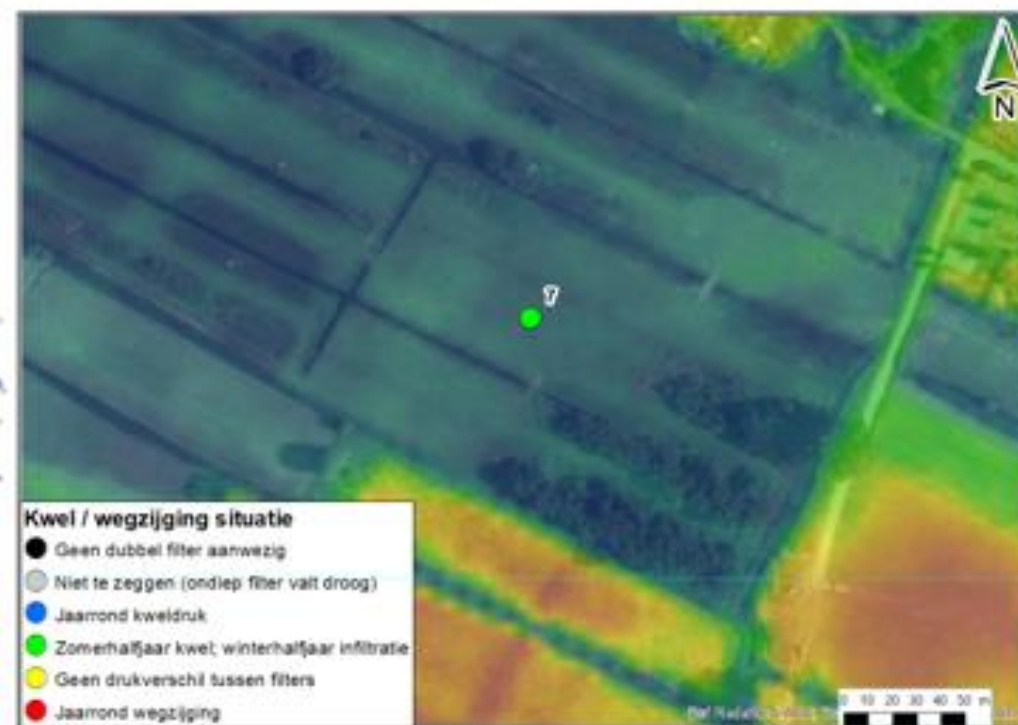
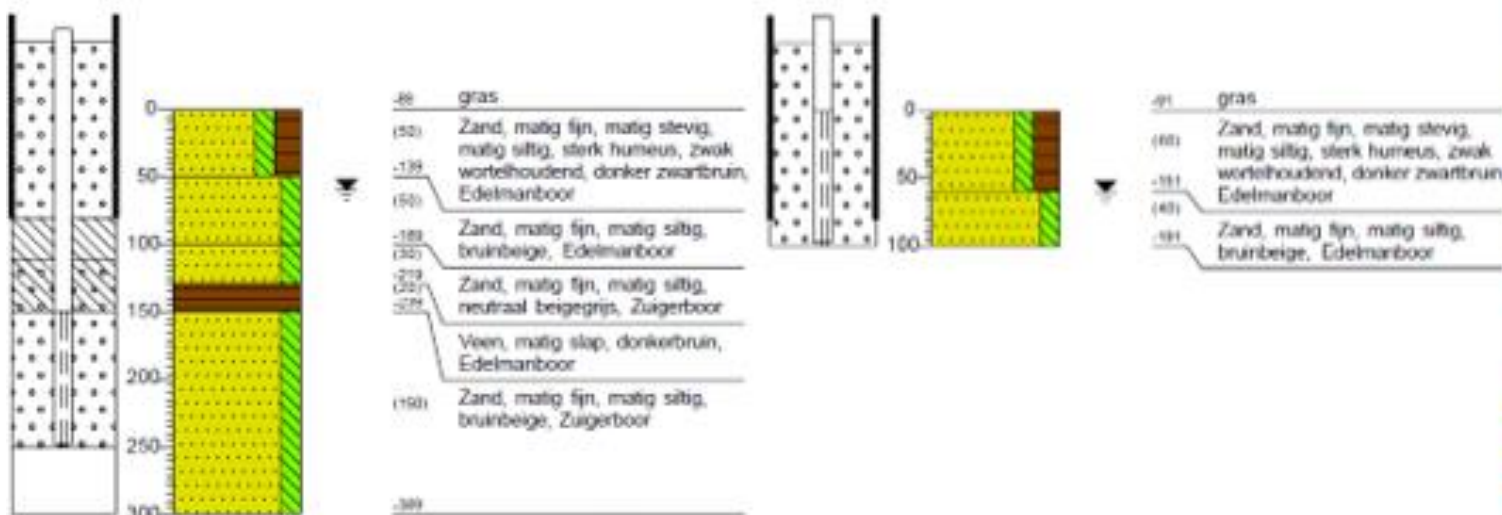


Afbeelding 4.23 Informatie peilbuislocatie 7. De blauwe lijn (7-1) geeft de waarden voor de diepe filter en de oranje lijn (7-2) voor de ondiepe filter. Links onderin de afbeelding is links de vulling van de filter zichtbaar en rechts het bodemprofiel



7-1

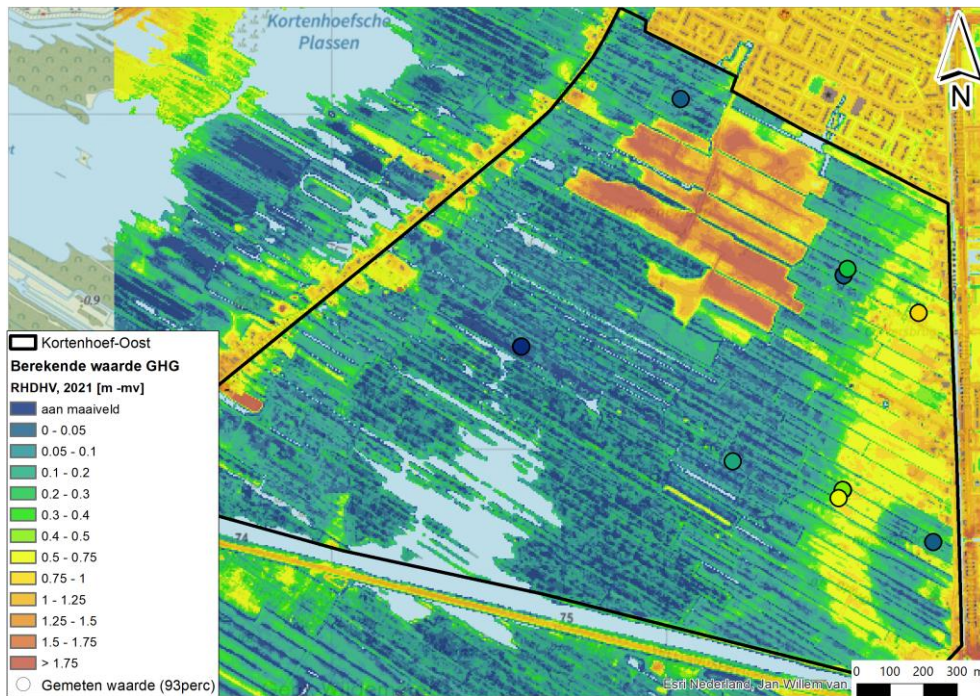
7-2



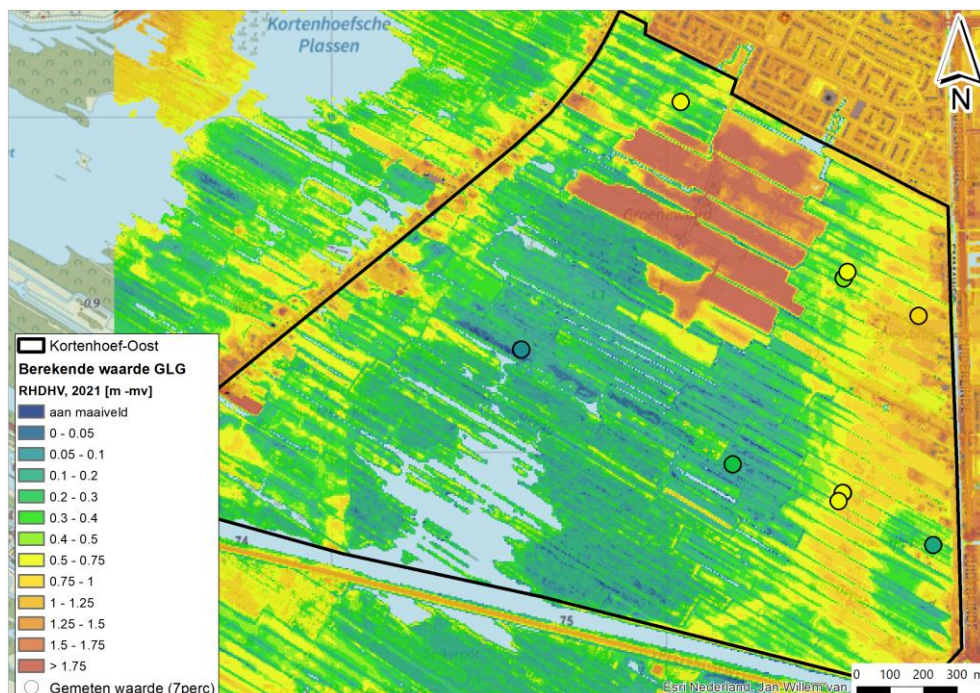
4.4 Berekende grondwaterstanden

De peilbuisgegevens zijn door RHDHV (2022) gebruikt om het opgezette grondwatermodel te kalibreren. Uit afbeeldingen 4.24 (GHG; gemiddelde hoogste grondwaterstand) en 4.25 (GLG; gemiddelde laagste grondwaterstand) blijkt dat de gemodelleerde GXG's behoorlijk goed overeenkomen met de afgeleide 93^e en 7^e percentiel van de peilbuismetingen. De gemodelleerde GXG's geven dan ook vermoedelijk een behoorlijk goed inzicht in de werkelijke GXG's.

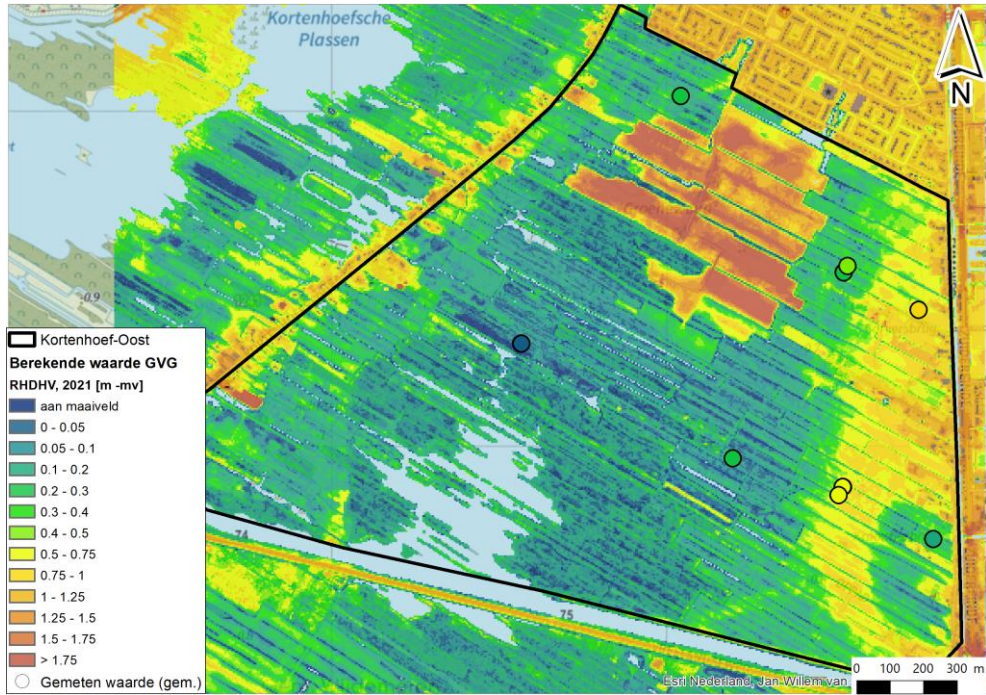
Afbeelding 4.24 Berekende GHG (RHDHV 2022) en gemeten 93^e percentiel in de peilbuizen binnen Kortenhoef Oost



Afbeelding 4.25 Berekende GLG (RHDHV 2022) en gemeten 7^e percentiel in de peilbuizen binnen Kortenhoef Oost



Afbeelding 4.26 Berekende GVG (RHDHV 2022) en gemiddelde van de metingen in de peilbuizen binnen Kortenhoef-Oost.



5

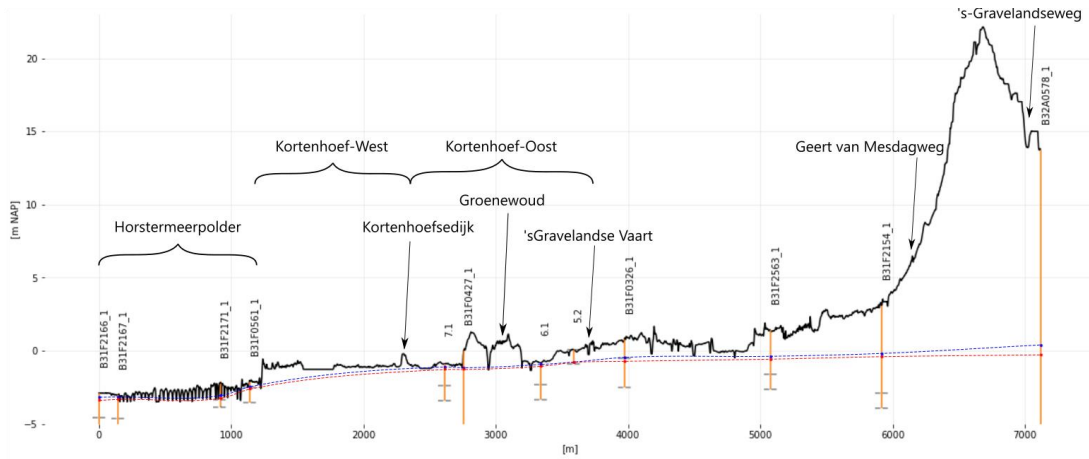
SYNTHESE, POTENTIES EN AANVULLEND ONDERZOEK

Om de informatie uit hoofdstukken 3 en 4 schematisch weer te geven zijn in deze paragraaf een aantal dwarsprofielen opgesteld (afbeeldingen 5.1 tot en met 5.4, waarbij de noordelijke dwarsprofielen overeenkomen met de peilbuisraai in het noorden van het gebied en de zuidelijke dwarsprofielen overeenkomen met de peilbuisraai in het zuiden). In deze profielen is het maaiveldniveau aangegeven op basis van het AHN4 DTM 0,5 x 0,5 m. Belangrijke topografische kenmerken zijn er boven aangegeven. Ook de ligging van peilbuizen is in het profiel gemarkeerd. Voor de genoemde peilbuizen is indicatief de gemiddeld hoogste en gemiddeld laagste grondwaterstand bepaald, door van de meetreeksen de 93 % en 7 % waarden af te leiden. Deze zijn ingetekend met blauwe (93 %) en rode (7 %) bolletjes. Daartussen is (ook indicatief) een stippellijn getrokken om het verloop van de grondwaterstand weer te geven.

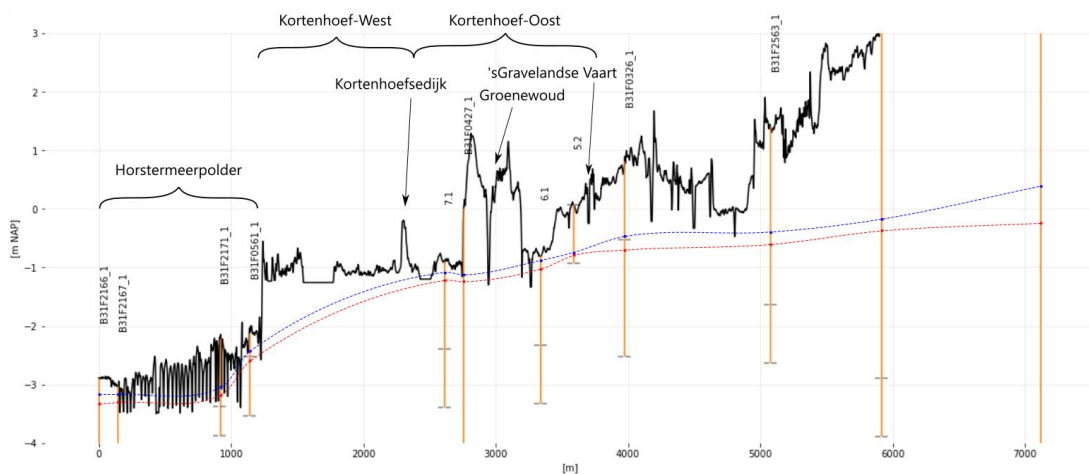
De stijghoogtedruk in de zandondergrond wordt ter hoogte van Kortenhoef Oost voornamelijk beïnvloed door de opbolling onder de Utrechtse Heuvelrug aan de oostkant en de diepe ontwatering van de Horstermeerpolder aan de westkant (afbeeldingen 5.1 tot en met 5.4). Het is daarbij belangrijk om te realiseren dat het oppervlaktewaterpeil in Kortenhoef Oost, net als in de rest van Polder Kortenhoef, strak gereguleerd is op NAP -1,22 m (met een bandbreedte van maximaal 2 cm). Alleen aan de oostzijde van Kortenhoef Oost is de waterstand lokaal hoger als gevolg van particulier beheerde stuwten. Verder is het van belang om te realiseren dat de opbolling onder de Utrechtse Heuvelrug relatief gering is. Dit heeft de volgende oorzaken:

- de beperkte omvang van 'de bult' bij Hilversum;
- de ondergrond in dit deel van de Utrechtse Heuvelrug lijkt behoorlijk goed doorlatend te zijn, waarbij er niet aaneengesloten weerstandslagen aanwezig zijn. Bij Hilversum lijkt namelijk de kleilaag van Waalre (deels) te ontbreken. Grondwater zakt hierdoor vermoedelijk relatief makkelijk naar dieperliggende lagen, en kwelt dan verder westelijk (bij de Horstermeerpolder) omhoog;
- het sterk drainerende Hilversums Kanaal, die de stijghoogtedruk met circa 25 cm verlaagt;
- mogelijk speelt ook de scheefstelling van de bodemlagen (die in oostelijke richting hellen) een rol;
- ten slotte zal de opbolling ook enigszins beperkt worden door een beperktere grondwateraanvulling onder de Utrechtse Heuvelrug door de aanwezigheid van het stedelijke gebied van Hilversum, waardoor een flink deel van de neerslag via verhard oppervlakte wordt afgevoerd via rioolstelsels.

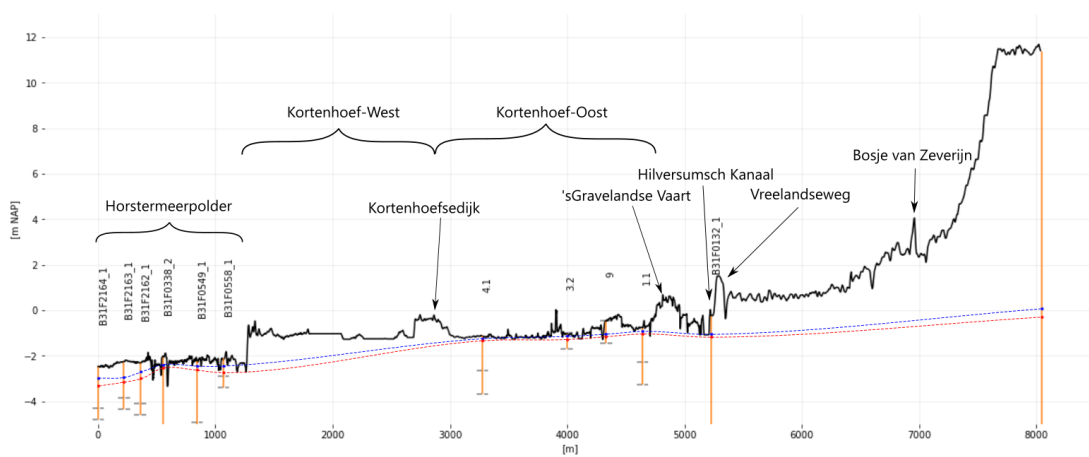
Afbeelding 5.1 Dwarsprofiel noord



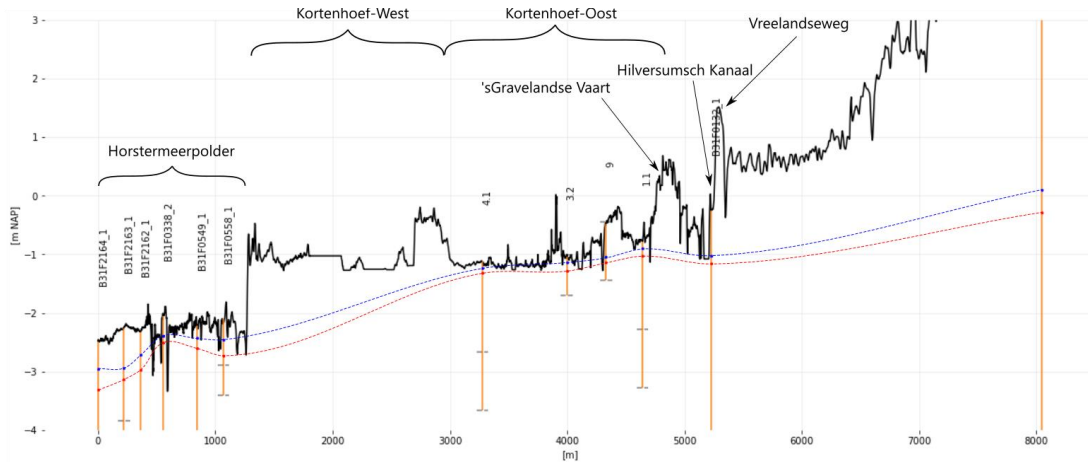
Afbeelding 5.2 Dwarsprofiel noord - ingezoomd



Afbeelding 5.3 Dwarsprofiel zuid



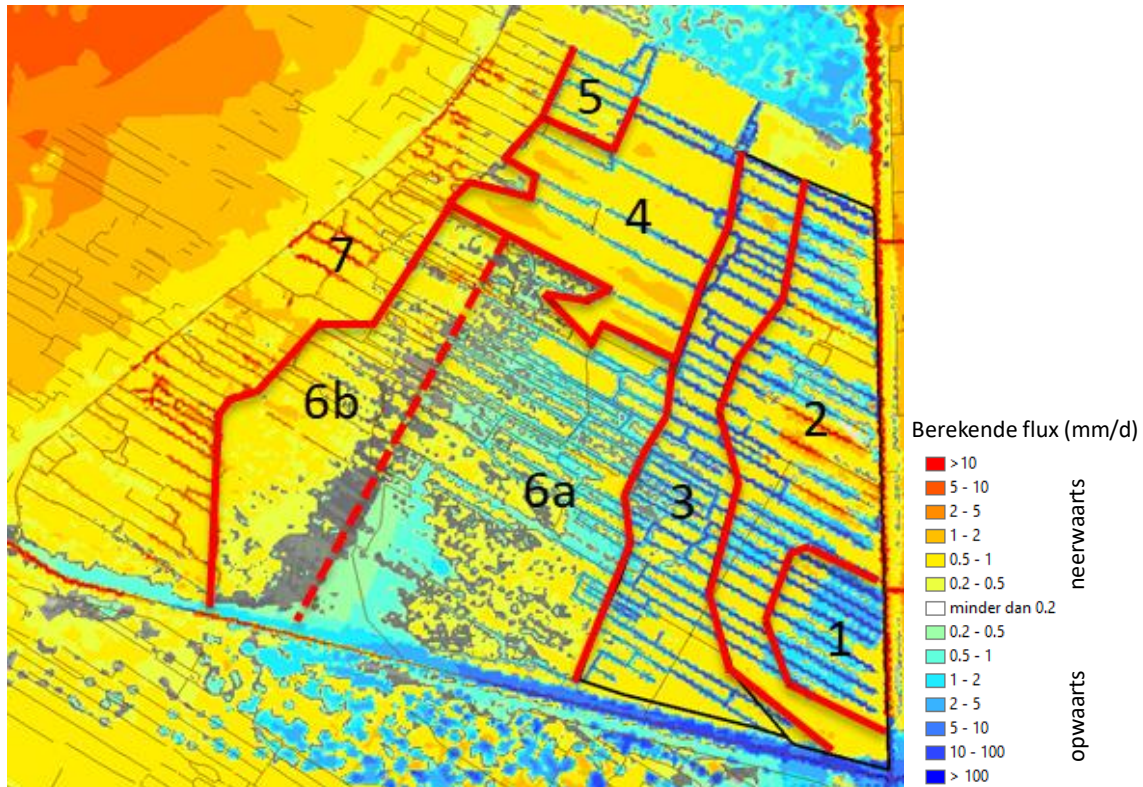
Afbeelding 5.4 Dwarsprofiel zuid - ingezoomd



Op basis van de gegevens die beschreven zijn in hoofdstukken 3 en 4 en de dwarsprofielen uit afbeeldingen 5.1 tot en met 5.4 zijn een aantal belangrijke conclusies te geven over het functioneren van Kortenhoef Oost. Op basis van deze conclusies kan ook inzicht gegeven worden in de potenties van deelgebieden/zones en het benodigde onderzoek dat wij nog nodig achten om tot een gedegen inrichtingsplan te komen. Bij het bepalen van de potenties wordt in de voorliggende rapportage expliciet niet ingegaan op de verschillende maatregelen die genomen zouden moeten worden om de verschillende potenties te verwezenlijken. Wij onderscheiden in onderstaande paragrafen de volgende deelgebieden/zones (van oost naar west; afbeelding 5.5):

- zone 1: laagte tussen de oostelijk gelegen zandrug en de 's Gravelandse Vaart;
- zone 2: oostelijk gelegen zandrug;
- zone 3: landbouwzone tussen de oostelijk gelegen zandrug en het centraal gelegen natuurgebied;
- zone 4: groenewoud;
- zone 5: gebied ten noordwesten van Groenewoud;
- zone 6: centraal gelegen natuurgebied;
- zone 7: westelijke gebied langs de Kortenhoefsedijk.

Afbeelding 5.5 Berekende kwel/wegzijing in Kortenhoef Oost (RHDHV 2022)



Zone 1: laagte tussen de oostelijk gelegen zandrug en de 's Gravelandse Vaart

Dit gebiedje, waarvan het maaiveld circa 50 cm lager ligt dan de zandrug waardoor het wordt ingesloten (afbeelding 3.19), bevat moerpodzolgronden met een zandig toemaakdek. Podzolgronden zijn ontstaan via eeuwenlange uitloging in een wegzijgingssituatie, waarbij Fe, Al en humuszuren gedurende honderden tot duizenden jaren naar beneden zijn getransporteerd in de bodems. De moerige (venige) tussenlaag (tussen het zandige toemaakdek en de podzolgrond) in moerpodzolgronden geeft aan dat er na verloop van tijd toch nattere condities zijn ontstaan, waarin zich een dun veenpakketje heeft kunnen vormen in deze verlaagde zone. De peilbuisgegevens (locatie 1) geven aan dat er hier jaarrond sprake is van wegzijging, wat overeenkomt met de aanwezige podzolen. Het grondwatermodel berekent echter lichte tot matige kwel voor de terrestrische delen van deze verlaagde zone (afbeelding 5.5), wat overeenkomt met het moerige karakter van de bodems. Ook de grondwaterkwaliteit (op 100 en 250 cm diepte) doet vermoeden dat er in deze verlaagde zone sprake is van grondwaterinvloed, waarbij opgemerkt dient te worden dat het om lokaal grondwater gaat dat lokaal veel nutriënten kan bevatten en zeer waarschijnlijk antropogeen beïnvloed is. Er lijkt sprake te zijn van kwelwater vanuit de naastgelegen 's Gravelandse Vaart en Polder, aangezien er vrij hoge Cl-concentraties in het grondwater zitten die vermoedelijk veroorzaakt worden door de intrek van Cl-rijker water vanuit de 's-Gravelandse Vaart en Polder. De kweldruk leidt er ook toe de grondwaterstanden in deze verlaagde zone vrij ondiep zijn (zowel in de peilbuis als in het grondwatermodel) met een gemiddelde grondwaterstand van circa 11 cm onder het maaiveld en lichte inundaties in (zeer) natte periodes.

Het grondwatermodel en de oppervlaktewaterkwaliteitsmetingen laten zien dat er in deze verlaagde zone veel kwelwater in de sloten terecht komt dat vermoedelijk vrij veel nutriënten bevat. Volgens de kwelkaart (afbeelding 5.5) kan de kwel oplopen tot meer dan 10 mm/dag. Alhoewel getwijfeld wordt aan de absolute waarde van de berekende kwelhoeveelheid (we vermoeden dat deze beperkter is aangezien een gemiddelde kwel van 10 mm/dag zou moeten leiden tot zichtbaar stromend water en dat is niet het geval), is er in het veld overduidelijk te zien dat er in deze oostelijke sloten inderdaad kwel optreedt. Het niveau van het grondwater in de percelen ligt gemiddeld ongeveer 25 - 30 cm boven het peil in de watergangen, ook in droge periodes. De watergangen werken op deze locatie dus jaarrond drainerend, wat ertoe leidt (a) dat de sloten jaarrond grondwater afvoeren (dat niet aan het maaiveld kan komen in de percelen) en (b) er veel uit- en afspoeling vanuit de percelen naar de sloten kan optreden. De aanvoer van vermoedelijk behoorlijk

nutriëntrijke lokale kwel en de verwachte flinke uit- en afspoeling leiden hier tot hoge nutriëntconcentraties in het oppervlaktewater (veelal hoger dan 0,15 - 0,20 mg P/l).

Potenties met betrekking tot natuurontwikkeling

Gezien de aanwezige kweldruk en de behoorlijk hoge grondwaterstanden in deze verlaagde zone in het oosten van Kortenhoef Oost lijken op deze percelen potenties te zijn voor ontwikkelingen naar natte schraallanden of productievare veenmoerassen. Wat er mogelijk is, wordt ecologisch gezien bepaald door de bodemkwaliteit (zowel de aanwezigheid van het toemaakdek als de productiviteit van de bodem), de kwaliteit van het grondwater en de grondwaterstanden die gerealiseerd kunnen worden. Daarnaast dient er nagedacht te worden over het peilbeheer in de sloten van deze zone. Het huidige behoorlijk lage oppervlaktepeil (t.o.v. het maaiveld) zorgt er namelijk voor dat er (a) minder kwel in het perceel terecht kan komen in deze zone, (b) behoorlijk wat uit- en afspoeling optreedt in deze zone en (c) de aanvoer van kwel naar westelijker gelegen zones beperkter is. Ten slotte lijkt het verstandig om te kijken of de oeverwalud in deze zone verflauwd kunnen worden en oeverbeschoeiingen verwijderd kunnen worden.

Aanvullend vooronderzoek

Om de potenties van deze verlaagde zone beter te kunnen inschatten en gedegen vast te kunnen stellen welke maatregelen genomen zouden moeten worden om deze potenties te verwezenlijken, adviseren we om meer inzicht te krijgen in de volgende onderdelen:

- 1 er is onvoldoende inzicht in de kwaliteit en herkomst van het grondwater. We adviseren om meer inzicht te krijgen in de grondwaterkwaliteit (zowel van lokale als regionale aard) door op verschillende plekken in Kortenhoef Oost (in alle zones) vervolgmetingen uit te voeren. De huidige peilbuizen zouden in ieder geval nog een aantal keer bemonsterd kunnen worden om een beter beeld te krijgen van de variatie door de tijd. Verder wordt er geadviseerd om ook een aantal diepere peilbuizen in het gebied te plaatsen en te bemonsteren, omdat de waterkwaliteit in de huidige vrij ondiepe peilbuizen nog steeds beïnvloed kan zijn door neerwaartse waterstromingen (en bemestingsactiviteiten boven op de percelen) waardoor er onvoldoende inzicht is in de kwaliteit van het diepere grondwater;
- 2 er zijn momenteel geen gegevens beschikbaar over de bodemkwaliteit in deze zone. Er wordt dan ook geadviseerd om in deze zone aanvullend bodemonderzoek uit te voeren naar de bodemproductiviteit volgens het meetprotocol dat in het voorliggende rapport is toegepast (paragraaf 3.7.1), waarbij het de voorkeur verdient om (a) minimaal op drie dieptes te bemonsteren en (b) uit te gaan van circa 1 meetlocatie per hectare met minimaal 1 meetlocatie per perceel;
- 3 voornamelijk is onbekend welk aandeel de lokale kwel, uit- en afspoeling hebben op de huishouding van nutriënten in de slootssystemen in deze zone. We adviseren om hier via metingen aan het grondwater (zie vorige punt) en lokale perceelmodelletjes (waarmee grondwater- en nutriëntstromingen beter in beeld kunnen worden gebracht) meer inzicht in te krijgen;
- 4 onderzoeken welke mogelijkheden er zijn om de waterkwaliteit in de 's Gravelandse Vaart en de bodemkwaliteit van de 's Gravelandse Polder te verbeteren. Dit zou vrij snel effect kunnen hebben op de kwelkwaliteit in Kortenhoef Oost, aangezien er sprake lijkt te zijn van vrij korte stroombanen.

Zone 2: oostelijk gelegen zandrug

De zandrug, die al in 1850 verkaveld was (afbeelding 5.6), bevat veld- en laarpodzolgronden. Dit indiceert dat er al eeuwenlang sprake is van uitloging in een wegzijgingssituatie, waarbij Fe, Al en humuszuren gedurende honderden tot duizenden jaren naar beneden zijn getransporteerd in de bodems. Ook de peilbuismetingen, het grondwatermodel (afbeelding 5.5) en gegevens van de grondwaterkwaliteit laten zien dat er hier sprake is van (a) jaarronde wegzijging op de percelen en (b) diepe grondwaterstanden met GHG's van circa 50-75 cm onder maaiveld en GLG's die meer dan 100 cm onder het maaiveld kunnen liggen.

Volgens de kwelkaart (afbeelding 5.5) is er in de meeste sloten sprake van een stevige kwel¹, die van lokale aard is en vermoedelijk afkomstig is uit de 's Gravelandse Vaart en Polder. De flux kan volgens het model oplopen tot meer dan 10 mm/dag, waarbij dezelfde kanttekening geplaatst dient te worden als bij zone 1, en bevat vermoedelijk vrij veel nutriënten. Het niveau van het grondwater in de percelen ligt gemiddeld

¹ In een aantal sloten aan de oostzijde van het gebied (vooral in het middelste gedeelte) is er sprake van infiltratie/wegzijging volgens het grondwatermodel. Dit komt doordat particulieren de oppervlaktewaterstand in deze sloten met behulp van stuwijtjes een stuk hoger zetten dan elders in Kortenhoef Oost (zie paragraaf 4.2.1). Dit is in overleg met Waternet uitgevoerd.

ongeveer 12 - 17 cm boven het peil in de watergangen, ook in droge periodes is dat nog ongeveer 10 cm. Evenals in zone 1, werken de watergangen in dit gebied dus ook jaarrond drainerend, wat ertoe leidt (a) dat de sloten jaarrond grondwater afvoeren (dat niet aan het maaiveld kan komen in de percelen) en (b) er veel uit- en afspoeling vanuit de percelen naar de sloten kan optreden. De aanvoer van vermoedelijk behoorlijk nutriëntrijke lokale kwel en de verwachte flinke uit- en afspoeling leiden hier tot hoge nutriëntconcentraties in het oppervlaktewater (veelal hoger dan 0,15 - 0,20 mg P/l). Daar komt bij dat er in de noordelijke helft van deze zone zeer regelmatig voedsel- en sulfaatrijk water vanuit de 's Gravelandse Vaart wordt ingelaten. Welk aandeel de lokale kwel, uit- en afspoeling en het inlaatwater vanuit de 's Gravelandse Vaart hebben, is vooralsnog onbekend en verdient in een vervolgfase prioriteit te krijgen. Evenals het inzichtelijk krijgen van de kwaliteit van het grondwater (zowel van lokale als regionale aard) op verschillende plekken in het gebied.

Afbeelding 5.6 Historische topografie in en rondom Kortenhoef Oost rond 1900. Aan de oostzijde van Kortenhoef Oost (nabij de Emmaweg) is te zien dat de gronden al in landbouwkundig gebruik zijn. Op een historische kaart van circa 1850 is dat ook al te zien. De rest van Kortenhoef Oost betreft grotendeels nog veengebied in 1900. Verder is het opvallend dat het Hilversums Kanaal nog niet is aangelegd (Het Hol en Kortenhoef Oost vormen dan nog één veengebied), terwijl de Horstermeer wel al is ingepolderd in 1900 (op de kaart van 1850 staat het gebied nog als meer aangegeven)



Potenties met betrekking tot natuurontwikkeling

Zonder vergaand ingrijpen (zoals grootschalig diep afgraven), lijken de kansen voor natuurontwikkeling niet erg groot in deze zone. De circa eerste 40 cm van de zandbodems is zeer waarschijnlijk erg P-rijk (zie boorlocaties 8 en 80 in bijlage IV), de grondwaterstanden staan diep en er is in de percelen geen sprake van kwel. Zelfs voor een ontwikkeling naar kruiden- en faunarijke grasland zal erg lang maai- (en afvoer) beheer nodig zijn, of moet flink topbodem moeten worden afgevoerd. Het lijkt niet voor de hand te liggen om in deze zone in te zetten op grootschalig ecologisch herstel, maar voor de rest van Kortenhoef Oost is het wel belangrijk dat deze zone niet te veel P blijft naleveren in de toekomst. Bemesting is in ieder geval ongewenst en er zal ook een keuze gemaakt moeten worden over de huidige P-voorraden in de bodems. Mogelijk dat hydrologisch afkoppelen van de rest van de polder (via een gemaaltje naar de 's Gravelandse Vaart) een optie is. Ook het peilbeheer in de sloten vraagt aandacht. Het huidige behoorlijk lage oppervlaktepeil (ten opzichte van het maaiveld) zorgt er namelijk voor dat er (a) behoorlijk wat uit- en afspoeling optreedt in deze zone en (b) de aanvoer van kwel naar westelijker gelegen zones beperkter is. Ook over de invloed van inlaatwater uit de 's Gravelandse Vaart (dat voedsel- en sulfaatrijk is) dient verder nagedacht te worden. Deze

inlaat heeft niet alleen een negatief effect op de waterkwaliteit in deze zone, maar vermoedelijk ook op de waterkwaliteit in zones 3 en 6. Ten slotte lijkt het verstandig om te kijken of de oeverwaluids in deze zone verflauwd kunnen worden en oeverbeschoeiingen verwijderd kunnen worden.

Aanvullend vooronderzoek

Vanwege de beperkte ecologische potenties van deze zone is de noodzaak voor aanvullend onderzoek wat kleiner dan in andere zones. Zoals hierboven is aangegeven, moet er wel een goed onderbouwde keuze worden gemaakt over de wijze waarop omgegaan wordt met de P-voorraden in de bodems van deze zone in verband met het effect dat dit kan hebben op de waterkwaliteit in andere zones. Ook het peilbeheer is van belang voor andere zones in Kortenhoef Oost, die wel meer potenties hebben.

Zone 3: landbouwzone tussen de oostelijk gelegen zandrug en het centraal gelegen natuurgebied

Dit gebied, waarvan het maaiveld circa 40 - 60 cm lager ligt dan de zandrug, bevat moerpodzolgronden met een weinig of zandig toemaakdek. Podzolgronden zijn ontstaan via eeuwenlange uitloging en wegzijging, waarbij Fe, Al en humuszuren gedurende honderden tot duizenden jaren naar beneden zijn getransporteerd in de bodems. De moerige (venige) tussenlaag (tussen het zandige toemaakdek en de podzolgrond) of bovenlaag in moerpodzolgronden geeft aan dat er na verloop van tijd toch nattere en vermoedelijk kwelrijke condities zijn ontstaan, waarin zich een dun veenpakketje heeft kunnen vormen. In deze zone is er dan ook sprake van beduidend ondiepere grondwaterstanden dan op de zandrug (zone 2). De GHG ligt gemiddeld genomen zo'n 2 - 20 cm onder maaiveld (het grondwater kan op sommige locaties dus de wortelzone bereiken) en de GLG zakt op de meeste locaties uit tot 20 - 60 cm onder maaiveld. De kwelkaart (Afbeelding 5.5) laat zien dat er in deze zone lokaal sprake kan zijn van een opwaarts gerichte kweldruk in de percelen, wat overeenkomt met de waarnemingen bij peilbuislocaties 3 en 6 (waarbij het drukverschil beduidend groter is in de zomer dan in de winter) en de lokale aanwezigheid van een soort als wateraardbei langs de oevers van deze agrarische percelen. Ook de grondwaterkwaliteit bij peilbuislocaties 3 en 6 doet vermoeden dat er in deze zone (delen van het jaar) sprake is van invloed van grondwater, waarbij opgemerkt dient te worden dat het waarschijnlijk om lokaal grondwater gaat dat lokaal veel nutriënten kan bevatten en zeer waarschijnlijk antropogeen beïnvloed is. Er lijkt sprake te zijn van kwelwater vanuit de naastgelegen 's Gravelandse Vaart en Polder, aangezien er vrij hoge Cl-concentraties in het grondwater zitten die vermoedelijk veroorzaakt worden door de intrek van Cl-rijker water vanuit de 's-Gravelandse Vaart en Polder.

Het grondwatermodel en de oppervlaktewaterkwaliteitsmetingen laten zien dat er in deze zone veel kwelwater in de sloten terecht komt dat vermoedelijk vrij veel nutriënten bevat (de P-concentratie in de sloten ligt tussen de circa 0,15 en 0,30 mg/l). Volgens de kwelkaart (afbeelding 5.5) kan de kwel oplopen tot meer dan 10 mm/dag, waarbij dezelfde kanttekening geplaatst dient te worden als bij zone 1. Het niveau van het grondwater in de percelen ligt bij peilbuislocatie 3 rond het niveau van het oppervlaktewaterpeil. In de winter staat het grondwater nog iets hoger, en werken de watergangen drainerend, maar in de zomer staat het grondwater lager, en hebben de watergangen een potentieel voedende werking. Bij peilbuislocatie 6 liggen de grondwaterstanden net onder het niveau van het oppervlaktewaterpeil (circa 10 cm). Oftewel, de sloten vangen hier duidelijk de kwel af. Als de slootpeilen in deze zone (wat) verhoogd zouden kunnen worden, kan hier zowel langs de oevers als in de percelen (meer) kwel in de wortelzone gaan optreden.

Potenties met betrekking tot natuurontwikkeling

Gezien de aanwezige kweldruk, de behoorlijk hoge grondwaterstanden, de gunstige basenrijke condities in het grond- en oppervlaktewater en de behoorlijk P-arme bodems (zie boorlocatie 15 in bijlage IV) lijken er in deze zone potenties te zijn voor ontwikkelingen naar natte schraallanden. Dit wordt tevens bevestigd door potentieberekeningen die zijn uitgevoerd met de Waterwijzer Natuur (Bijlage VI), die aangeven dat juist in deze oostelijker gelegen overgangszone tussen het landbouw- en natuurgebied kansen liggen. Wat er mogelijk is, wordt ecologisch gezien bepaald door de bodemkwaliteit (zowel de aanwezigheid van het toemaakdek als de productiviteit van de bodem), de kwaliteit van het grondwater en de grondwaterstanden die gerealiseerd kunnen worden. Daarnaast dient er nagedacht te worden over het peilbeheer in de sloten van deze zone en de oostelijker gelegen zones. Het huidige behoorlijk lage oppervlaktepeil (t.o.v. het maaiveld) in deze zones zorgt er namelijk voor dat er (a) minder kwel in het perceel terecht kan komen in zone 3 en (b) de aanvoer van kwel naar zone 3 beperkter is. Ook over de invloed van inlaatwater uit de 's Gravelandse Vaart (dat voedsel- en sulfaatrijk is) dient verder nagedacht te worden. Deze inlaat heeft niet alleen een negatief effect op de waterkwaliteit in deze zone, maar vermoedelijk ook op de waterkwaliteit in zones 2 en 6. Ten slotte lijkt het verstandig om te kijken of de oeverwaluds in deze zone verflauwd kunnen worden en oeverbeschoeiingen verwijderd kunnen worden.

Aanvullend vooronderzoek

Om de potenties van deze zone beter te kunnen inschatten en gedegen vast te kunnen stellen welke maatregelen genomen zouden moeten worden om deze potenties te verwezenlijken, adviseren we om meer inzicht te krijgen in de volgende onderdelen:

- onderzoeken 1, 2 en 4 die genoemd zijn bij zone 1, waarbij voor het bodemonderzoek uitgegaan moet worden van circa 1 meetlocatie per hectare met minimaal 1 meetlocatie per perceel;
- 5 de productiviteit van de aanwezige onderwaterbodems in deze zone zijn onvoldoende goed in beeld om een betrouwbare uitspraak te doen over de potenties van de slootssystemen. Vermoedelijk zijn ze te productief, maar aanvullende metingen zijn gewenst om meer te kunnen zeggen over het risico op woekering van waterplanten en het risico op P-mobilisatie wanneer de waterlaag anaeroob wordt. Er wordt geadviseerd om in ieder geval op een aantal locaties in deze zone totaal P, Fe/P, (Fe-S)/P-ratios in de bodem te laten meten. Daarnaast is het verstandig om tijdens die bemonsteringsronde tevens bodemvochtmetingen te laten uitvoeren. Op basis van deze gegevens kan bepaald worden of het verstandig is om te baggeren, daarbij dient wel rekening gehouden te worden met het effect dat baggeren kan hebben op de kwelstromen: het aanwezige slib kan namelijk een (beperkte) weerstand biedende eigenschap hebben in de sloten;
- 6 in potentie zouden uitheemse rivierkreeften de ontwikkeling van waterplantenvegetaties kunnen beperken/voorkomen in de sloten van Kortenhoef Oost. Aangezien er vooralsnog geen enkel idee is over de kreeftendichtheden in Kortenhoef Oost, wordt geadviseerd om op verschillende locaties in Kortenhoef Oost (bijvoorbeeld 20 locaties, waaronder in de hier behandelde zone 3) kreeftendichtheden te bepalen volgens de methodiek die eerder al is toegepast in de Oostelijke Binnenpolder van Tienhoven (Kanters et al. 2022).

Zone 4: Groenewoud

De voormalige stortlocatie ligt hoger dan de rest van Kortenhoef Oost. Dit leidt duidelijk tot diepe grondwaterstanden en een inzijsituatie. Dit gebied maakt geen onderdeel uit van het voorliggende onderzoek. Het is wel belangrijk om meer inzicht te krijgen in (a) eventuele uit- en afspoeling vanuit de afvalbelt naar het natuurgebied en (b) ecohydrologische effecten als er iets wordt gewijzigd in de geohydrologische situatie om en nabij de afvalbelt.

Zone 5: gebied ten noordwesten van Groenewoud

In deze zone is sprake van beduidend ondiepere grondwaterstanden dan op de afgewerkte afvalstort Groenewoud (zone 4). De GHG ligt gemiddeld genomen zo'n 2 - 30 cm onder maaiveld en de GLG zakt in de zomer op de meeste locaties uit tot 30 - 60 cm onder maaiveld. Volgens de kwelkaart (afbeelding 5.5) treedt nabij Groenewoud (aan de oostzijde van dit deelgebied) in de zomer lokaal enige kwel op in de percelen. Op de meeste locaties zal het grondwater echter niet in de wortelzone komen vanwege de lage grondwaterstanden in de zomer. Dit wordt bevestigd door de grondwatermonsters, die op 250 cm diepte een duidelijk grondwatersamenstelling hebben maar op 100 cm diepte vooral beïnvloed worden door regenwater en oppervlaktewater. Lokaal heeft Jansen (2020) wel enkele basenminnende soorten

(waterdrieblad en wateraardbei) waargenomen in deze oostelijk gelegen percelen. In het westen van dit deelgebied is zowel op de percelen als in de sloten sprake van wegzijging, waarbij het water wordt afgevoerd naar de Horstermeer.

Het grondwatermodel doet vermoeden dat er in deze zone behoorlijk veel kwelwater in de sloten terecht komt (afbeelding 5.5). Dit past wel bij de verhoogde ligging van afvalstort Groenekan (afbeelding 3.19) en de vrij lage oppervlaktewaterstanden (50 cm lager dan het maaiveld). Oftewel, de sloten vangen hier duidelijk de kwel af. Als de slootpeilen in deze zone verhoogd zouden kunnen worden, kan hier zowel langs de oevers als in de percelen (meer) kwel in de wortelzone gaan optreden. Het is wel de vraag wat de kwaliteit van die kwel is. Het diepe grondwatermonster bij peilbuislocatie 7 (op 250 cm diepte) doet vermoeden dat het redelijk schoon grondwater is met relatief lage P-, SO₄- en Cl-concentraties. Het gaat echter om 1 watermonster en het ondiepere grondwater (op 100 cm diepte) bevat wel veel SO₄. Ook het oppervlaktewater bevat relatief hoge Cl-, P- en SO₄-concentraties. Op basis van de uitgevoerde metingen kan niet worden uitgesloten dat deze concentraties het gevolg zijn van uitspoeling uit de afvalbelt. De verhoogde concentraties in het ondiepe grondwater en oppervlaktewater in deze zone kunnen echter ook het gevolg zijn van inlaat en doorvoer van water uit de 's Gravelandse Vaart. Voor de toekomst van het natuurgebied en de afvalbelt is het ons inziens van belang om te achterhalen of de afvalbelt de oorzaak is van de waargenomen hoge concentraties en/of dat dit veroorzaakt wordt de inlaat van water uit de 's Gravelandse Vaart;

Potenties met betrekking tot natuurontwikkeling

Vooraf aan de oostzijde van deze zone lijken er potenties aanwezig te zijn voor de ontwikkeling van natte schraallanden. Hier is in de zomer sprake van een licht opwaarts gerichte kwelflux. De grondwaterstanden zijn echter te laag (zakken in de zomer te ver uit) als gevolg van het hoge maaiveldniveau ten opzichte van het oppervlaktewaterpeil. Daarnaast is de toplaag van de bodem zeer waarschijnlijk te voedselrijk (zie boorlocatie 66 in bijlage IV). De onderliggende bodemlaag lijkt substantieel lagere N- en P-concentraties te bevatten. Wat er mogelijk is, wordt ecologisch gezien bepaald door de bodemkwaliteit (zowel de aanwezigheid van het toemaakdek als de productiviteit van de bodem), de kwaliteit van het grondwater en de grondwaterstanden die gerealiseerd kunnen worden. Ten slotte lijkt het verstandig om te kijken of de oevertaluds in deze zone verflauwd kunnen worden en oeverbeschoeiingen verwijderd kunnen worden.

Aanvullend vooronderzoek

Om de potenties van deze zone beter te kunnen inschatten en gedegen vast te kunnen stellen welke maatregelen genomen zouden moeten worden om deze potenties te verwezenlijken, adviseren we om meer inzicht te krijgen in de volgende onderdelen:

- onderzoeken 1, 2, 3 en 4 die genoemd zijn bij zone 1, waarbij voor het bodemonderzoek uitgegaan moet worden van circa 1 meetlocatie per hectare met minimaal 1 meetlocatie per perceel;
- onderzoeken 5 en 6 die genoemd zijn bij zone 3, waarbij in deze zone minimaal vijf locaties dienen te worden bemonsterd met betrekking tot de onderwaterbodemkwaliteit;
- 7 onderzoeken in hoeverre de oppervlaktewaterkwaliteit in dit deel van Kortenhoef Oost beïnvloed wordt door afvalbelt Groenekan en/of door de inlaat van water uit de 's Gravelandse Vaart.

Zone 6: centraal gelegen natuurgebied

In het huidige natuurgebied liggen rauwveen- en eerdveengronden zonder toemaakdek. De GHG's liggen veelal op circa 0 - 10 cm onder het maaiveld. De GVG's liggen meestal zo'n 10 - 25 cm onder het maaiveld, alhoewel zowel hogere als lagere GVG's voorkomen. De GLG's liggen regelmatig nog wat dieper. De kwelkaart (afbeelding 5.5) laat in dit centrale natuurgebied een patchachtig patroon zien van afwisselend licht opwaartse kweldruk en licht neerwaartse wegzijging. De opwaartse kweldruk lijkt vooral in de watergangen op te treden, maar is ook regelmatig zichtbaar op de percelen. Op basis van de patchachtige verdeling kan verder niet goed worden afgeleid waarom op de ene plek sprake zou zijn van een lichte opwaartse kweldruk en op de andere plek van wegzijging. De EGV-prikstokmetingen laten zien dat er in het voorjaar van 2021 in het grootste deel van deze zone wegzijging optreedt op de percelen en er sprake is van behoorlijk dikke regenwaterlenzen. Op enkele locaties zijn aanwijzingen van kwel naar de wortelzone gevonden, waarbij op 1 van deze locaties ook hogere Ca- en HCO₃-concentraties gemeten in het ondiepe en diepere grondwater (locatie 10 in paragraaf 3.4.2). Dit alles is in overeenstemming met eerdere beschrijvingen van onder andere Jansen (2020).

Het grondwatermodel geeft aan dat er in de sloten (vooral in het oostelijke deel van deze zone) sprake is van lichte kwel (afbeelding 5.5), maar de uitgevoerde EGV-routing en waterkwaliteitsmetingen geven daar geen duidelijke indicatie van. De meeste kwel treedt sowieso op in de sloten in de oostelijker gelegen zones. De nutriëntenconcentraties in deze zone zijn wat lager dan in de oostelijker gelegen zones. Het waterschap heeft hier geen langlopende meetreeks liggen, maar uit de eenmalige meting van B-WARE (begin mei 2021) blijkt dat de concentraties op dat moment tussen de 0,05 en 0,15 mg P/l lagen in plaats van boven de 0,15 mg P/l. De P-concentraties zijn echter wel weer hoger dan in het westelijke deel van Kortenhoef Oost, waar de concentraties veelal beneden de 0,06 mg P/l lagen. Ten slotte is de basenhuishouding in het oppervlaktewater redelijk op orde. De Ca-concentraties liggen rond of boven de vastgestelde grenswaarde van 50 mg/l voor trilveenontwikkeling (Cusell *et al.* 2013; van Diggelen *et al.* 2018).

Potenties met betrekking tot natuurontwikkeling

In deze zone zijn al veenmosrietlanden en verzuurde trilveentjes aanwezig. Ecohydrologisch herstel kan in dit gebied leiden tot een uitbreiding (in oppervlak) en kwaliteitsverbetering van deze veenmosrietlanden en trilvenen, vooral op locaties waar weer kwel aan maaiveld zou kunnen optreden. Lokaal lijken er ook mogelijkheden om het contact met het basenrijke oppervlaktewater te vergroten via plaggen en/of greppels. Hierbij dient de focus te liggen op het vergroten van de invloed van basenrijk water in de kraggen. Aanvullend zijn er misschien mogelijkheden om bos te kappen en om te zetten naar nieuwe veenmosrietlanden en trilvenen. Het is daarbij van belang om vooraf eerst te bekijken of de bossen potentie hebben voor een dergelijke omzetting. Daarnaast mag dit onder geen geval gebeuren in oppervlakten die behoren tot het habitatype H91D0 Hoogveenbossen.

Aanvullend vooronderzoek

Om de potenties van deze zone beter te kunnen inschatten en gedegen vast te kunnen stellen welke maatregelen genomen zouden moeten worden om deze potenties te verwezenlijken, adviseren we om meer inzicht te krijgen in de volgende onderdelen:

- onderzoek 1 dat genoemd wordt bij zone 1;
- onderzoeken 5 en 6 die genoemd zijn bij zone 3, waarbij voor het bodemonderzoek uitgegaan moet worden van circa 1 meetlocatie per hectare met minimaal 1 meetlocatie per perceel;
- 8 bepalen welke potenties er zijn om bospercelen in deze zone, die geen onderdeel zijn van het habitatype H91D0 Hoogveenbossen, om te zetten naar veenmosrietland of trilveen. Hierbij kan de methodiek toegepast worden die ook bij het opstellen van het inrichtings- en herstelplan van Het Hol is toegepast (bijlage IX in Slob *et al.* 2020);
- 9 voor een gedetailleerder inzicht in de potenties van de huidige veenmosrietlanden en trilvenen lijkt het verstandig om nog aanvullende prikstokmetingen uit te voeren in andere seizoenen. Vermoedelijk geeft dit meer inzicht over de locaties waar kwel tot in het maaiveld kan optreden gedurende verschillende momenten in het jaar. Op basis van de huidige meetgegevens is namelijk lastig vast te stellen waarom er op de ene plek wel kwel aan het maaiveld lijkt op te treden en op de andere locatie niet. Aanvullende metingen in een droog zomerseizoen zijn sowieso wenselijk.

Zone 7: westelijke gebied langs de Kortenhoefsedijk

In dit gebied in het westen van Kortenhoef Oost (tegen de Kortenhoefsedijk aan) is zowel op de percelen als in de sloten sprake van wegzijging, waarbij het water wordt afgevoerd naar de Horstermeer. De grondwaterstanden zijn over het algemeen circa 10 - 30 cm dieper dan in het wat oostelijker gelegen natuurgebied. Dit heeft vermoedelijk te maken met (a) het vaak aanwezige toemaakdek in deze zone en (b) de beperkte veendikte in deze zone. De nutriëntenconcentraties in het oppervlaktewater lijken ten slotte lager te zijn dan in de oostelijker gelegen zones. Het waterschap heeft hier geen langlopende meetreeks liggen, maar uit de eenmalige meting van B-WARE (begin mei 2021) blijkt dat de concentraties op dat moment lager waren dan 0,06 mg P/l, terwijl de concentraties in het oostelijker gelegen natuurgebied veelal tussen de 0,05 en 0,15 mg P/l lagen.

Potenties met betrekking tot natuurontwikkeling

Gezien de afwezigheid van kwel, vrij diep wegzakkende grondwaterstanden en de aanwezigheid van toemaakdekken lijkt de ecologische potentie van deze gebieden wat minder dan in het natuurgebied en zone 3. Wat er mogelijk is, wordt ecologisch gezien bepaald door de bodemkwaliteit (zowel de aanwezigheid van het toemaakdek als de productiviteit van de bodem) en de grondwaterstanden die

gerealiseerd kunnen worden. De bodemkwaliteit is grotendeels onbekend, behalve bij boorlocatie 45 (zie bijlage IV). Deze bodem bleek redelijk voedselrijk te zijn, maar er zou zonder plagwerkzaamheden een ontwikkeling tot kruiden- en faunarijk grasland gerealiseerd kunnen worden, waarbij wel aanvullend verschrallingsbeheer nodig is in de vorm van langjarig maaien en afvoeren. Schalere vegetatietypen zijn niet binnen enkele decennia te verwachten op dit perceel. Ten slotte lijkt het verstandig om te kijken of de oevertaluds in deze zone verflauwd kunnen worden en oeverbeschoeiingen verwijderd kunnen worden.

Aanvullend vooronderzoek

Om de potenties van deze zone beter te kunnen inschatten en gedegen vast te kunnen stellen welke maatregelen genomen zouden moeten worden om deze potenties te verwezenlijken, adviseren we om meer inzicht te krijgen in de volgende onderdelen:

- onderzoek 2 dat is genoemd bij zone 1, waarbij voor het bodemonderzoek uitgegaan moet worden van circa 1 meetlocatie per hectare met minimaal 1 meetlocatie per perceel;
- onderzoeken 5 en 6 die genoemd zijn bij zone 3, waarbij in deze zone minimaal 5 locaties dienen te worden bemonsterd met betrekking tot de onderwaterbodemkwaliteit.

6

LITERATUURLIJST

- Aggenbach, C.J.S., D.G. Cirkel, C. Cusell, G. van Dijk & A.M. Kooijman (2020) Onderzoek naar bevoeiing als beheermaatregel voor behoud en herstel van basenrijke trilvenen. Rapport nr. 2020/OBN241-LZ, Vereniging van Bos- en Natuureigenaren, Driebergen.
- Cusell, C., A.M. Kooijman, I. Mettrop & L.P.M. Lamers (2013) Natura 2000 Kennislacunes in De Wieden & De Weerribben. Rapportnr. 2013/OBN171-LZ, Ministerie van Economische Zaken, Den Haag.
- Cusell, C., Kooijman, A.M., Fernandez, F., van Wirdum, G., Geurts, J.J.M., van Loon, E.E., Kalbitz, K. & Lamers, L.P.M. (2014) Filtering fens: mechanisms explaining phosphorus-limited hotspots of biodiversity in wetlands adjacent to heavily fertilized areas. *Science of the Total Environment*, 481: 129-141.
- De Graaf, M.C.C., R. Bobbink, N.A.C. Smits, R. van Diggelen & J.G.M. Roelofs (2009) Biodiversity, vegetation gradients and key biogeochemical processes in the heathland landscape. *Biological Conservation*, 142: 2191-2201.
- De Becker, P. (2004) Onderzoek naar de abiotische standplaatsvereisten van verschillende beekbegeleidende *Alno/Padion* en *Alnion incanae*/gemeenschappen. Rapport Instituut voor Natuurbehoud, Brussel.
- De Ridder, R., 2020. Ecologische visie Kortenhoef Oost v.1.0. Provincie Noord-Holland, Haarlem.
- Emsens, W.-J., C.J.S. Aggenbach, K. Schoutens, A.J.P. Smolders & R. van Diggelen (2016) Soil iron content as a predictor of carbon and nutrient mobilization in rewetted fens. *Plos One*, DOI:10.1371/journal.pone.015316.
- Ertsen, D., P. de Louw & J. Buma (2005) OGOR Natuur in Noord-Brabant. Hydrologische randvoorwaarden voor Brabantse natuuroeltypen. Provincie Noord-Brabant, Den Bosch. Geurts J.J.M., A.J.P. Smolders, J.T.A. Verhoeven, J.G.M. Roelofs & L.P.M. Lamers (2008) Sediment Fe:PO₄ ratio as a diagnostic and prognostic tool for the restoration of macrophyte biodiversity in fen waters. *Freshwater Biology*. 53: 2101-2116.
- Geurts J.J.M., A.J.P. Smolders, A.M. Banach, J.P.M. van de Graaf, J.G.M. Roelofs & L.P.M. Lamers (2010) The interaction between decomposition, net N and P mineralization and their mobilization to the surface water in fens. *Water Research*, 44(11), 3487-3495.
- Harpenslager, S.F., L.P.M. Lamers, T. van der Heide, J.G.M. Roelofs & A.J.P. Smolders (2015) To float or not to float: ho winteractions between light and dissolved inorganic carbon species determine the buoyancy of *Stratiotes aloides*. *PLoS ONE*, 10: 4.
- Jansen, A.J.M. (2020) Second opinion ecologische visie Kortenhoef-Oost. Stichting Bargerveen, Nijmegen.
- Kanters, S., A.H.W. Koks, G. van Dijk, A.M. Kooijman & C. Cusell (2021) Effect van hydrologische maatregelen en inundaties op het behoud en herstel van trilveenvegetaties in de Rottige Meente.
- Kanters, S., A.H.W. Koks, J.J. Mandemakers, G. van Dijk, A.M. Kooijman & C. Cusell (2022) Oostelijke Binnepolder Tienhoven: Evaluatie peilbeheer. Rapportnr. 123502/22-007.523, Witteveen+Bos, Deventer.
- Konings, E. (2018) Watersysteemanalyse Polder Kortenhoef Oost. Rapport nr. 18.042216, Waternet, Amsterdam.
- Kooijman, A.M. (2012) 'Poor rich fen mosses': Atmospheric N-deposition and P-eutrophication in base-rich fens. *Lindbergia*, 35: 42-52.
- Kooijman, A.M., Cusell, C. & van Dijk, G. (2022) Analyse van nanodeeltjes en fijne colloïden in de Wieden en de Weerribben. Universiteit van Amsterdam, Amsterdam.
- Lamers, L.P.M., H.B.M. Tomassen & J.G.M. Roelofs (1998) Sulfate induced eutrophication and phytotoxicity in freshwater wetlands. *Environmental Science & Technology*, 32: 199-205.

- Lamers, L.P.M., A.J.P. Smolders & J.G.M. Roelofs (2002) The restoration of fens in the Netherlands. In: P.H. Nienhuis & R. Gulati (reds.), The ecological restoration of wetlands in the Netherlands. Kluwer, Amsterdam. Ook in *Hydrobiologia*, 478: 107-130.
- Lamers, L.P.M., J. Sarneel, J.J.M. Geurts, M.D. Pires, E. Remke, H. van Kleef, M. Christianen, L. Bakker, G. Mulderij, J. Schouwenaars, M. Klinge, N. Jaarsma, S. van der Wielen, M. Soons, J.T.A. Verhoeven, B. Ibelings, E. van Donk, W. Verberk, H. Esselink & J.G.M. Roelofs (2010) Onderzoek ten behoeve van het herstel en beheer van Nederlandse laagveenwateren, Eindrapportage 2006-2009 (Fase 2). Rapportnr. 2010/dk134-O, Ministerie van LNV, Ede,
- Loeb, R., M. Slob, C. Cusell, C. & R. van Ek (2020) Onderzoek oppervlaktewater- en grondwaterkwaliteit in zomer en winter ten behoeve van het inrichtingsplan van Het Hol. Rapport nr. RP-20.001.20.41, B-WARE, Nijmegen.
- Mettrop, I.S. A.M. Kooijman, L.P.M. Lamers & C. Cusell (2015) Peilfluctuaties in het laagveenlandschap: relaties tussen hydrologie, ecosysteem-dynamiek en Natura 2000- habitattypen. Rapportage Fase 2. Ministerie van Economische Zaken, Den Haag
- Nijp, J., C. Aggenbach, G. van Dijk, A. Koks, S. Kanters & C. Cusell (2021) Bevloeiing ter bevordering van trilveenvegetatie in de Weerribben. Rapport nr. 2021.093, KWR, Nieuwegein.
- Poelen M., L. van den Berg, G. ter Heerdt, R. Bakkum, A.J.P. Smolders, N. Jaarsma, B. Brederveld & L.P.M. Lamers (2012) WaterBODEMbeheer in Nederland: Metingen Interne Nutriëntenmobilisatie en Decompositie. B-Ware Research Centre, Radboud University Nijmegen, the Netherlands.
- Provincie Noord-Holland (2017) Concept Beheerplan N2000 Oostelijke Vechtplassen. Provincie Noord-Holland, Haarlem.
- RHDHV (2022) Grondwatermodellering Kortenhoef Oost.
- Roelofs, J.G.M. & G. Van Geest (ongepubliceerd) het vernieuwde onderzoek 'waterplanten en waterkwaliteit'.
- Runhaar, H., S. Hennekes, M. Jalink & M. Talsma (2016) Hydrologische randvoorwaarden terrestrische natuur – versie 3. Alterra/KWR/STOWA, Wageningen/Nieuwegein/Amersfoort.
- Slob, M.A.T., R. Loeb & R. van 't Veer (2020) Inrichtings- en herstelplan Het Hol: Resultaten onderzoeken - onderzoeksrapporten. Rapportnr. 114202/20-012.567, Witteveen+Bos, Deventer.
- Smolders A.J.P., L.P.M. Lamers, E.C.H.E.T. Lucassen & J.G.M. Roelofs (2006) Internal eutrophication: how it works and what to do about it - a review. *Chemistry & Ecology*, 22: 93-111.
- Smolders, A.J.P., E.C.H.E.T. Lucassen, M. Van der Aalst, L.P.M. Lamers & J.G.M. Roelofs (2009) Decreasing the abundance of *Juncus effusus* on former agricultural lands with noncalcareous sandy soils: possible effects of liming and soil removal. *Restoration Ecology*, 16 (2): 240-248.
- Smolders, A.J.P., T. van den Broek, R. Loeb & J. Groenendijk (2011) Systeemanalyse 't Hol ten behoeve van geconstateerde afname waterplantenvegetaties; Knelpunten en opmaat naar herstel. Rapport nr. 9V0709/R/904438/Amst, Royal Haskoning, Amsterdam,
- Smolders, A.J.P., E.C.H.E.T. Lucassen, S.F. Harpenslager, F. van Schaik, J.G.M. Roelofs & L.P.M. Lamers (2019) Kansen voor krabbenscheer in voedselrijke sloten van het veenweidegebied. *De Levende Natuur*, 120: 39-35.
- Stouthamer, E., H.J.A. Berendsen, J. Peeters & M.T.I.J. Bouman (2008) Toelichting Bodemkaart Veengebieden provincie Utrecht, schaal 1:25.000 en de daarbij behorende afgeleide kaarten. Geomedia / Faculteit Geowetenschappen Universiteit Utrecht, Utrecht.
- STOWA (2014) Ecologische sleutelfactoren: begrip van het watersysteem als basis voor beslissingen. Rapport nr. 2014-19, STOWA, Amersfoort.
- STOWA (2018a) Omschrijving MEP en maatlaten voor sloten en kanalen voor de Kaderrichtlijn Water 2021-2027. Rapport nr. 2018-50, STOWA, Amersfoort.
- STOWA (2018b) De Waterwijzer Natuur: Instrumentarium voor kwantificeren van effecten van waterbeheer en klimaat op terrestrische natuur. Rapport nr. 2018-44, STOWA, Amersfoort.
- Van Diggelen J.M.H. & A.J.P. Smolders (2018) Pilot en monitoringsprogramma effecten plas-dras op fosfaat-emissie in Noord-Holland, P-mobilisatie experiment. B-Ware rapport PR18.003. B-Ware, Nijmegen.
- Van Diggelen, J.M.H., G. van Dijk, C. Cusell, J. van Belle, A.M. Kooijman, T. van den Broek, R. Bobbink, L.P.M. Lamers & A.J.P. Smolders (2018) Onderzoek naar de effecten van stikstof in overgangs- en trilvenen, ten behoeve van het behoud en herstel van habitatype H7140 (Natura 2000). Rapportnr. 2018/OBN000-LZ, VBNE, Driebergen.

- Van Dijk, G., S. Stofberg, J. Mandemakers, M. van Schie, C. Cusell, A.M. Kooijman & F. Smolders (2021) Teloorgang én ontwikkeling van trilveen in de Nieuwkoopse plassen. *De Levende Natuur* 122: 88-93.
- Van Ek, R., R. van 't Veer, R. Loeb & C. Cusell (2019) Systemanalyse voor het opstellen van een inrichtings- en herstelplan van Het Hol. Rapport nr. 111090/19-010.212, Witteveen+Bos, Deventer.
- Van Raam, J.C. & E.X. Maier (1995) Nederlandse Kranswieren 5. Klein glanswier [*Nitella hyalina* (DC)]. *Gorteria*, 21: 101-106.
- Van 't Veer, R. & D. Hoogeboom (2012) Atlas Natura 2000 Oostelijke Vechtplassen en Naardermeer. Provincie Noord-Holland, Haarlem.
- Van Wirdum, G. (1991) *Vegetation and hydrology of floating rich-fens*. PhD thesis, Universiteit van Amsterdam, Amsterdam.
- Van Zuidam, J. (2013) *Macrophytes in drainage ditches. Functioning and perspectives for recovery*. PhD thesis, Wageningen Universiteit, Wageningen.
- Verdonschot P.F.M. & R. Loeb (2008) Effecten van grondwatertoevoer op oppervlaktewaterkwaliteit; Een casestudie in twee natuurgebieden. Rapport nr. 1752, Alterra, Wageningen.
- Zuidhoff A.C., J.H.J. Schaminée & R. van 't Veer (1996) 16. Molinio-Arrhenatheretea. In Schaminée, J.H.J., A.H.F. Stortelder & E. J. Weeda. *De Vegetatie van Nederland. Deel 3. Graslanden, zomen, droge heiden*. Opulus Press, Uppsala/Leiden.

Bijlage(n)

BIJLAGE: CONTROLE MEETREEKSEN PEILBUIZEN

I.1 Randvoorwaarden

Peilbuisinformatie

Tabel I.1 toont een overzicht van de metadata van de peilbuizen. De locaties van de peilbuizen zijn te zien in afbeelding 3.1. De peilbuizen die starten met hetzelfde cijfer liggen op ongeveer dezelfde locatie, waarbij de buizen met als tweede cijfer een 1 in het zandpakket liggen en de buizen met als tweede cijfer een 2 de freatische grondwaterstand meten. Peilbuizen 8 en 9 meten alleen freatisch.

Tabel I.1 Metadata peilbuizen

Peilbuis	x-coördinaat	y-coördinaat	Top filter [m NAP]	Onderkant filter [m NAP]	Maaiveld [m NAP]	Start meetreeks
1.1	136795.944	470723.898	-2.28	-3.28	-0.78	03-05-2021
1.2	136795.684	470724.035	-0.80	-1.80	-0.80	03-05-2021
2.1	136526.035	470879.268	-2.02	-3.02	-0.52	03-05-2021
2.2	136525.787	470879.529	-0.54	-1.54	-0.54	03-05-2021
3.1	136196.573	470964.43	-2.51	-3.51	-1.01	03-05-2021
3.2	136196.897	470964.19	-1.01	-1.71	-1.01	03-05-2021
4.1	135565.075	471306.79	-2.67	-3.67	-1.17	03-05-2021
4.2	135565.423	471306.628	-1.14	-2.14	-1.14	03-05-2021
5.1	136751.835	471407.311	-1.43	-2.43	0.08	03-05-2021
5.2	136751.617	471407.609	0.08	-0.92	0.08	03-05-2021
6.1	136528.402	471520.009	-2.33	-3.33	-0.83	03-05-2021
6.2	136528.658	471519.796	-0.84	-1.84	-0.84	03-05-2021
7.1	136041.046	472046.025	-2.39	-3.39	-0.89	03-05-2021
7.2	136041.337	472045.97	-0.91	-1.91	-0.91	03-05-2021
8	136539.411	471539.119	-0.64	-1.64	-0.64	03-05-2021
9	136512.682	470855.15	-0.44	-1.44	-0.44	03-05-2021

Peilbuizen 1, 2, 3 en 4 vormen samen een raai en de peilbuizen 5, 6, en 7 vormen de tweede raai (zowel ondiep als diep). Freatische peilbuizen 8 en 9 vormen extra freatische raaien samen met respectievelijke peilbuis 6.2 en peilbuis 2.2 om de opbolling binnen een perceel in kaart te brengen.

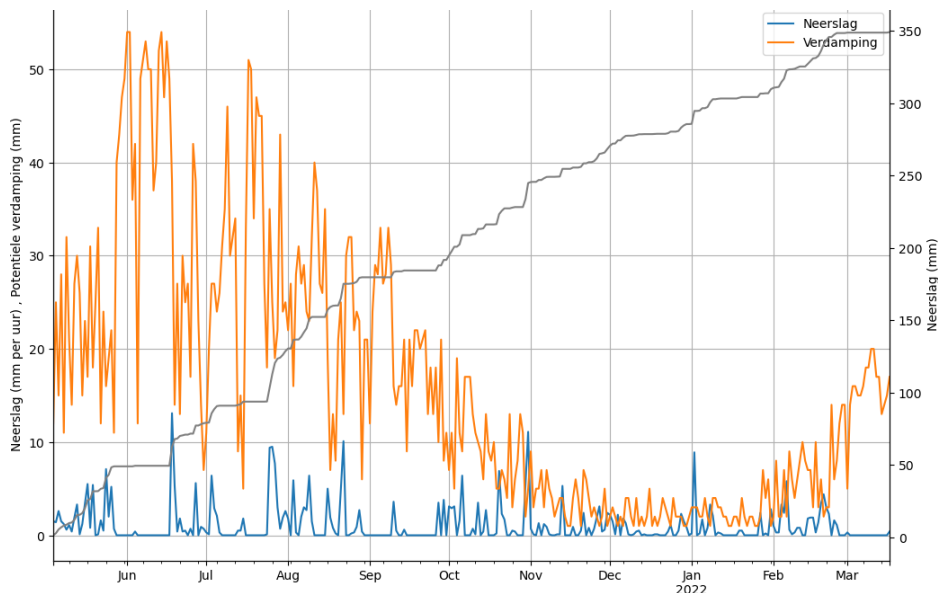
Neerslag en verdamping

Met behulp van de neerslag en potentiële verdamping kan een reactie in de freatische grondwaterstand verklaard worden. De neerslag en potentiële verdamping bij het weerstation in de Bilt is gebruikt als referentie¹. Dit is het meest nabijgelegen weerstation voor de meetlocatie. Het weerstation ligt op een afstand van circa 16 km. Afbeelding I.1 geeft de gemeten neerslag gedurende de periode met grondwatermetingen weer, te weten de cumulatieve neerslag en de potentiële verdamping. Wanneer er neerslag valt stijgt de cumulatieve lijn en wanneer er geen regen valt wordt een horizontale lijn weergegeven in de cumulatieve grafiek. Hoe groter de hoeveelheid neerslag in korte tijd hoe steiler de cumulatieve lijn omhoog loopt.

Het is duidelijk te zien in afbeelding V.1 dat er slechts korte periodes van droogte zijn geweest tijdens de meetperiode. Zware regenval komt met name voor in de zomer maanden; juni, juli en augustus 2021, waarbij de piek in neerslag in juni het grootst is. Het najaar van 2021 wordt gekenmerkt door vele kleinere buien en een grote bui eind oktober. September 2021 was een behoorlijk droge maand

De verdamping is daarentegen het grootst gedurende de zomermaanden en neemt dan af in het najaar. Slechts wanneer er neerslag optreedt is de verdamping in de zomer lager. In de winter is de verdamping zeer minimaal en zal er voornamelijk aanvulling van het grondwater plaatsvinden.

Afbeelding I.1 Cumulatieve neerslaggrafiek, neerslag en verdamping De Bilt mei 2021 - maart 2022



Streefpeilen polder Kortenhoef en omgeving

Polder Kortenhoef wordt in het zuiden begrensd door het Hilversums Kanaal en in het oosten met de 's-Gravelandse Vaart. In het noorden ligt de grens bij de Herenweg en in het westen wordt de polder begrensd door de dijken rondom de Horstermeerpolder. Binnen deze grenzen en ten zuiden van de polder Kortenhoef wordt een vast peil gehanteerd van NAP -1.22 m (met een marge van 0,02 m)². Ondanks het vaste peil varieert de bodem van de watergangen binnen het peilgebied. De peilbuizen in de zuidelijk raai liggen in een gebied met een bodemdpte van NAP -1.92 m en de peilbuizen in de noordelijke raai liggen in een gebied met een bodemdpte van de sloten van NAP -1.72 m.

¹ KNMI, 2022. Daggegevens van het weer te De Bilt. Opgeroepen op 18 januari 2022 van de KNMI-website: <https://www.knmi.nl/nederland-nu/klimatologie/daggegevens>.

² Waterschap AGV, 2022. Legger waterschap Amstel, Gooi en Vecht. Opgeroepen op 19 januari 2022 van de website van Waternet: <https://waternet.maps.arcgis.com/apps/MapSeries/index.html?appid=07b1c0250a1043bab51a4584b129a4e1/>

De 's-Gravelandse Vaart heeft een veel hoger peil van NAP -0.2 m en een ondiepere bodem. Deze abrupte verandering in peil kan effect hebben op de grondwaterstanden die gemeten worden in de oostelijke peilbuizen (peilbuizen 1.1, 1.2, 5.1 en 5.2).

I.2 Controle

De controle is uitgevoerd in maart 2022. Alle 16 peilbuizen bevatte op dat moment circa 10 maanden aan data. De peilbuizen zijn gecontroleerd op een aantal onderdelen:

- meetreeks ten opzichte van maaiveldniveau;
- meetreeks ten opzichte van het meetbereik van de peilbuis;
- meetreeks in relatie tot neerslag en verdamping bij KNMI weerstation De Bilt¹ ;
- meetreeks in relatie tot oppervlaktewaterpeil².

Tabel I.2 Controle waarnemingen

Controle	Opmerking
Waarnemingen boven maaiveldniveau	<p>De grondwaterstand in peilbuis 2-2 komt op 2 november 2021 eenmalig boven het maaiveldniveau. Doordat het tijdstip afwijkt van de gebruikelijke uurlijkse meting, is er waarschijnlijk sprake van een controle van de peilbuis op dat moment. De meting is ook bestempeld als 'REFERENCE' in de metingen.</p> <p>De grondwaterstand in peilbuis 4-2 komt regelmatig boven het maaiveldniveau. Het gaat hierbij om enkele centimeters. Dit is een aandachtspunt.</p> <p>De grondwaterstand in peilbuis 6-2 komt gedurende hevige regenval enkele centimeters boven maaiveldniveau.</p> <p>Alle andere peilbuizen voldoen.</p>
Waarnemingen binnen het bereik van de peilbuis	<p>De grondwaterstand in peilbuis 5-2 ligt geregeld buiten het bereik van de peilbuis. Alleen gedurende hevige neerslag komt de grondwaterstand binnen het bereik van de peilbuis.</p> <p>Voor alle andere peilbuizen geldt dat de grondwaterstand binnen het bereik van de peilbuis ligt.</p>
Analyse van de waarnemingen met de neerslag/verdamping.	<p>Peilbuis 3-2 reageert minimaal op neerslag en verdamping. De fluctuaties zijn zeer minimaal. In Peilbuis 3-1 welke dieper gelegen is dan peilbuis 3-2 zijn de fluctuaties door neerslag en verdamping groter. Dit verschil kan worden verklaard doordat peilbuis 3-2 in matig stevig veen is geplaatst.</p> <p>Voor alle ander peilbuizen geldt dat deze sterk reageren op neerslag en verdamping.</p>
Analyse van de waarnemingen met het peil in het peilgebied en nabijgelegen peilgebieden	<p>Voor alle peilbuizen geldt dat de gemiddelde grondwaterstand/stijghoogte ligt tussen het peil van de 's-Gravelandse Vaart (NAP -0,2 m) en het streefpeil van de polder (NAP -1,22 m).</p> <p>Voor de zuidelijke raai geldt dat de gemiddelde grondwaterstand/stijghoogte in peilbuis 1-1, 1-2, 2-1, 2-2 en 9 boven het streefpeil ligt van de polder. De overige peilbuizen uit deze raai hebben een gemiddelde grondwaterstand/stijghoogte die rond het streefpeil ligt</p> <p>Voor de noordelijke raai geldt dat alle peilbuizen een gemiddelde grondwaterstand/stijghoogte hebben die boven het streefpeil ligt waarbij de afwijking afneemt in westelijke richting.</p>

¹ KNMI, 2022. Daggegevens van het weer te De Bilt. Opgeroepen op 18 januari 2022 van de KNMI-website: <https://www.knmi.nl/nederland-nu/klimatologie/daggegevens>.

² Waterschap AGV, 2022. Legger waterschap Amstel, Gooi en Vecht. Opgeroepen op 19 januari 2022 van de website van Waternet: <https://waternet.maps.arcgis.com/apps/MapSeries/index.html?appid=07b1c0250a1043bab51a4584b129a4e1>.



BIJLAGE: METHODIEK ANALYSES ONDERZOEKCENTRUM B-WARE

Bodemmonsters

Standaard bodembewerking: Drooggewicht en organisch stofgehalte

Om het vochtgehalte van het verse bodemmateriaal te bepalen werd het vochtverlies gemeten door bodemmateriaal in duplo af te wegen in aluminiumbakjes. De bakjes werden precies tot aan de rand afgevuld (volume = 40,5 ml), zodat de soortelijke massa van de bodem kan worden bepaald. De bodems werden gedurende minimaal 48 uur gedroogd in een stoof bij 60 °C. Vervolgens werd het bakje met bodemmateriaal opnieuw gewogen en werd het vochtverlies berekend. De fractie organisch stof in de bodem werd berekend door via het gloeiverlies bepaald. Hiertoe werd gedroogd bodemmateriaal gedurende 4 uur verast in een oven bij 550 °C. Na het uitgloeien werd het bakje met bodemmateriaal weer gewogen en werd het gloeiverlies berekend. Het gloeiverlies komt bij benadering overeen met het gehalte aan organisch materiaal in de bodem.

Destructie

Door de bodem te destrueren (ontsluiten) is het mogelijk de totale concentratie van bijna alle elementen in het materiaal te bepalen. Hiervoor werd 200 mg fijngemalen bodemmateriaal nauwkeurig afgewogen en in teflon destructievaatjes overgebracht. Aan het bodemmateriaal werd 5 ml geconcentreerd salpeterzuur (HNO_3 , 65 %) en 2 ml waterstofperoxide (H_2O_2 30 %) toegevoegd, waarna de vaatjes gesloten in een destructie-magnetron (Milestone microwave type mls 1200 mega of Ethos Easy) werden geplaatst en gedestruerd. Na destructie werd het destruaat nauwkeurig overgebracht in 100 ml maatcilinders en aangevuld tot 100 ml met demiwater. Het destruaat werd bewaard bij 4 °C tot verdere elementenanalyse op de ICP-OES.

Olsenextractie

Aan de hand van een Olsen-extractie kan de concentratie plantbeschikbaar fosfaat in de bodem worden bepaald (Smolders e.a., 2008). Hiertoe werd aan 3 gram fijngemalen droog bodemmateriaal 60 ml 0,5 mol l^{-1} natriumbicarbonaat (NaHCO_3) toegevoegd. De pH van het extractiemedium werd op pH 8,5 gesteld met behulp van NaOH. Gedurende 30 minuten werden de monsters uitgeschud op een schudmachine (105 rpm) waarna het supernatant onder vacuüm werd verzameld met behulp van teflon poriewaterbemonsteraars. Het extract werd bewaard bij 4 °C tot verdere elementenanalyse op de ICP-OES.

Zoutextractie

Met een zoutextractie kunnen de vrij in de bodem aanwezige ionen of de zoutuitwisselbare ionen bepaald worden. De pH-z, de Al/Ca-ratio en de Ca-z concentratie geven een goede indicatie van de mate van buffering en verzuringsgevoeligheid van de bodems. De Ca-z concentratie is met name in heiden en schraallanden zeer indicatief voor de natuurtypen die tot ontwikkeling kunnen komen, en hoge NH_4 -concentraties kunnen leiden tot toxiciteit en/of verzuuring (De Graaf e.a., 2009). Hiervoor werd 17,5 gram verse bodem met 50 ml zoutextract (0,2 mol l^{-1} NaCl) gedurende 2 uur geschud op een schudmachine bij 105 rpm. De pH werd gemeten met een HQD pH-electrode. De extracten werden gefilterd met behulp van rhizons. Voor analyse op de ICP-OES werd een deel van het filtraat aangezuurd met salpeterzuur (eindconcentratie 1%) en bewaard bij 4 °C tot verdere elementenanalyse. Voor analyse op de auto-analyzers werd niet-aangezuurd filtraat bewaard bij -18 °C tot verdere elementenanalyse.

Oxalaatextractie

Met een oxalaatextractie kan de concentratie ijzer- en aluminiumgebonden fosfaat worden bepaald. Deze parameters geven een goede indicatie voor het risico op P-mobilisatie in de bodem als gevolg van vernatting. Hiervoor werd vers materiaal ingewogen overeenkomstig met 2,5 gram droog materiaal en met 50 ml extractiemedium ($(\text{COONH}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$: $0,12 \text{ mol l}^{-1}$ en $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$: $0,12 \text{ mol l}^{-1}$) uitgeschud op een schudmachine bij 105 rpm. De extracten werden gefilterd met behulp van rhizons en het filtraat werd niet-aangezuurd bewaard bij $4 \text{ }^\circ\text{C}$ tot verdere elementenanalyse op de ICP-OES.

Watermonsters

Standaard analyses oppervlakte-, grondwater en bodemvocht

De pH werd gemeten met een standaard Ag/AgCl₂ elektrode verbonden met een radiometer (Copenhagen, type TIM840). De hoeveelheid opgelost anorganisch koolstof (TIC: CO₂ en HCO₃) werd bepaald met behulp van infrarood gasanalyse (ABB Advance Optima IRGA). De alkaliniteit werd bepaald door een deel van het monster te titreren met $0,01 \text{ mol l}^{-1}$ zoutzuur tot pH 4,2. De toegevoegde hoeveelheid equivalenten zuur per liter is hierbij de alkaliniteit. Het EGV werd bepaald met een HACH EGV-probe verbonden met een HQD-meter. De turbiditeit van de oppervlaktewatermonsters werd bepaald met een Dentan Turbidimeter (model FN-5). De extinctie (450 nm) van de oppervlaktewatermonsters werd bepaald met een Biotek plaatreader. De monsters voor de auto-analyzer werden bewaard bij een temperatuur van $-20 \text{ }^\circ\text{C}$ tot aan de elementenanalyse. De monsters voor de ICP-OES werden aangezuurd voor elementenanalyse en bewaard bij $4 \text{ }^\circ\text{C}$.

Chemische analyses

Elementenanalyse (ICP en auto-analysers)

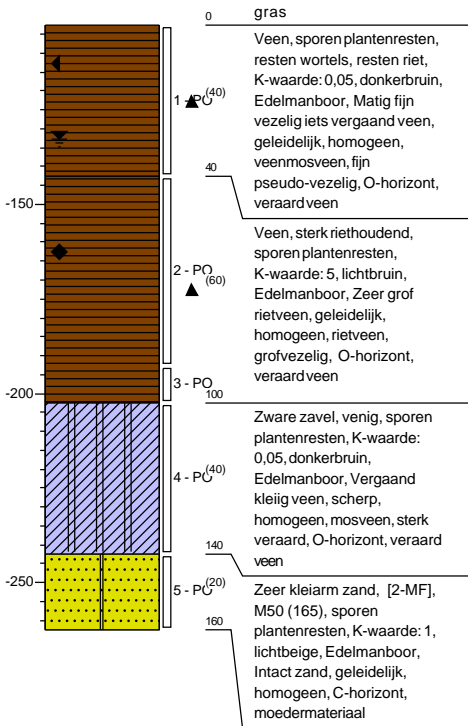
De concentraties calcium (Ca), magnesium (Mg), aluminium (Al), ijzer (Fe), mangaan (Mn), fosfor (P), zwavel (S; als maat voor SO₄), silicium (Si) en zink (Zn) werden bepaald met behulp van een Inductively Coupled Plasma Spectrofotometer (ICP-OES, ICAP 6300, Thermo Fisher Scientific of, ARCOS MV, Spectro). De concentraties nitraat (NO₃), ammonium (NH₄) en fosfaat (PO₄) werden colorimetrisch bepaald met een Seal auto-analyser III met behulp van resp. salicylaatreagens, hydrazinesulfaat en ammoniummolybdaat/ascorbinezuur. Chloride (Cl) werd colorimetrisch bepaald met een Bran+Luebbe auto-analyser III systeem met behulp van mercuritiocyanide. Natrium (Na) en kalium (K) werden vlamfotometrisch bepaald met een Sherwood Model 420 Flame Photometer.



BIJLAGE: BODEMPROFIELEN

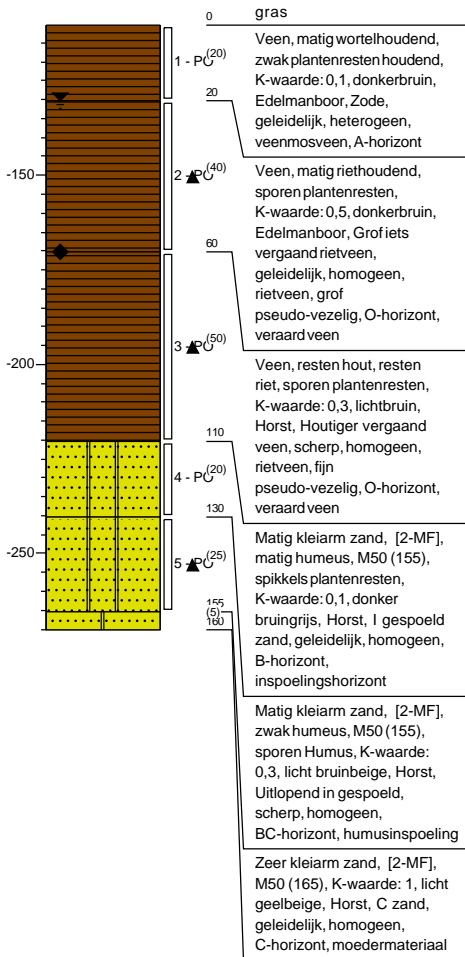
Boring: 01

X: 135985,24
 Y: 470876,16
 Datum: 19-4-2021
 Boormeester: Jan Vermeer
 Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
 N.A.P.: -1,026
 GWS: 30
 GHG: 10
 GLG: 60



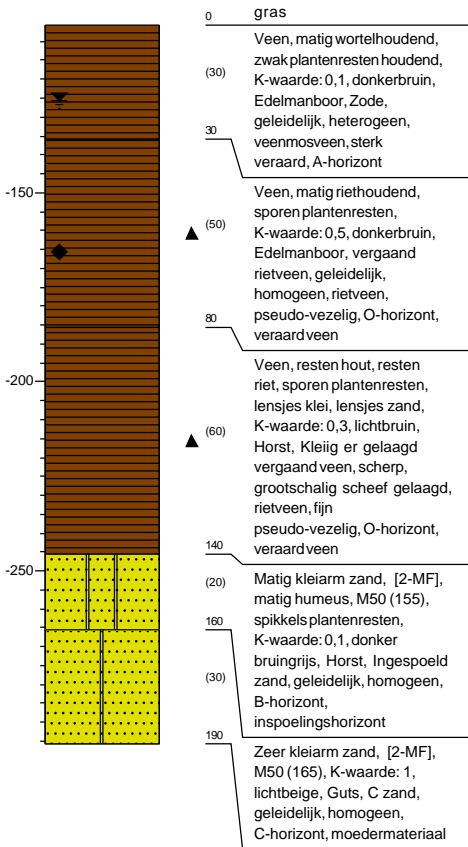
Boring: 02

X: 135853,44
 Y: 470941,94
 Datum: 19-4-2021
 Boormeester: Jan Vermeer
 Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
 N.A.P.: -1,103
 GWS: 20
 GHG: 0
 GLG: 60



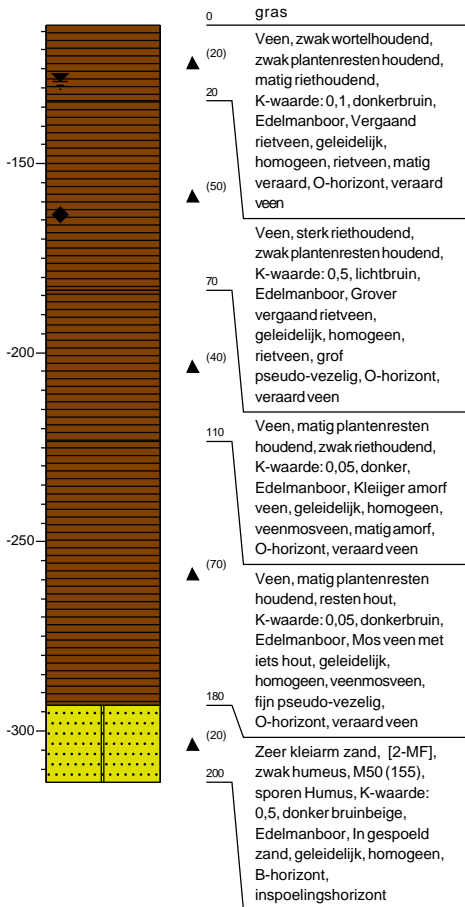
Boring: 03

X: 135759,34
 Y: 470998,22
 Datum: 19-4-2021
 Boormeester: Jan Vermeer
 Nauwkeurigheid GPS: RTK, float integers
 N.A.P.: -1,057
 GWS: 20
 GHG: 0
 GLG: 60



Boring: 04

X: 135642,05
 Y: 471066,30
 Datum: 19-4-2021
 Boormeester: Jan Vermeer
 Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
 N.A.P.: -1,135
 GWS: 15
 GHG: 0
 GLG: 50

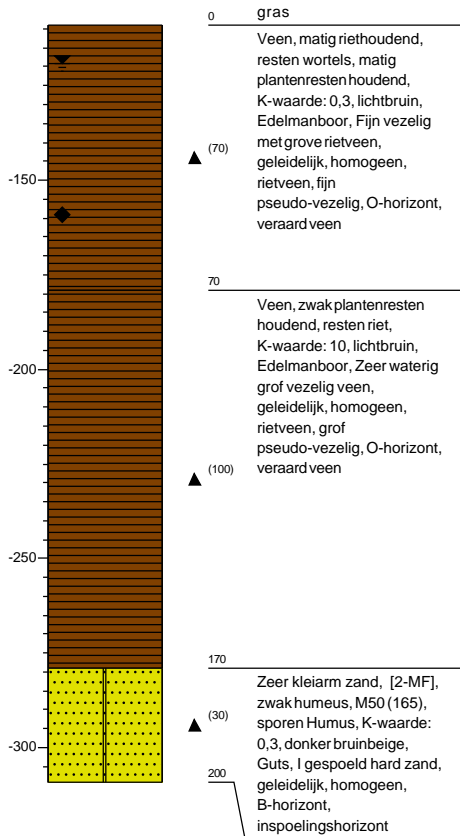
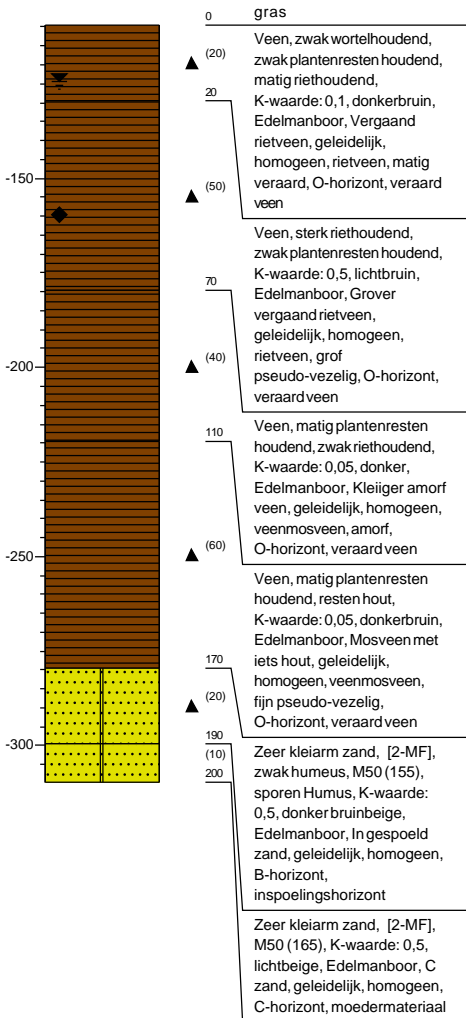


Boring: 05

X: 135535,51
 Y: 471131,07
 Datum: 19-4-2021
 Boormeester: Jan Vermeer
 Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
 N.A.P.: -1,095
 GWS: 15
 GHG: 0
 GLG: 50

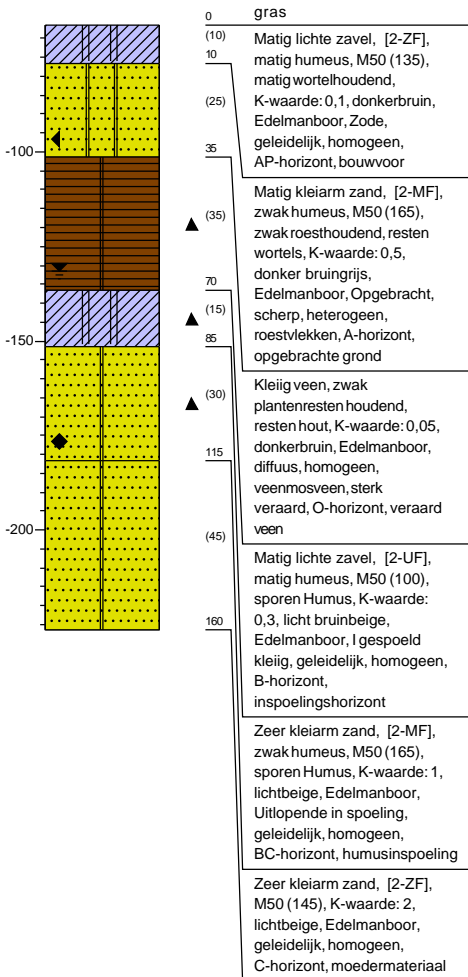
Boring: 06

X: 135406,16
 Y: 471211,40
 Datum: 19-4-2021
 Boormeester: Jan Vermeer
 Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
 N.A.P.: -1,091
 GWS: 10
 GHG: 0
 GLG: 50



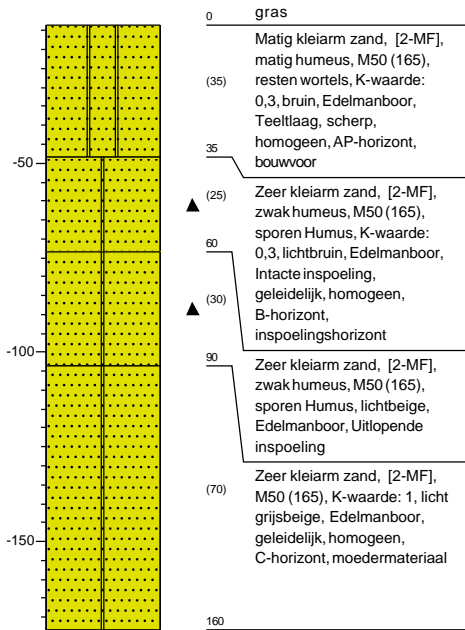
Boring: 07

X: 136675,23
 Y: 470522,94
 Datum: 19-4-2021
 Boormeester: Jan Vermeer
 Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
 N.A.P.: -0,665
 GWS: 65
 GHG: 30
 GLG: 110



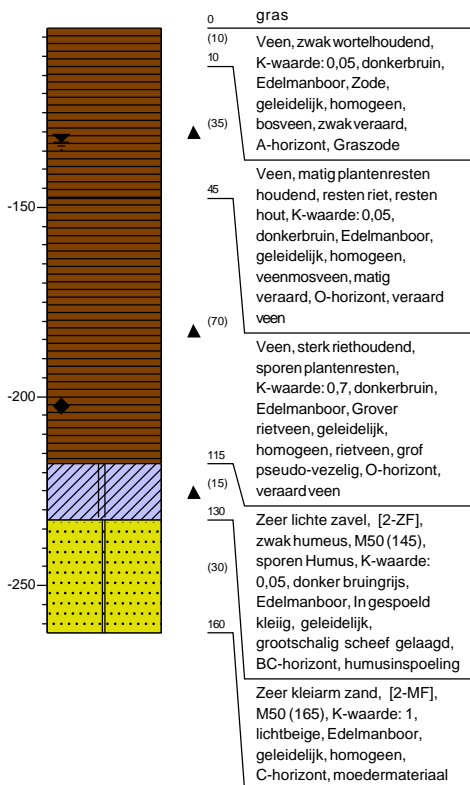
Boring: 08

X: 136542,82
 Y: 470651,77
 Datum: 19-4-2021
 Boormeester: Jan Vermeer
 Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
 N.A.P.: -0,135



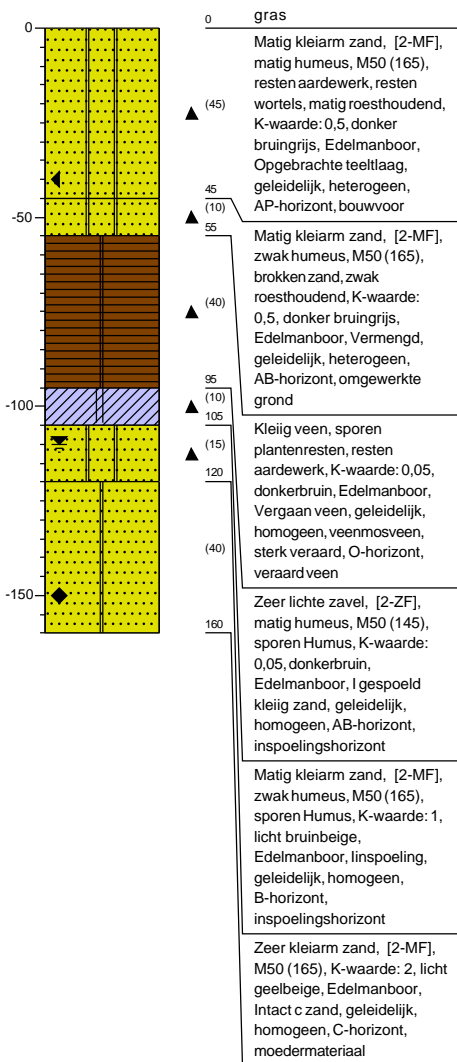
Boring: 09

X: 136100,03
 Y: 470836,47
 Datum: 19-4-2021
 Boormeester: Jan Vermeer
 Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
 N.A.P.: -1,027
 GWS: 30
 GHG: 0
 GLG: 100



Boring: 10

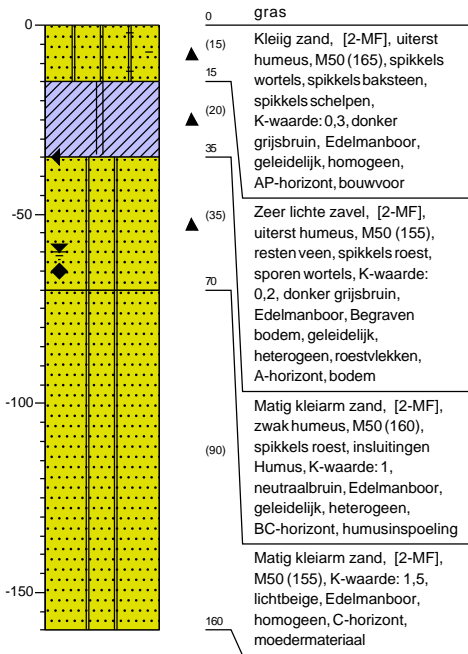
X: 136816,17
 Y: 470614,85
 Datum: 19-4-2021
 Boormeester: Jan Vermeer
 Nauwkeurigheid GPS: GPS
 GWS: 110
 GHG: 40
 GLG: 150



Boring: 11

X: 136544,98
 Y: 470910,32
 Datum: 21-4-2021
 Boormeester: Jan Vermeer
 Nauwkeurigheid GPS: GPS

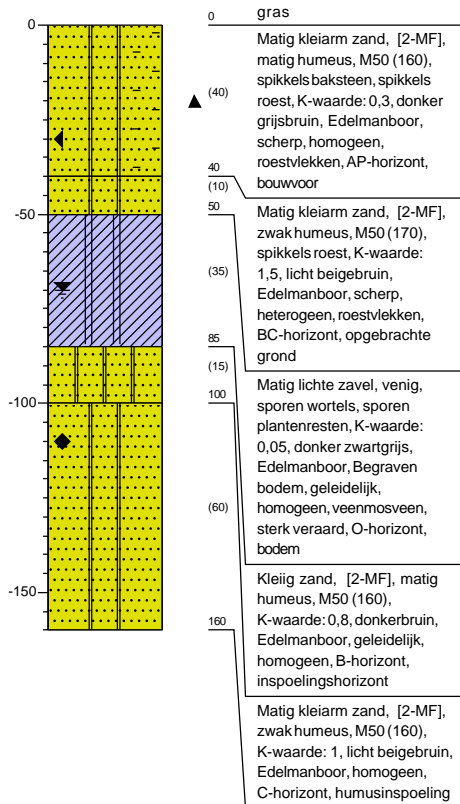
GWS: 60
 GHG: 35
 GLG: 65



Boring: 12

X: 136664,22
 Y: 470910,54
 Datum: 21-4-2021
 Boormeester: Jan Vermeer
 Nauwkeurigheid GPS: GPS

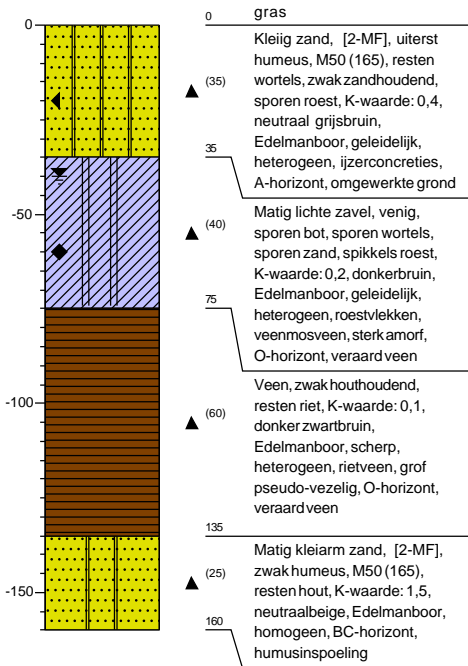
GWS: 70
 GHG: 30
 GLG: 110



Boring: 13

X: 136135,62
 Y: 471113,82
 Datum: 21-4-2021
 Boormeester: Jan Vermeer
 Nauwkeurigheid GPS: GPS

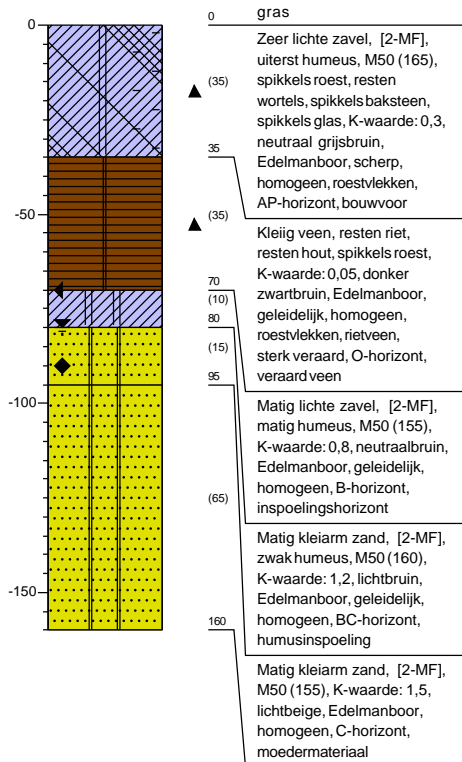
GWS: 40
 GHG: 20
 GLG: 60



Boring: 14

X: 136457,66
 Y: 471614,82
 Datum: 21-4-2021
 Boormeester: Jan Vermeer
 Nauwkeurigheid GPS: GPS

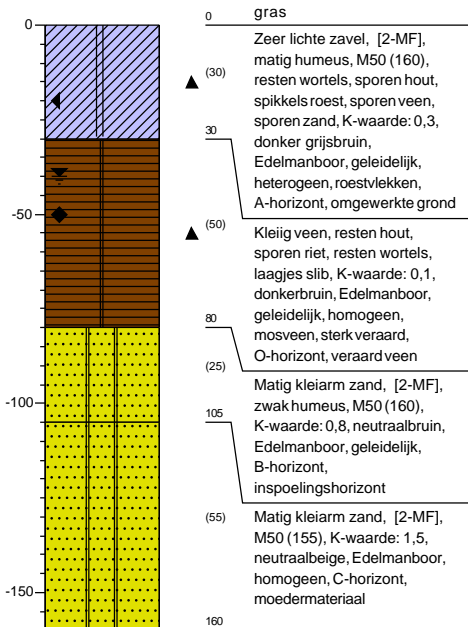
GWS: 80
 GHG: 70
 GLG: 90



Boring: 15

X: 136225,07
 Y: 471035,28
 Datum: 21-4-2021
 Boormeester: Casper Kuipers
 Nauwkeurigheid GPS: GPS

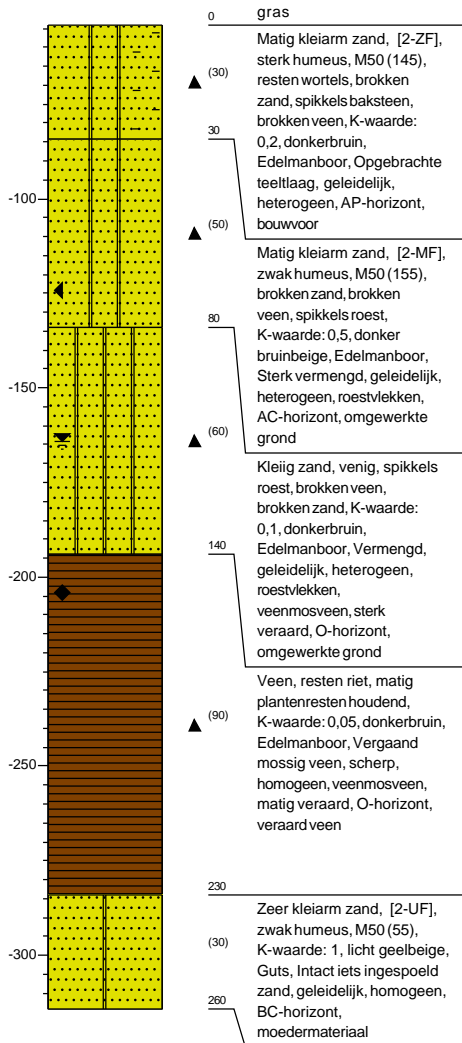
GWS: 40
 GHG: 20
 GLG: 50



Boring: 16

X: 136105,98
 Y: 471304,45
 Datum: 20-4-2021
 Boormeester: Jan Vermeer
 Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
 N.A.P. : -0,542

GWS: 110
 GHG: 70
 GLG: 150

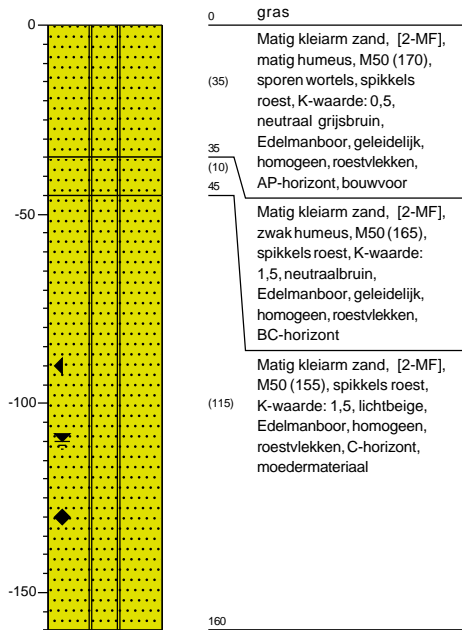
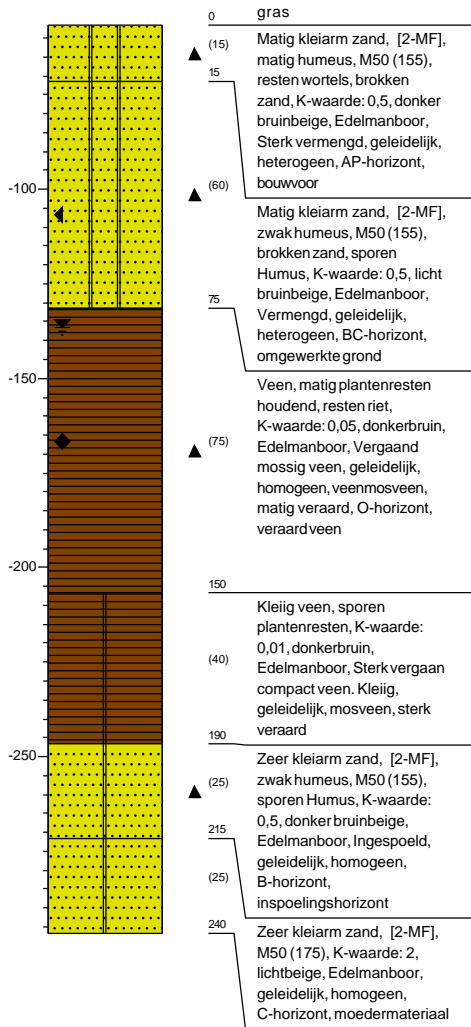


Boring: 17

X: 135892,84
 Y: 471410,34
 Datum: 20-4-2021
 Boormeester: Jan Vermeer
 Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
 N.A.P.: -0,567
 GWS: 80
 GHG: 50
 GLG: 110

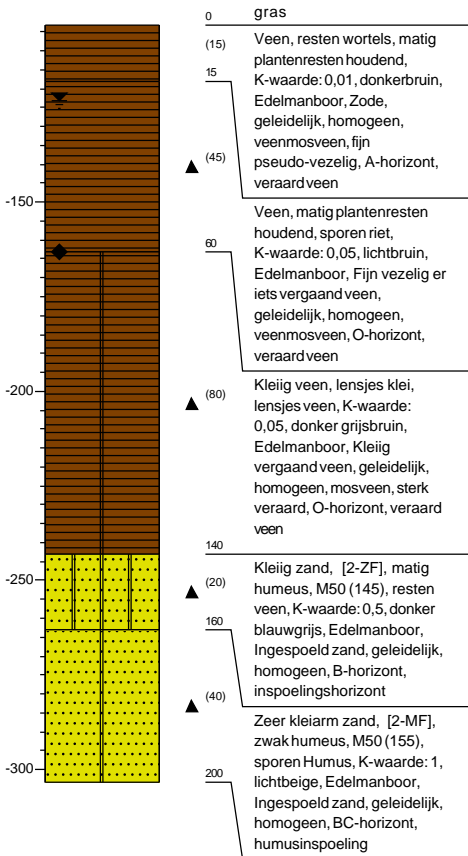
Boring: 18

X: 136795,95
 Y: 471250,13
 Datum: 21-4-2021
 Boormeester: Jan Vermeer
 Nauwkeurigheid GPS: GPS
 GWS: 110
 GHG: 90
 GLG: 130



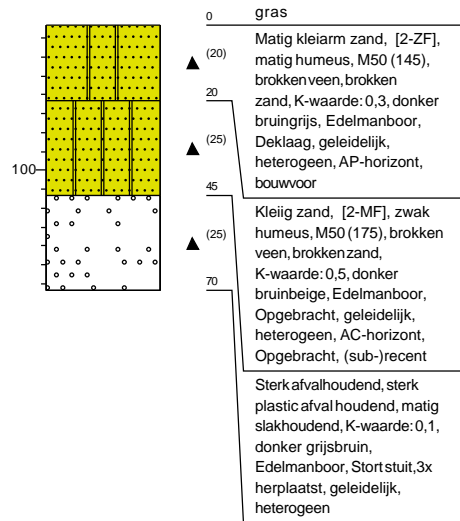
Boring: 19

X: 135290,22
 Y: 471283,61
 Datum: 19-4-2021
 Boormeester: Jan Vermeer
 Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
 N.A.P. : -1,033
 GWS: 20
 GHG: 0
 GLG: 60



Boring: 20

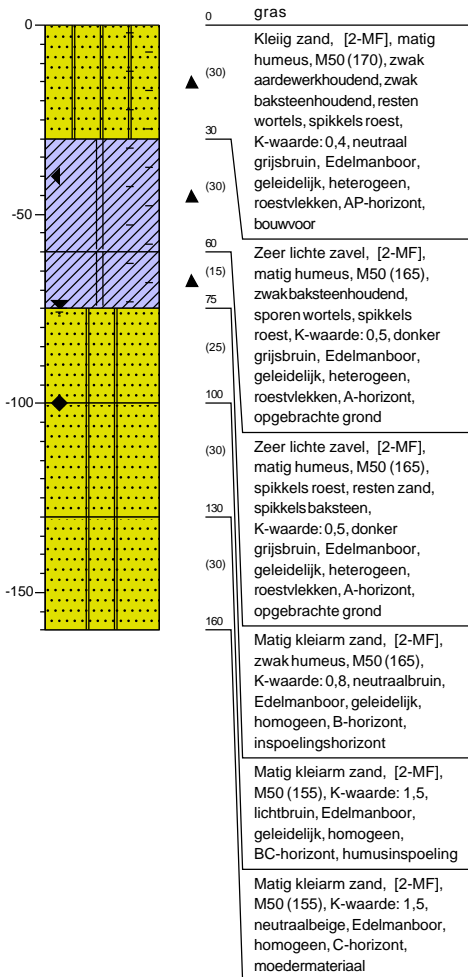
X: 136243,75
 Y: 471429,96
 Datum: 20-4-2021
 Boormeester: Jan Vermeer
 Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
 N.A.P. : 1,385



Boring: 21

X: 136581,59
 Y: 471261,85
 Datum: 21-4-2021
 Boormeester: Jan Vermeer
 Nauwkeurigheid GPS: GPS

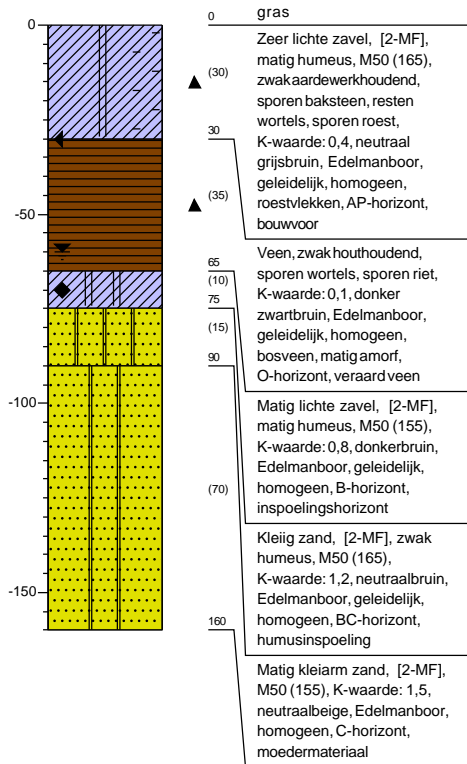
GWS: 75
 GHG: 40
 GLG: 100



Boring: 22

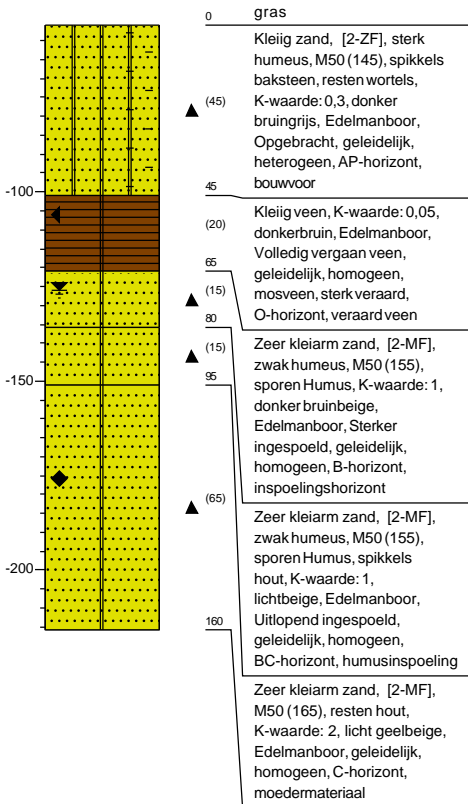
X: 136466,81
 Y: 471388,05
 Datum: 21-4-2021
 Boormeester: Jan Vermeer
 Nauwkeurigheid GPS: GPS

GWS: 60
 GHG: 30
 GLG: 70



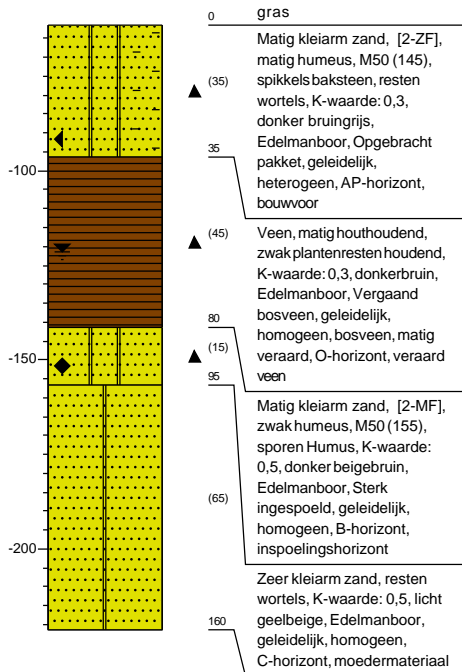
Boring: 23

X: 136524,57
 Y: 471821,12
 Datum: 20-4-2021
 Boormeester: Jan Vermeer
 Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
 N.A.P.: -0,559
 GWS: 70
 GHG: 50
 GLG: 120



Boring: 24

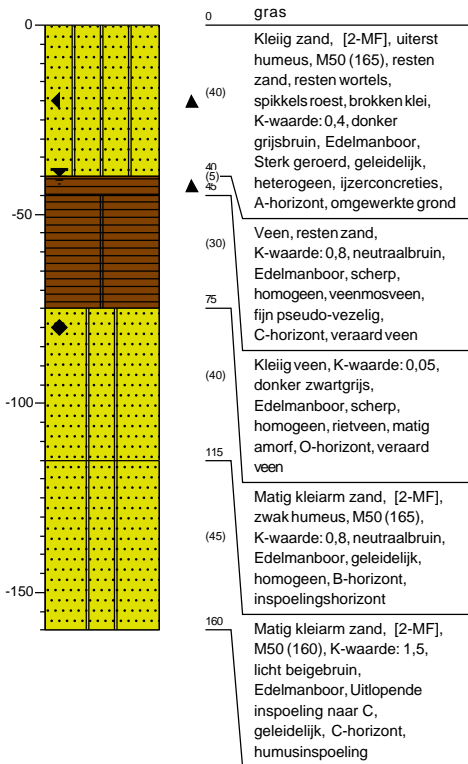
X: 136539,65
 Y: 471683,70
 Datum: 20-4-2021
 Boormeester: Jan Vermeer
 Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
 N.A.P.: -0,616
 GWS: 60
 GHG: 30
 GLG: 90



Boring: 25

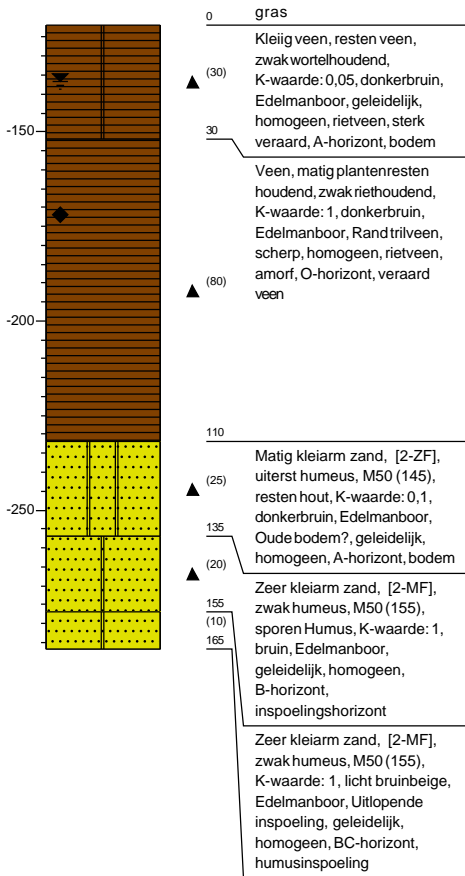
X: 136391,09
 Y: 470975,95
 Datum: 21-4-2021
 Boormeester: Jan Vermeer
 Nauwkeurigheid GPS: GPS

 GWS: 40
 GHG: 20
 GLG: 80



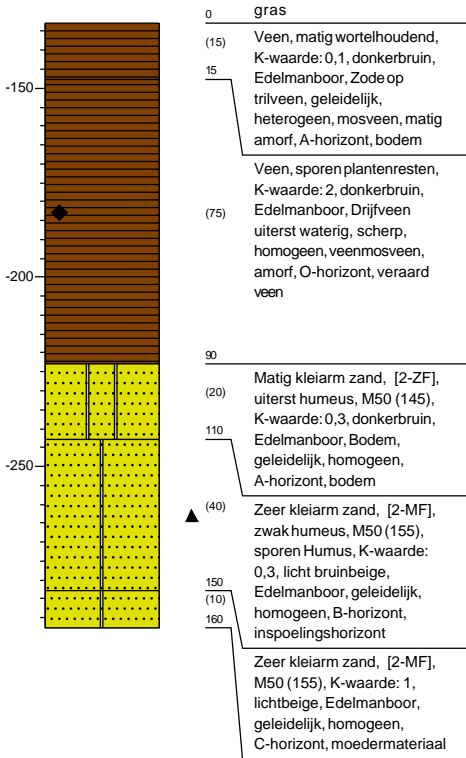
Boring: 26

X: 135873,99
 Y: 471167,04
 Datum: 26-4-2021
 Boormeester: Jan Vermeer
 Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
 N.A.P. : -1,218
 GWS: 15
 GHG: 0
 GLG: 50



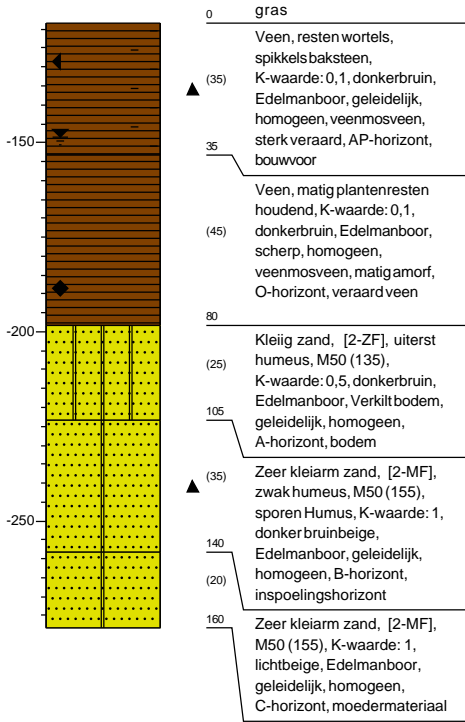
Boring: 27

X: 135980,06
 Y: 471094,08
 Datum: 26-4-2021
 Boormeester: Jan Vermeer
 Nauwkeurigheid GPS: RTK, float integers
 N.A.P.: -1,329
 GWS: 0
 GHG: 0
 GLG: 50



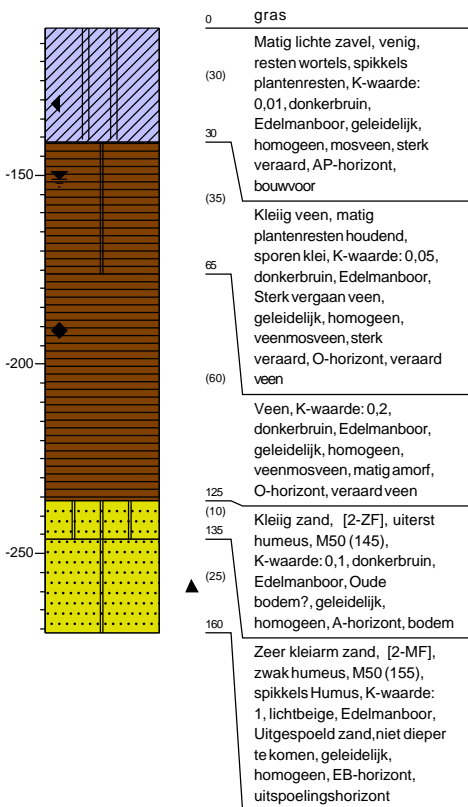
Boring: 28

X: 135970,57
 Y: 471140,49
 Datum: 26-4-2021
 Boormeester: Jan Vermeer
 Nauwkeurigheid GPS: RTK, float integers
 N.A.P.: -1,185
 GWS: 30
 GHG: 10
 GLG: 70



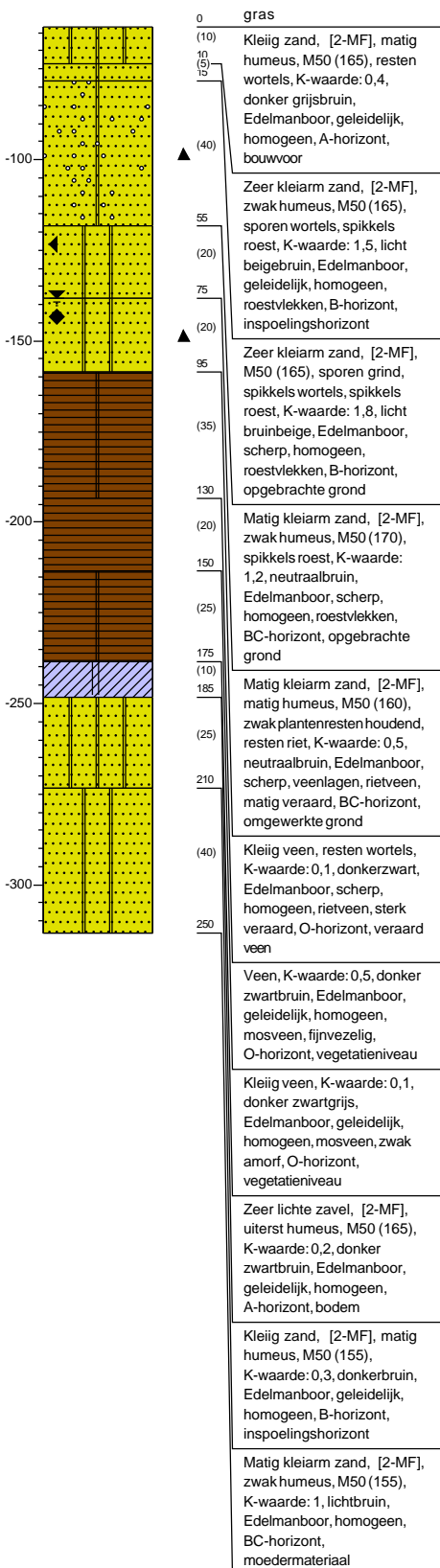
Boring: 29

X: 135749,41
 Y: 471262,36
 Datum: 26-4-2021
 Boormeester: Jan Vermeer
 Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
 N.A.P.: -1,112
 GWS: 40
 GHG: 20
 GLG: 80



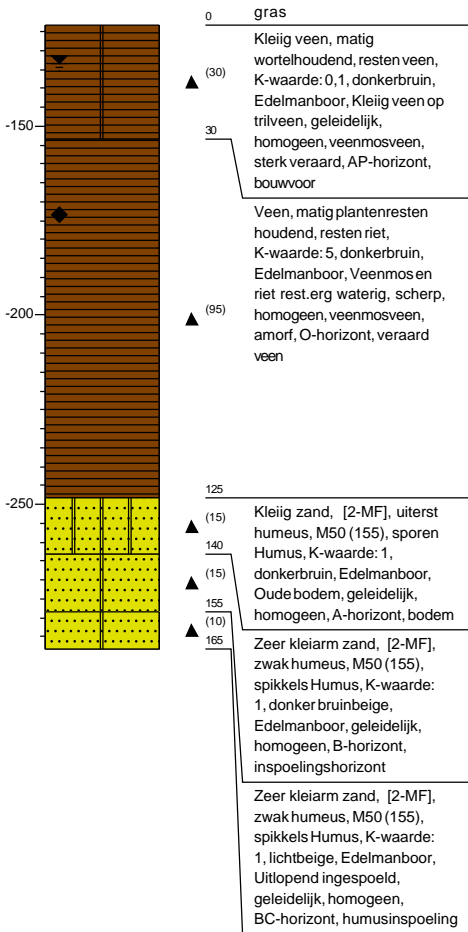
Boring: 30

X: 134720,84
 Y: 471043,73
 Datum: 23-4-2021
 Boormeester: Jan Vermeer
 Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
 N.A.P.: -0,635
 GWS: 75
 GHG: 60
 GLG: 80



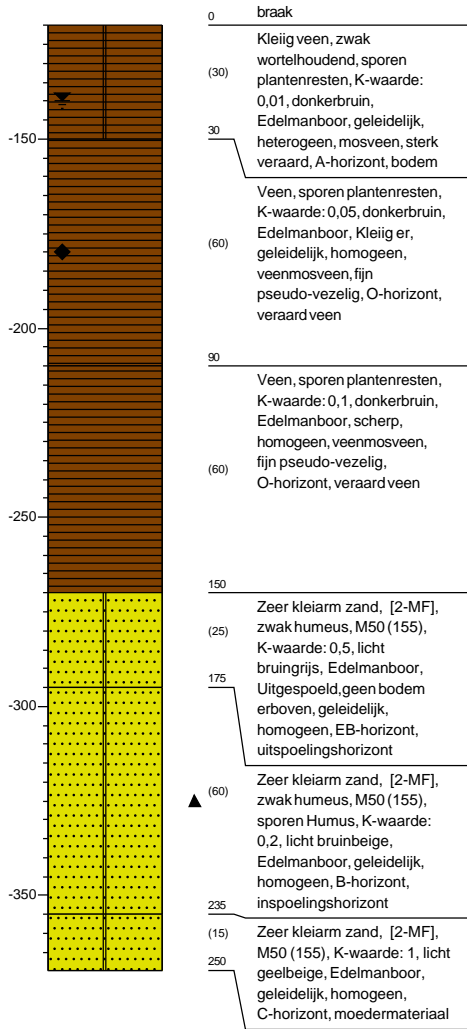
Boring: 31

X: 135661,68
 Y: 471254,95
 Datum: 26-4-2021
 Boormeester: Jan Vermeer
 Nauwkeurigheid GPS: RTK, float integers
 N.A.P.: -1,234
 GWS: 10
 GHG: 0
 GLG: 50



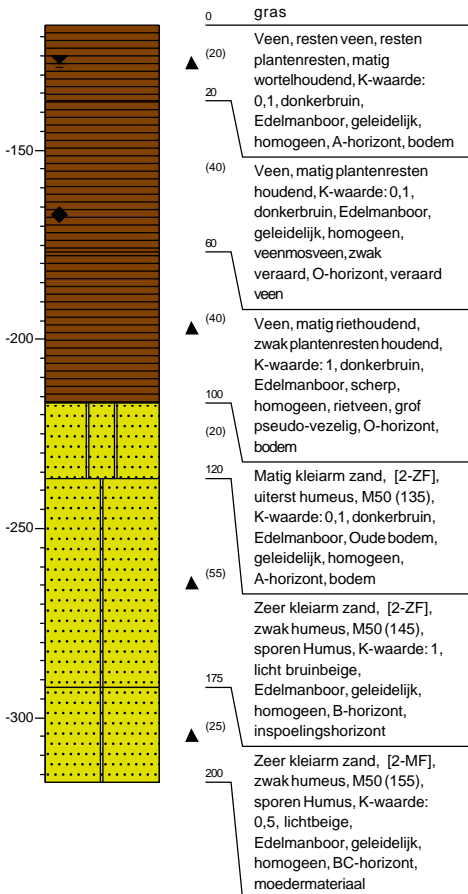
Boring: 32

X: 135432,24
 Y: 471345,63
 Datum: 30-4-2021
 Boormeester: Jan Vermeer
 Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
 N.A.P.: -1,199
 GWS: 20
 GHG: 0
 GLG: 60



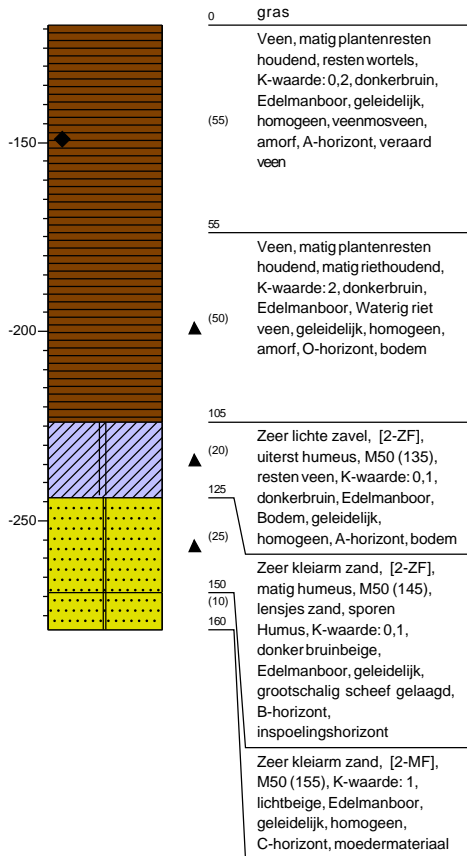
Boring: 33

X: 135566,23
 Y: 471364,96
 Datum: 26-4-2021
 Boormeester: Jan Vermeer
 Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
 N.A.P. : -1,17
 GWS: 10
 GHG: 0
 GLG: 50
 Opmerking: Z



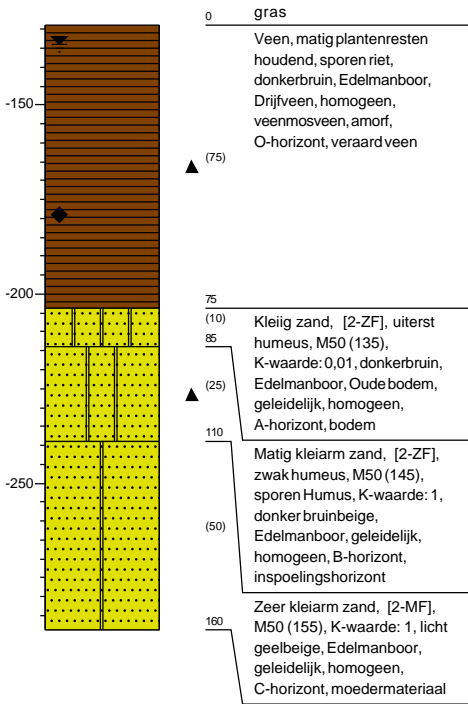
Boring: 34

X: 135521,48
 Y: 471430,46
 Datum: 26-4-2021
 Boormeester: Jan Vermeer
 Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
 N.A.P. : -1,19
 GWS: 0
 GHG: 0
 GLG: 30



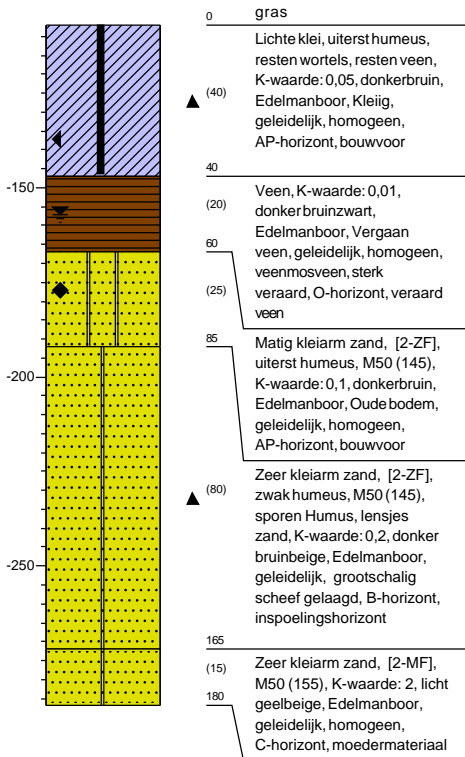
Boring: 35

X: 135661,38
 Y: 471399,26
 Datum: 26-4-2021
 Boormeester: Jan Vermeer
 Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
 N.A.P.: -1,29
 GWS: 5
 GHG: 0
 GLG: 50



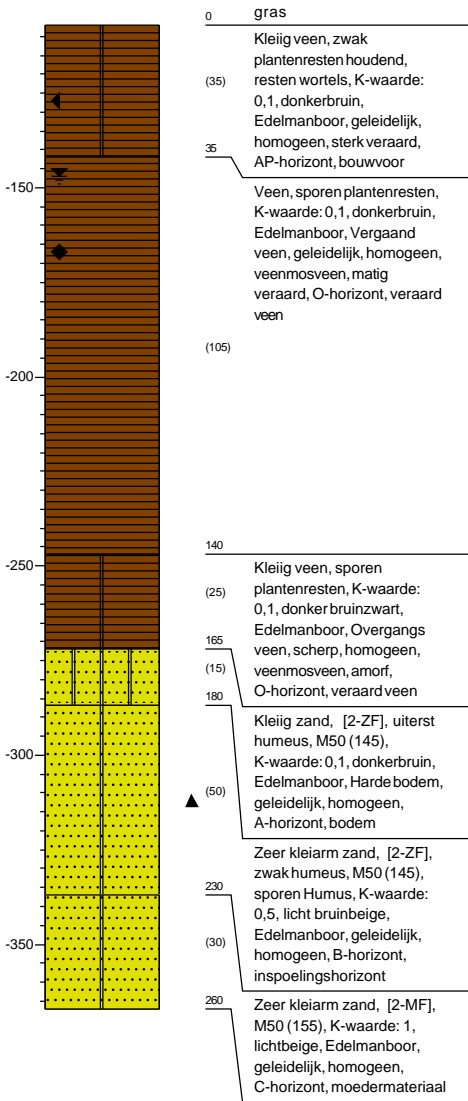
Boring: 36

X: 135618,13
 Y: 471470,01
 Datum: 26-4-2021
 Boormeester: Jan Vermeer
 Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
 N.A.P.: -1,071
 GWS: 50
 GHG: 30
 GLG: 70



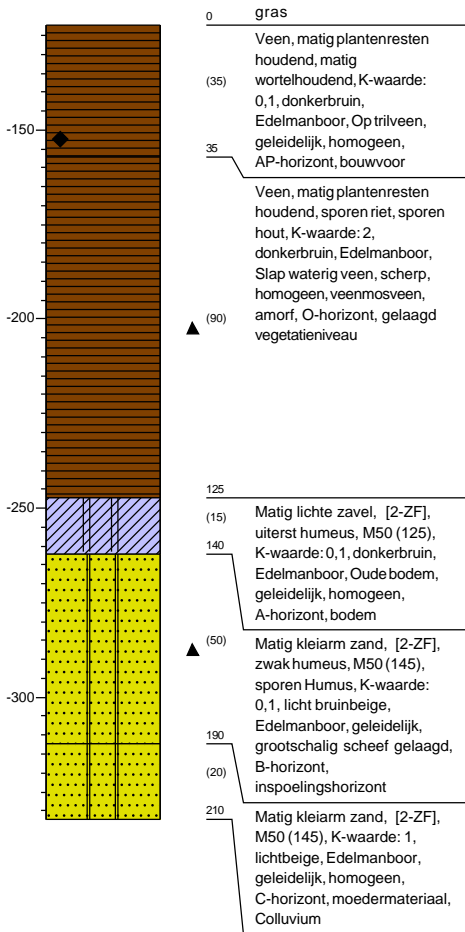
Boring: 37

X: 135512,16
 Y: 471561,23
 Datum: 26-4-2021
 Boormeester: Jan Vermeer
 Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
 N.A.P.: -1,071
 GWS: 40
 GHG: 20
 GLG: 60



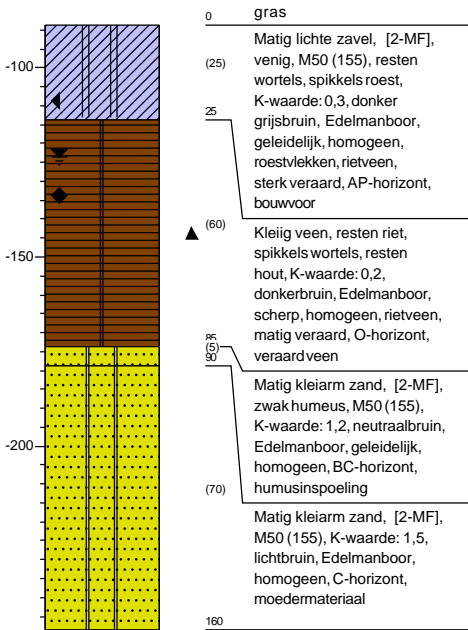
Boring: 38

X: 135797,89
 Y: 471399,29
 Datum: 26-4-2021
 Boormeester: Jan Vermeer
 Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
 N.A.P.: -1,224
 GWS: 0
 GHG: 0
 GLG: 30



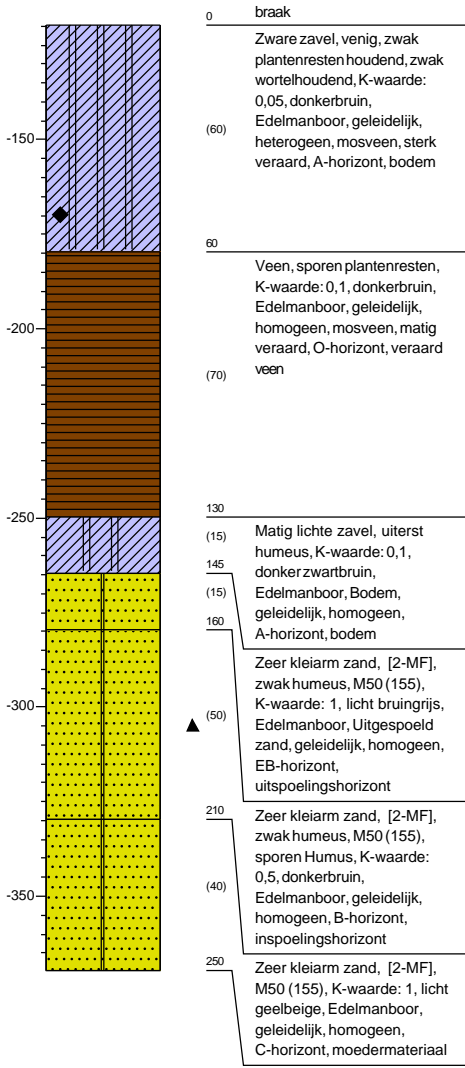
Boring: 39

X: 134992,55
 Y: 470779,96
 Datum: 23-4-2021
 Boormeester: Jan Vermeer
 Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
 N.A.P.: -0,887
 GWS: 35
 GHG: 20
 GLG: 45



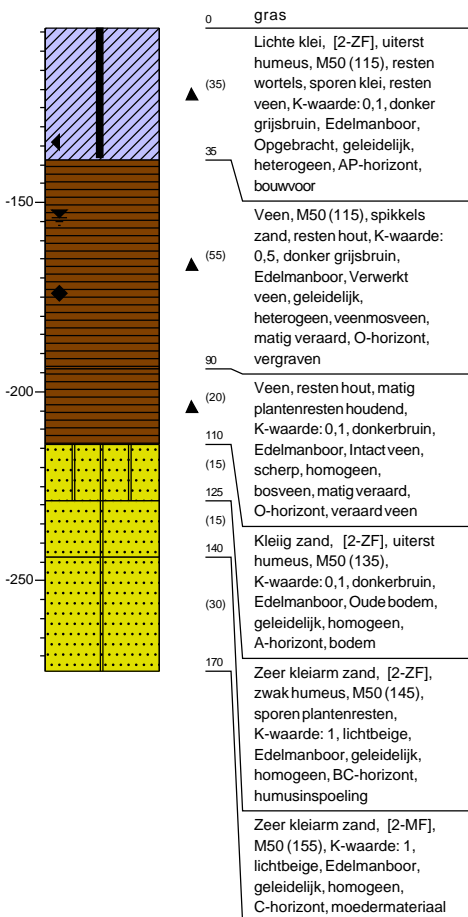
Boring: 40

X: 135500,14
 Y: 471305,99
 Datum: 30-4-2021
 Boormeester: Jan Vermeer
 Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
 N.A.P.: -1,197
 GWS: 0
 GHG: 0
 GLG: 50
 Opmerking: Verplaatst in overleg pl en veiligheid



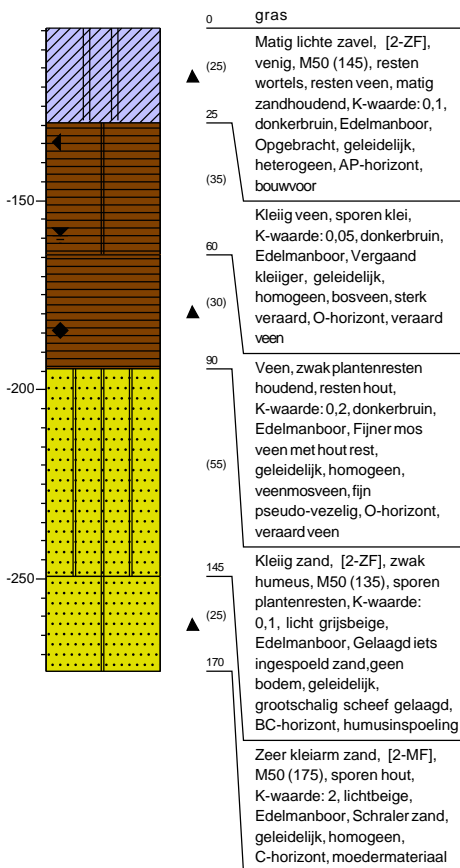
Boring: 41

X: 135985,05
 Y: 471272,26
 Datum: 26-4-2021
 Boormeester: Jan Vermeer
 Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
 N.A.P.: -1,039
 GWS: 50
 GHG: 30
 GLG: 70



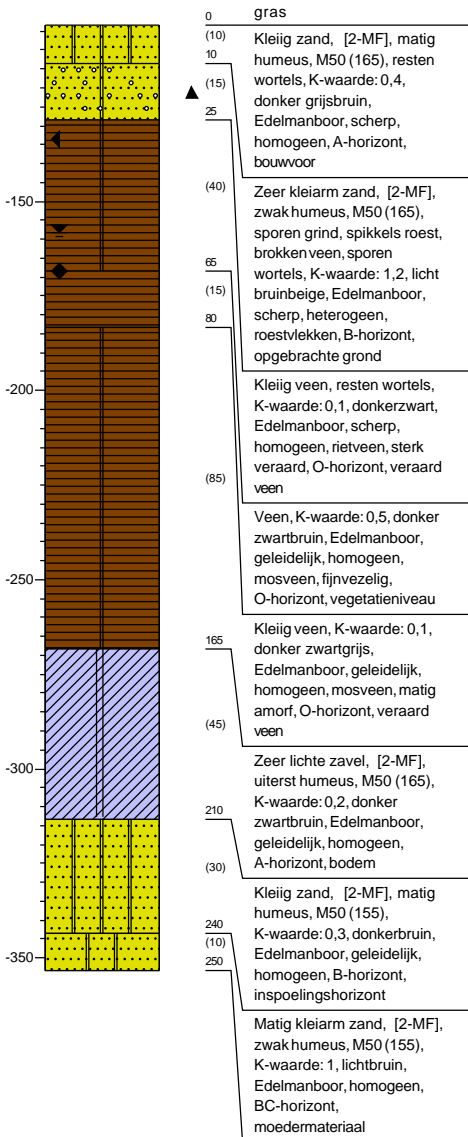
Boring: 42

X: 136157,02
 Y: 471204,19
 Datum: 26-4-2021
 Boormeester: Jan Vermeer
 Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
 N.A.P.: -1,044
 GWS: 55
 GHG: 30
 GLG: 80



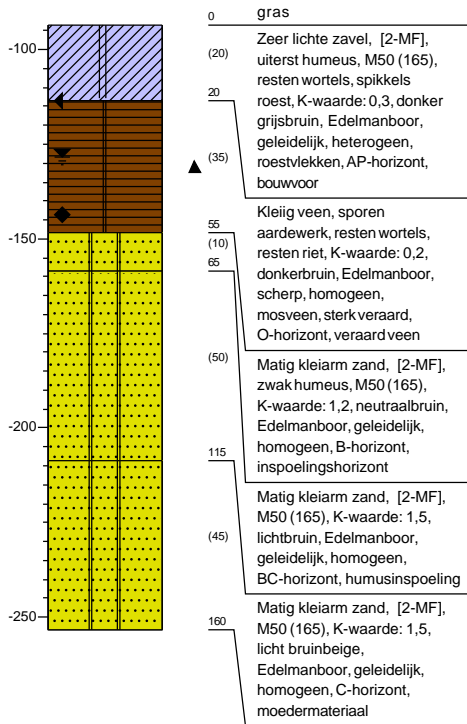
Boring: 43

X: 134822,69
 Y: 470932,93
 Datum: 23-4-2021
 Boormeester: Casper Kuipers
 Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
 N.A.P.: -1,034
 GWS: 55
 GHG: 30
 GLG: 65



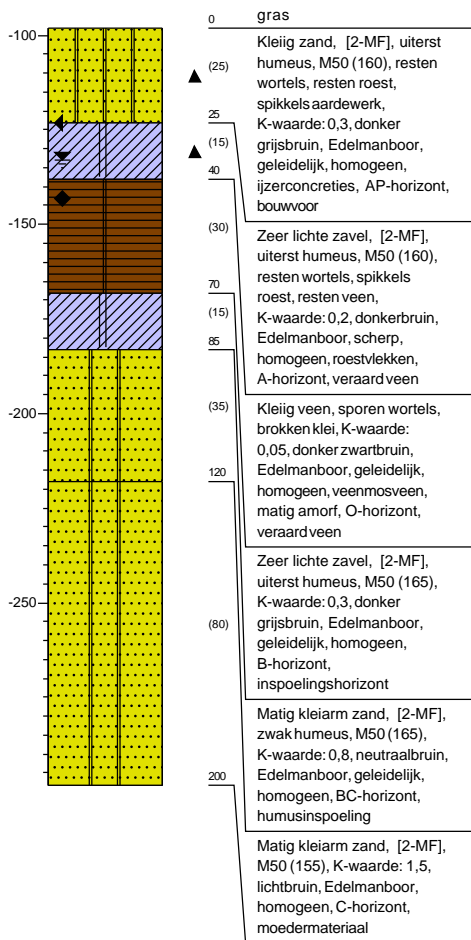
Boring: 44

X: 135000,90
 Y: 470914,31
 Datum: 23-4-2021
 Boormeester: Casper Kuipers
 Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
 N.A.P.: -0,936
 GWS: 35
 GHG: 20
 GLG: 50



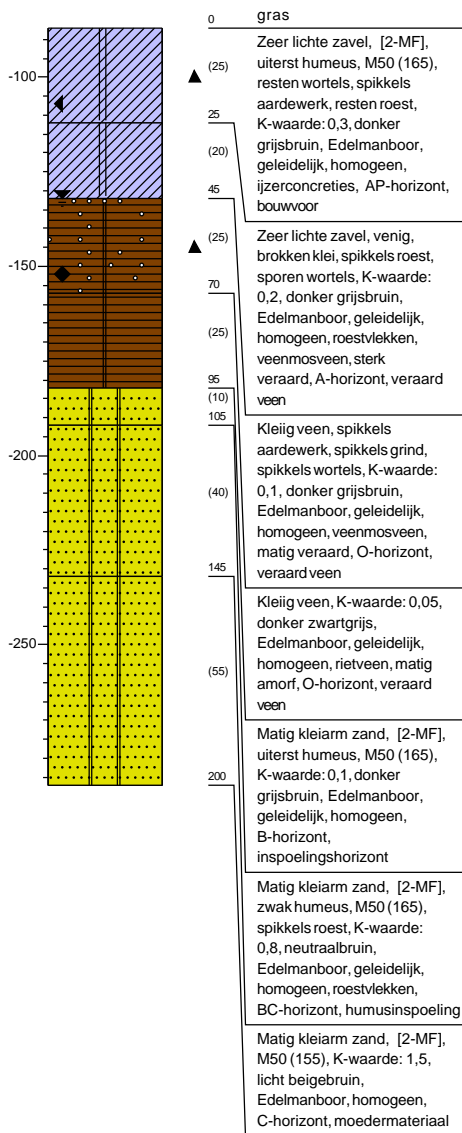
Boring: 45

X: 134926,87
 Y: 471053,15
 Datum: 23-4-2021
 Boormeester: Casper Kuipers
 Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
 N.A.P.: -0,982
 GWS: 35
 GHG: 25
 GLG: 45



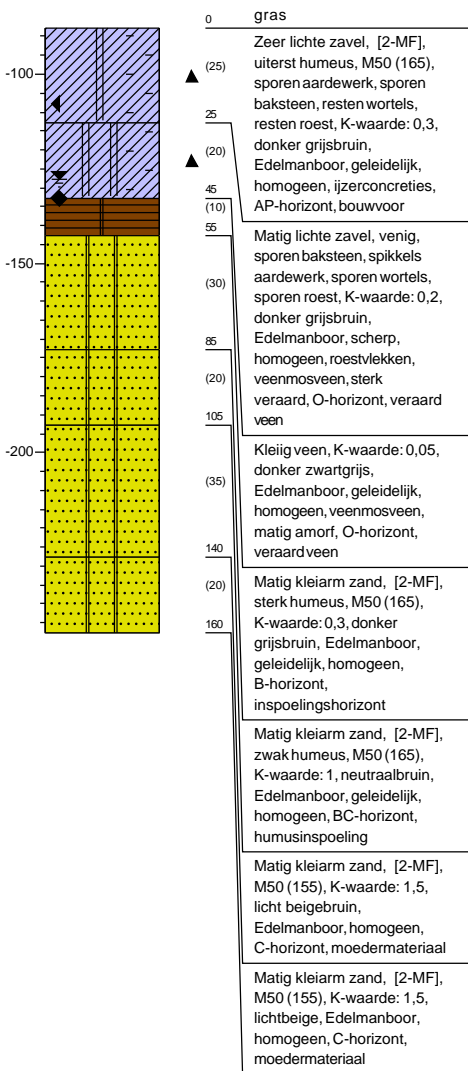
Boring: 46

X: 134877,28
 Y: 471158,32
 Datum: 23-4-2021
 Boormeester: Casper Kuipers
 Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
 N.A.P.: -0,87
 GWS: 45
 GHG: 20
 GLG: 65



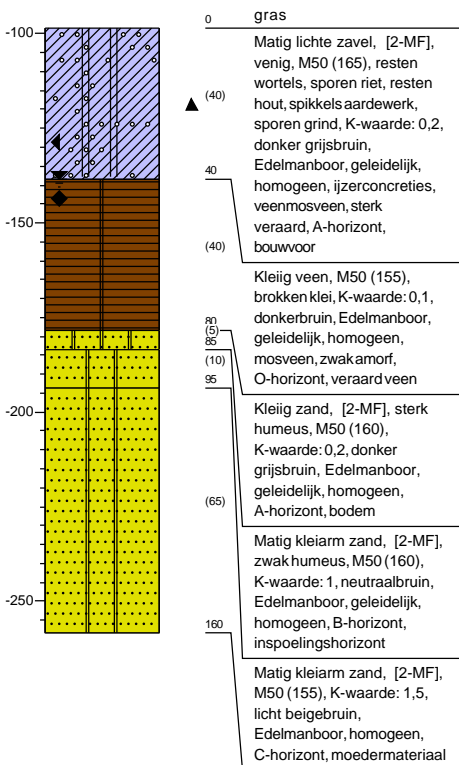
Boring: 47

X: 135008,82
 Y: 471078,41
 Datum: 23-4-2021
 Boormeester: Casper Kuipers
 Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
 N.A.P.: -0,878
 GWS: 40
 GHG: 20
 GLG: 45



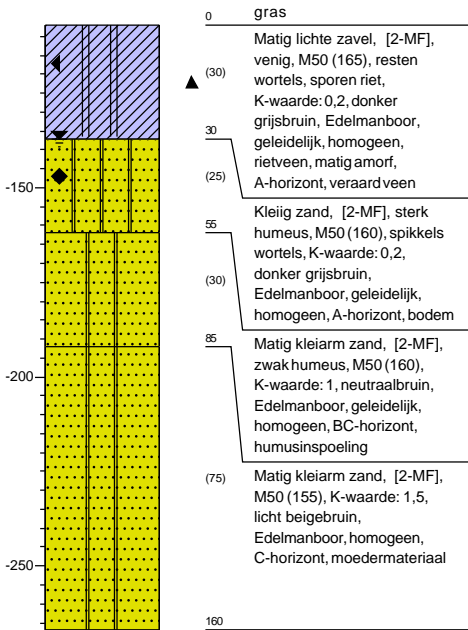
Boring: 48

X: 135113,77
 Y: 471359,61
 Datum: 23-4-2021
 Boormeester: Casper Kuipers
 Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
 N.A.P.: -0,985
 GWS: 40
 GHG: 30
 GLG: 45



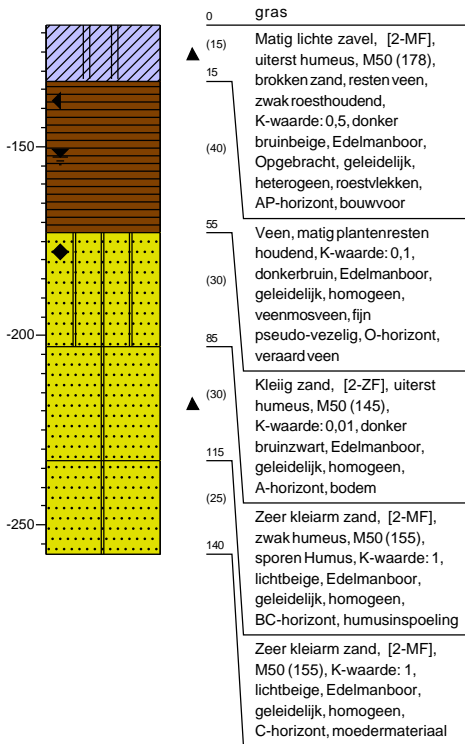
Boring: 49

X: 135166,93
 Y: 471292,55
 Datum: 23-4-2021
 Boormeester: Casper Kuipers
 Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
 N.A.P.: -1,07
 GWS: 30
 GHG: 10
 GLG: 40



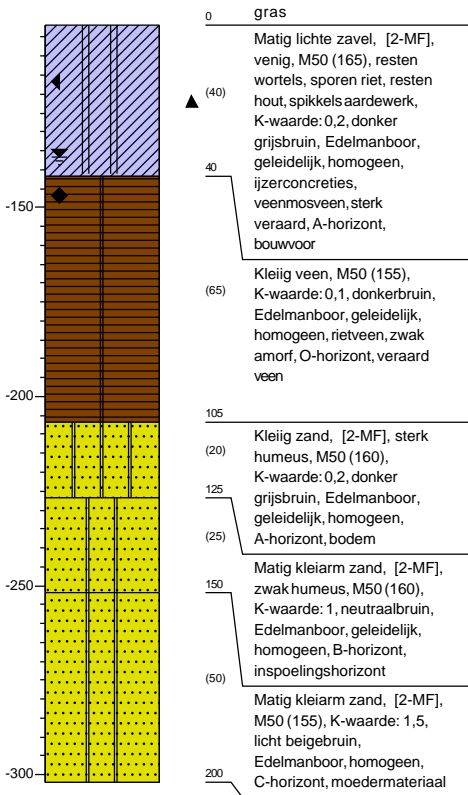
Boring: 50

X: 135439,12
 Y: 471575,64
 Datum: 26-4-2021
 Boormeester: Jan Vermeer
 Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
 N.A.P.: -1,18
 GWS: 35
 GHG: 20
 GLG: 60



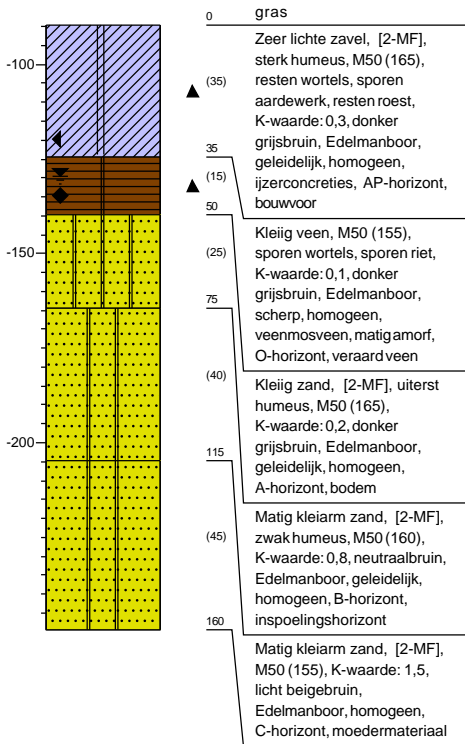
Boring: 51

X: 135045,13
 Y: 471360,18
 Datum: 23-4-2021
 Boormeester: Casper Kuipers
 Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
 N.A.P.: -1,018
 GWS: 35
 GHG: 15
 GLG: 45



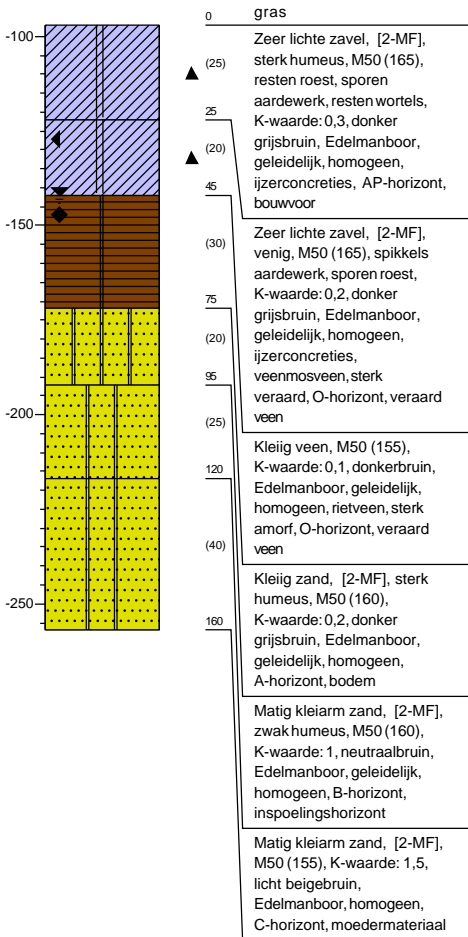
Boring: 52

X: 135201,29
 Y: 471341,89
 Datum: 23-4-2021
 Boormeester: Casper Kuipers
 Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
 N.A.P.: -0,896
 GWS: 40
 GHG: 30
 GLG: 45



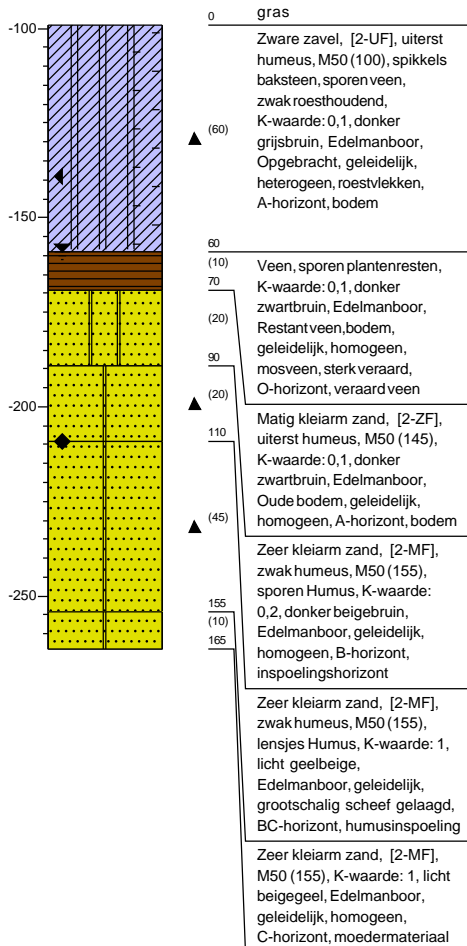
Boring: 53

X: 135129,40
 Y: 471417,17
 Datum: 23-4-2021
 Boormeester: Casper Kuipers
 Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
 N.A.P.: -0,97
 GWS: 45
 GHG: 30
 GLG: 50



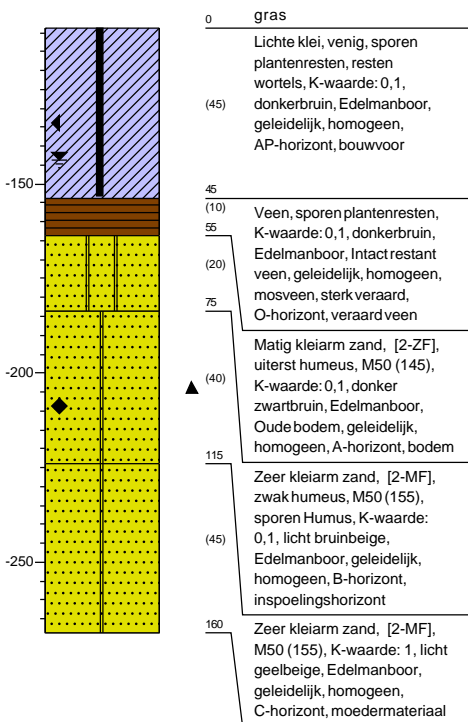
Boring: 54

X: 135284,88
 Y: 471501,28
 Datum: 30-4-2021
 Boormeester: Jan Vermeer
 Nauwkeurigheid GPS: RTK, float integers
 N.A.P.: -0,992
 GWS: 60
 GHG: 40
 GLG: 110



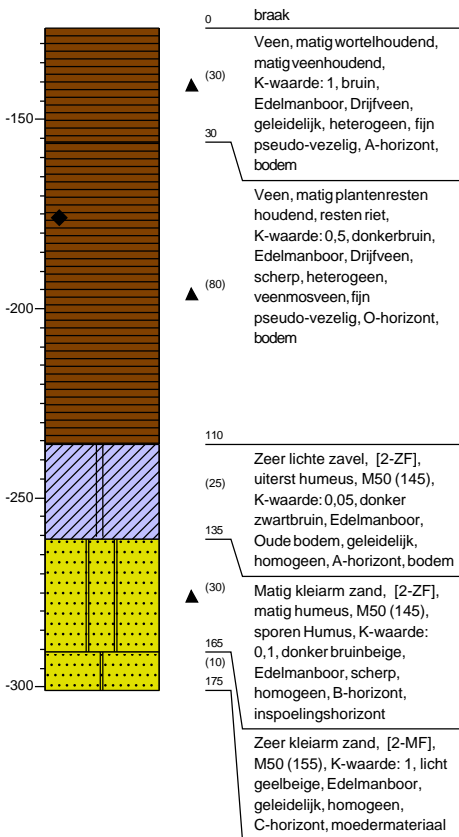
Boring: 55

X: 135410,46
 Y: 471448,23
 Datum: 30-4-2021
 Boormeester: Jan Vermeer
 Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
 N.A.P.: -1,088
 GWS: 35
 GHG: 25
 GLG: 100



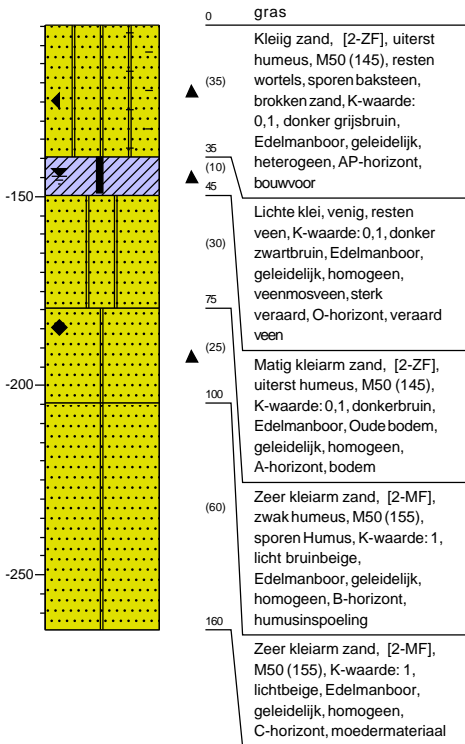
Boring: 56

X: 135328,57
 Y: 471420,77
 Datum: 30-4-2021
 Boormeester: Jan Vermeer
 Nauwkeurigheid GPS: RTK, float integers
 N.A.P.: -1,258
 GWS: 0
 GHG: 0
 GLG: 50



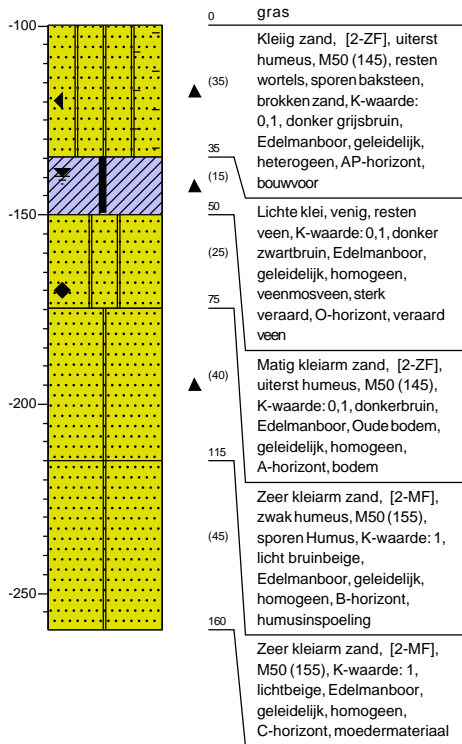
Boring: 57

X: 135358,34
 Y: 471652,29
 Datum: 26-4-2021
 Boormeester: Jan Vermeer
 Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
 N.A.P.: -1,047
 GWS: 40
 GHG: 20
 GLG: 80



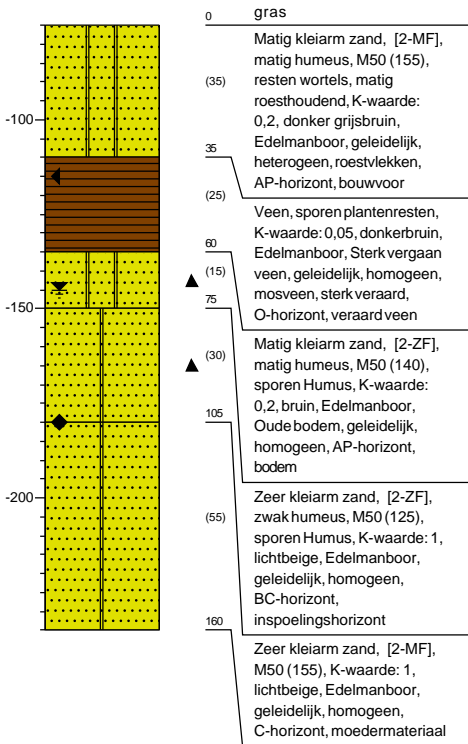
Boring: 58

X: 135469,99
 Y: 471644,92
 Datum: 26-4-2021
 Boormeester: Jan Vermeer
 Nauwkeurigheid GPS: RTK, float integers
 N.A.P.: -0,998
 GWS: 40
 GHG: 20
 GLG: 70



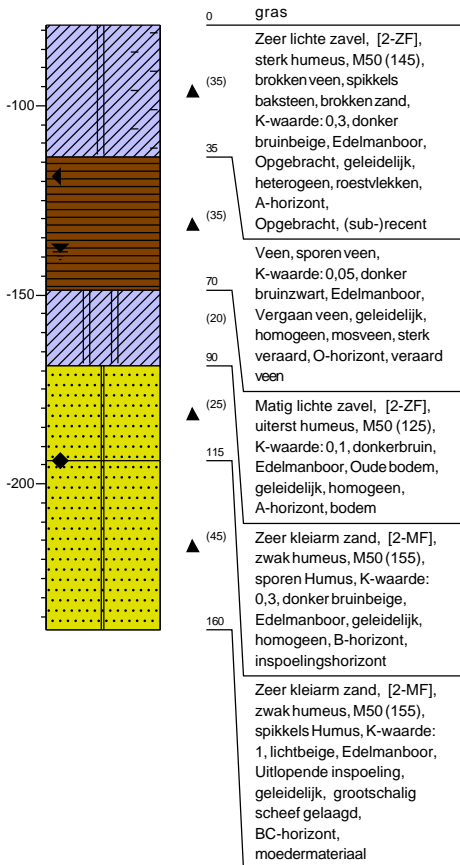
Boring: 59

X: 135679,78
 Y: 471982,35
 Datum: 20-4-2021
 Boormeester: Jan Vermeer
 Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
 N.A.P.: -0,751
 GWS: 70
 GHG: 40
 GLG: 105



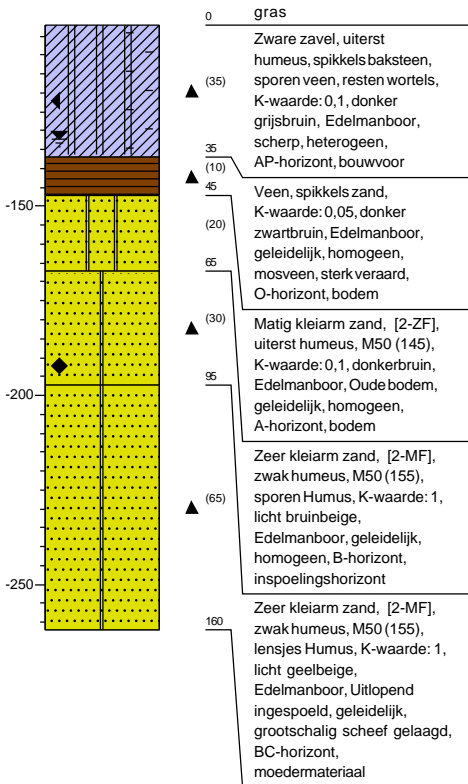
Boring: 60

X: 135575,45
 Y: 471914,05
 Datum: 30-4-2021
 Boormeester: Jan Vermeer
 Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
 N.A.P.: -0,788
 GWS: 60
 GHG: 40
 GLG: 115



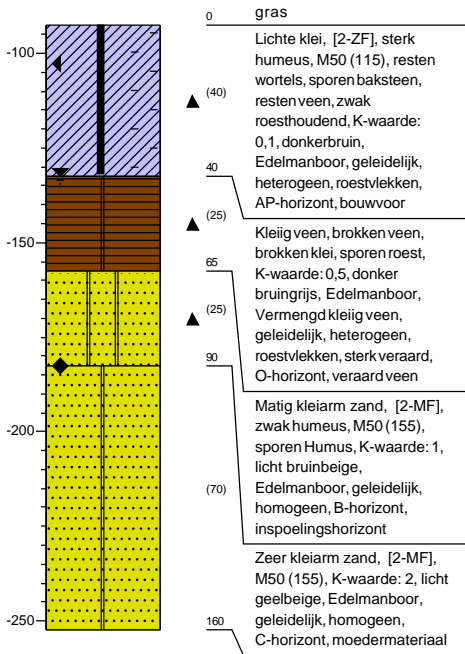
Boring: 61

X: 135675,59
 Y: 471805,19
 Datum: 30-4-2021
 Boormeester: Jan Vermeer
 Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
 N.A.P.: -1,022
 GWS: 30
 GHG: 20
 GLG: 90



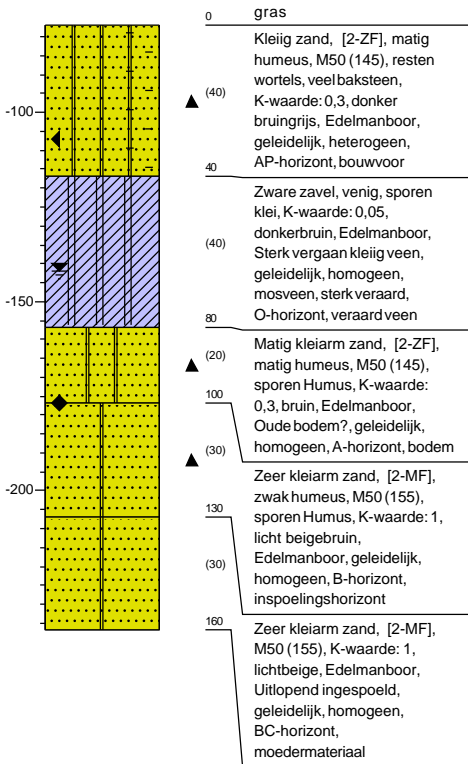
Boring: 62

X: 135781,45
 Y: 471916,67
 Datum: 20-4-2021
 Boormeester: Jan Vermeer
 Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
 N.A.P.: -0,926
 GWS: 40
 GHG: 10
 GLG: 90



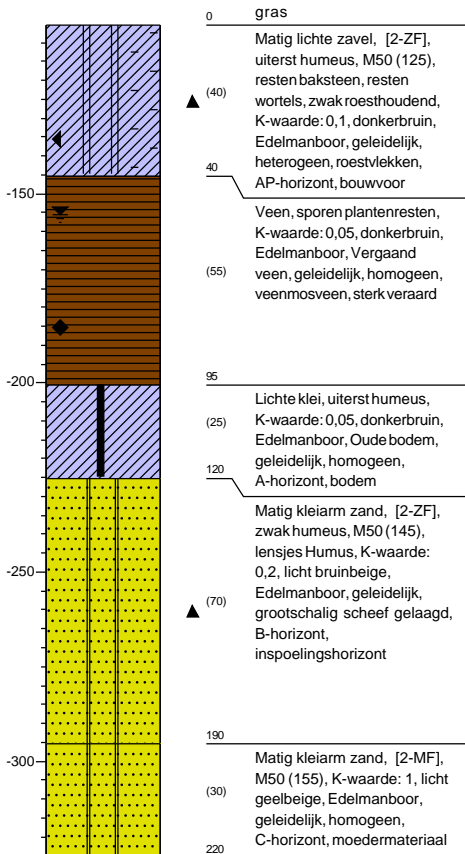
Boring: 63

X: 135779,29
 Y: 472137,38
 Datum: 20-4-2021
 Boormeester: Jan Vermeer
 Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
 N.A.P.: -0,77
 GWS: 65
 GHG: 30
 GLG: 100



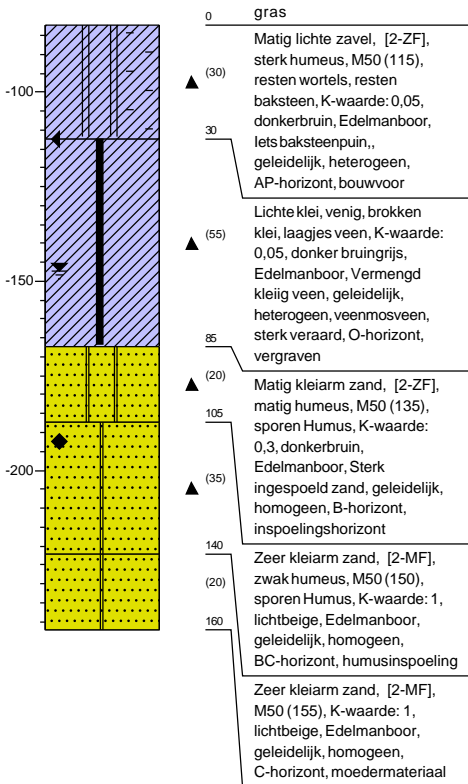
Boring: 64

X: 135879,04
 Y: 472022,85
 Datum: 26-4-2021
 Boormeester: Jan Vermeer
 Nauwkeurigheid GPS: RTK, float integers
 N.A.P.: -1,054
 GWS: 50
 GHG: 30
 GLG: 80



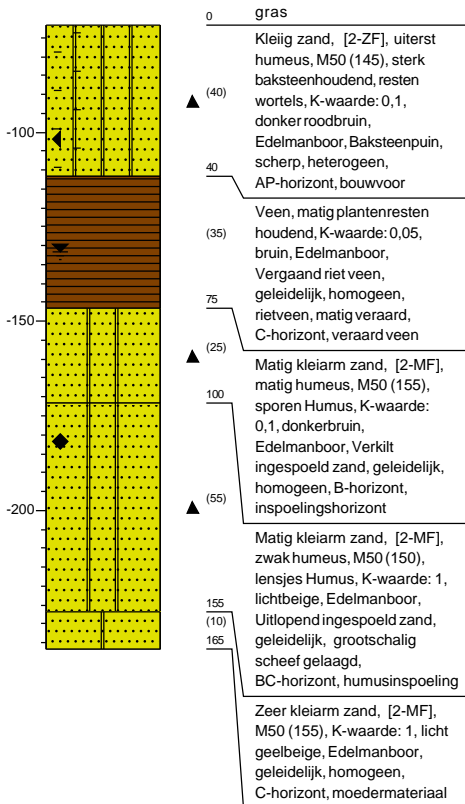
Boring: 65

X: 135868,98
 Y: 472154,54
 Datum: 20-4-2021
 Boormeester: Jan Vermeer
 Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
 N.A.P.: -0,823
 GWS: 65
 GHG: 30
 GLG: 110



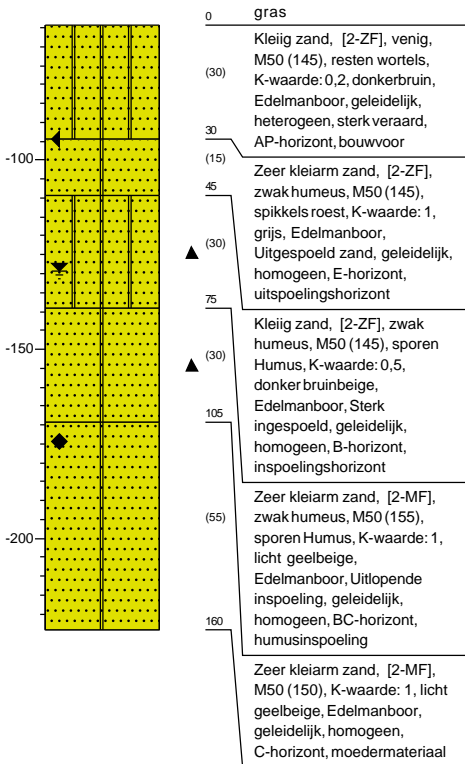
Boring: 66

X: 135995,41
 Y: 472142,29
 Datum: 20-4-2021
 Boormeester: Jan Vermeer
 Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
 N.A.P.: -0,718
 GWS: 60
 GHG: 30
 GLG: 110



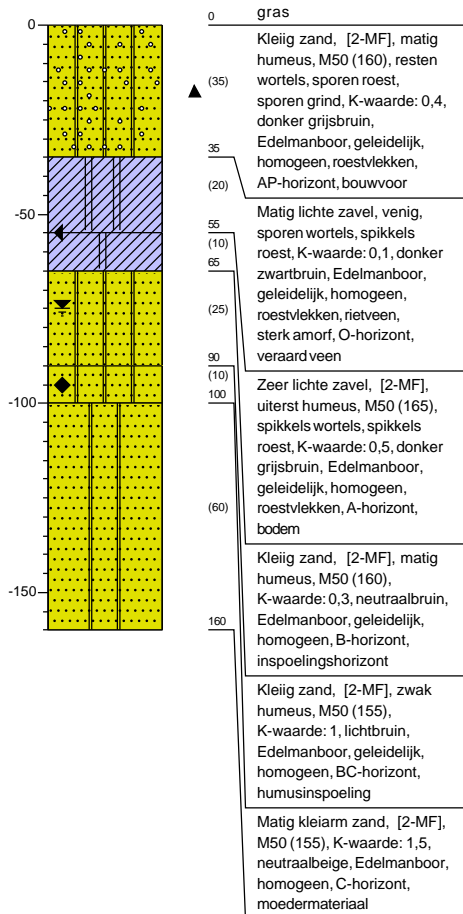
Boring: 67

X: 136179,33
 Y: 472101,76
 Datum: 20-4-2021
 Boormeester: Jan Vermeer
 Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
 N.A.P.: -0,644
 GWS: 65
 GHG: 30
 GLG: 110



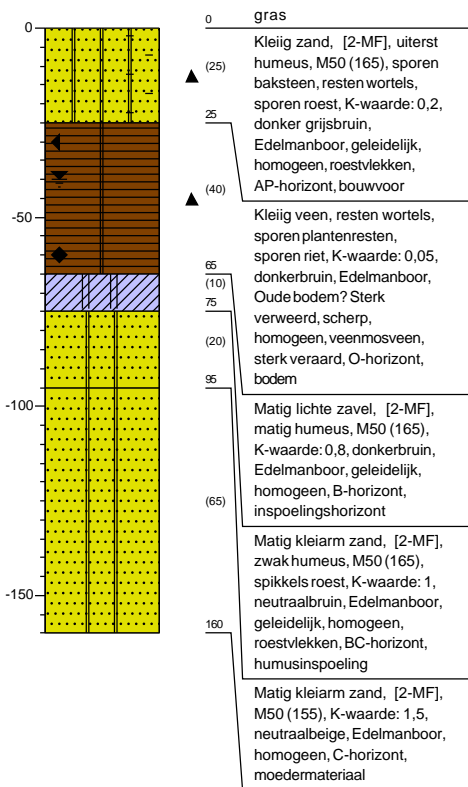
Boring: 68

X: 136674,05
 Y: 470786,12
 Datum: 21-4-2021
 Boormeester: Casper Kuipers
 Nauwkeurigheid GPS: GPS
 GWS: 75
 GHG: 55
 GLG: 95



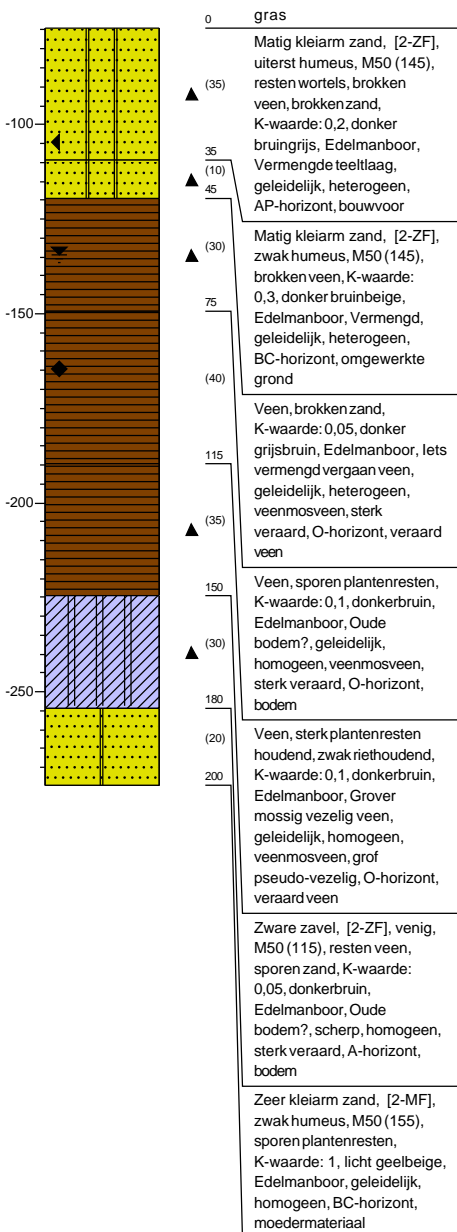
Boring: 69

X: 136291,85
 Y: 471108,78
 Datum: 21-4-2021
 Boormeester: Jan Vermeer
 Nauwkeurigheid GPS: GPS
 GWS: 40
 GHG: 30
 GLG: 60



Boring: 70

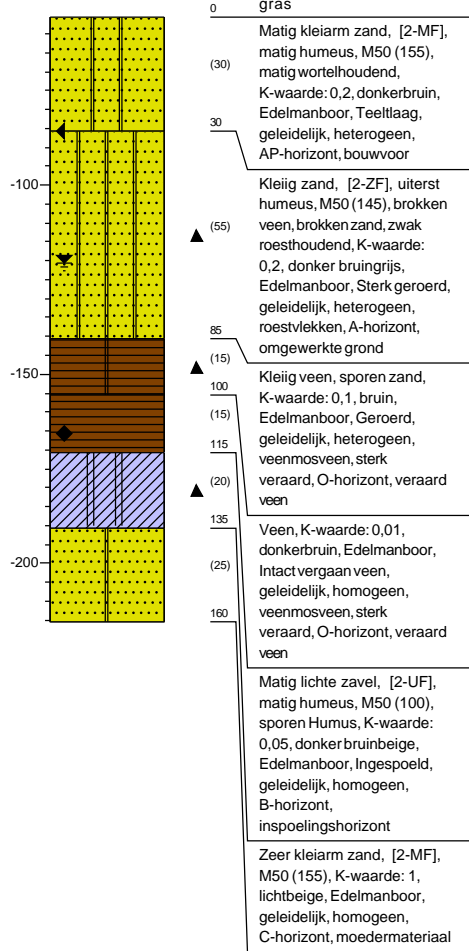
X: 135999,16
 Y: 471356,81
 Datum: 20-4-2021
 Boormeester: Jan Vermeer
 Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
 N.A.P. : -0,746
 GWS: 60
 GHG: 30
 GLG: 90



Boring: 71
X: 136702,00
Y: 470618,01

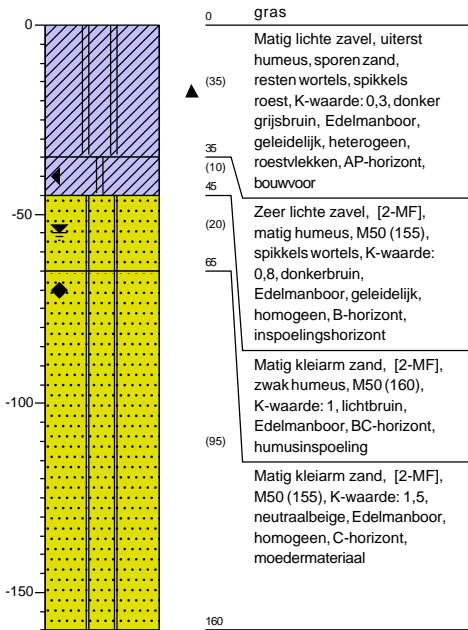
Boring: 72
X: 136310,07
Y: 470735,35
Datum: 19-4-2021
Boormeester: Jan Vermeer
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
N.A.P.: -0,557
GWS: 65
GHG: 30
GLG: 110

0— 0



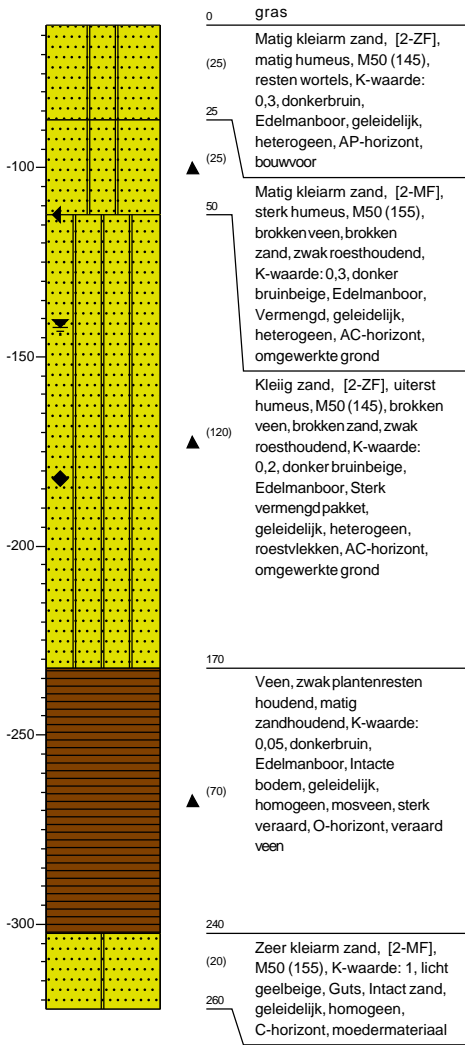
Boring: 73

X: 136595,12
 Y: 471336,56
 Datum: 21-4-2021
 Boormeester: Casper Kuipers
 Nauwkeurigheid GPS: GPS
 GWS: 55
 GHG: 40
 GLG: 70



Boring: 74

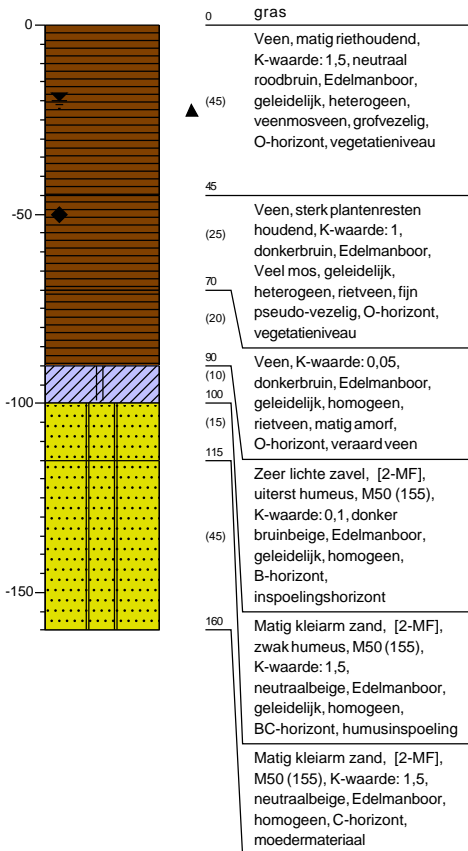
X: 136117,57
 Y: 471398,89
 Datum: 20-4-2021
 Boormeester: Jan Vermeer
 Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
 N.A.P. : -0,623
 GWS: 80
 GHG: 50
 GLG: 120



Boring: 75

X: 136274,87
 Y: 470870,65
 Datum: 21-4-2021
 Boormeester: Casper Kuipers
 Nauwkeurigheid GPS: GPS

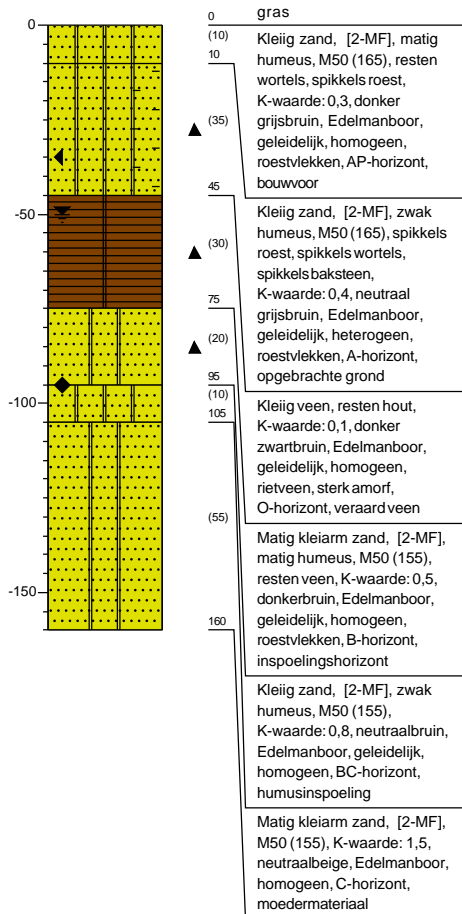
GWS: 20
 GHG: 0
 GLG: 50



Boring: 76

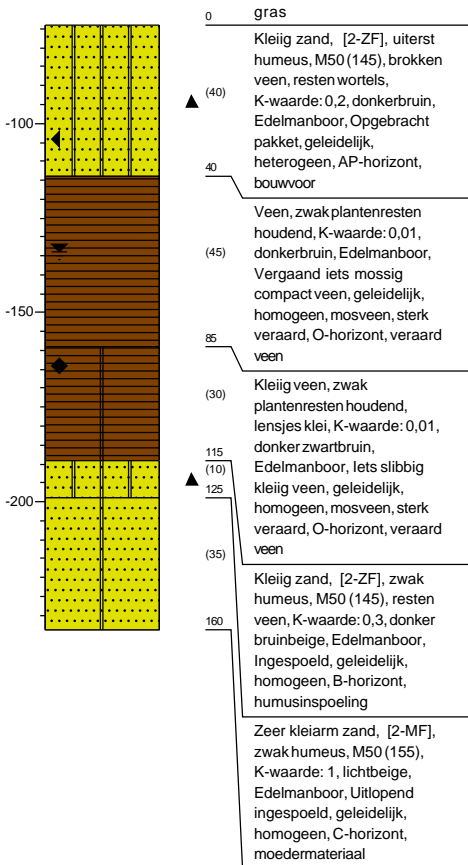
X: 136832,83
 Y: 470734,74
 Datum: 21-4-2021
 Boormeester: Casper Kuipers
 Nauwkeurigheid GPS: GPS

GWS: 50
 GHG: 35
 GLG: 95



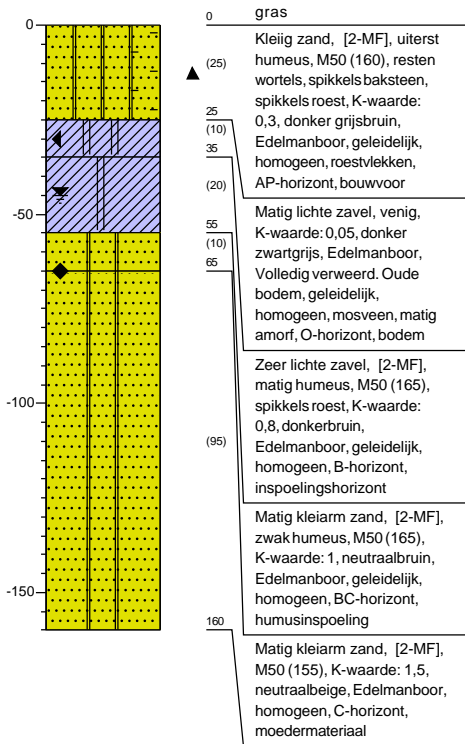
Boring: 77

X: 136522,83
 Y: 471754,25
 Datum: 20-4-2021
 Boormeester: Jan Vermeer
 Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
 N.A.P.: -0,741
 GWS: 60
 GHG: 30
 GLG: 90



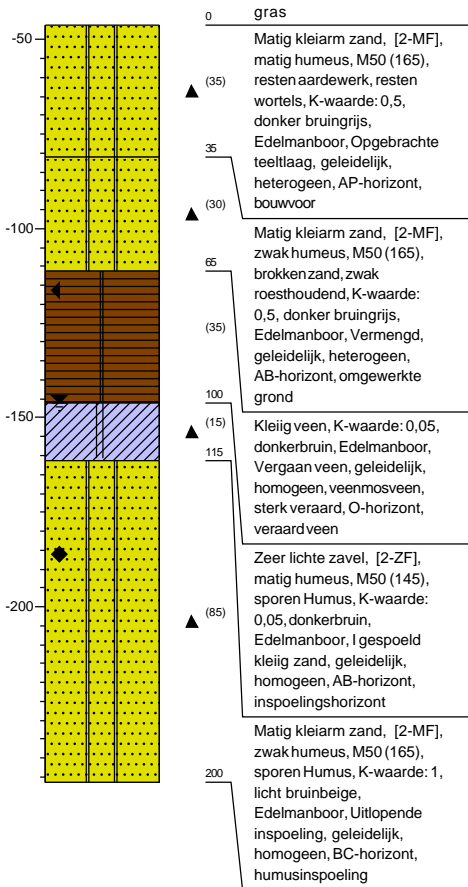
Boring: 78

X: 136505,74
 Y: 470995,80
 Datum: 21-4-2021
 Boormeester: Jan Vermeer
 Nauwkeurigheid GPS: GPS
 GWS: 45
 GHG: 30
 GLG: 65



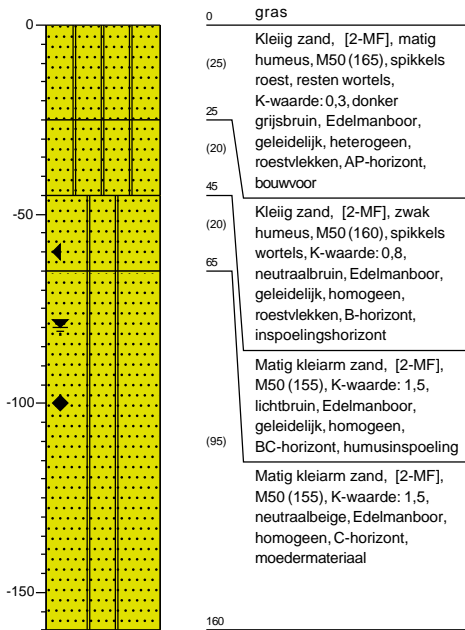
Boring: 79

X: 136819,91
 Y: 470493,56
 Datum: 19-4-2021
 Boormeester: Jan Vermeer
 Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
 N.A.P.: -0,463
 GWS: 100
 GHG: 70
 GLG: 140



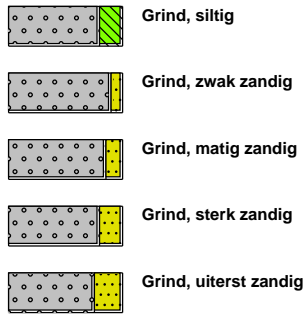
Boring: 80

X: 136660,02
 Y: 471511,87
 Datum: 21-4-2021
 Boormeester: Casper Kuipers
 Nauwkeurigheid GPS: GPS
 GWS: 80
 GHG: 60
 GLG: 100

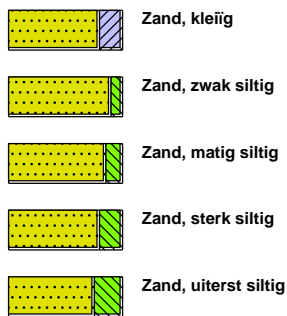


Legenda (conform NEN 5104)

grind



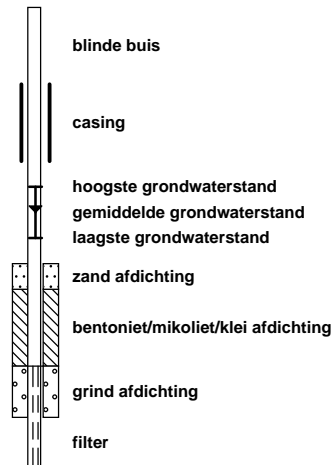
zand



veen



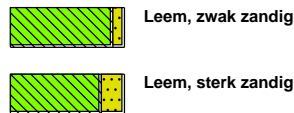
peilbuis



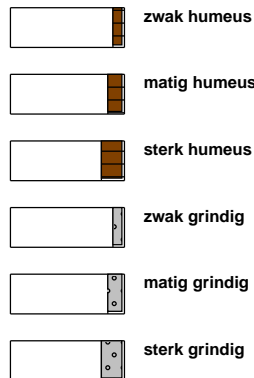
klei



leem



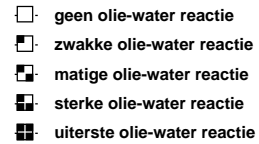
overige toevoegingen



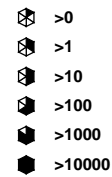
geur



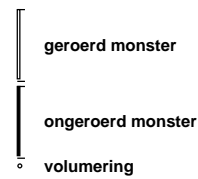
olie



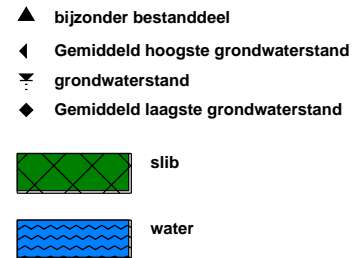
p.i.d.-waarde



monsters



overig



IV

BIJLAGE: VERSCHRALINGSMAATREGELEN EN BEREKENEN VERSCHRALINGSDUUR

IV.1 Theorie achter verschalingsbeheer

Verschraling (limitatie van voedingsstoffen) op voormalige landbouwgronden kan op verschillende manieren bereikt worden. De verschillende gangbare methoden worden in de volgende alinea's-beknopt toegelicht en kunnen met elkaar gecombineerd worden:

Extensieve begrazing

Bij extensieve begrazing worden nutriënten opgenomen door grazers. Via mest en urine komen ze dan elders weer vrij. Probleem hiervan is echter dat dit vooral leidt tot herverdeling van nutriënten binnen het gebied en veel minder tot de afvoer van nutriënten. Daarnaast worden bepaalde soorten als Pitrus (*Juncus effusus*), niet of weinig gegeten, waardoor de dominantie van deze soort alleen maar toeneemt (Smolders *et al.* 2006; Lamers *et al.* 2009).

Intensief beheer met maaien en afvoeren

Met jaarlijks eenmalig maaien en afvoeren kan een fosfaatafvoer van circa 10 kg P per ha per jaar worden bereikt. Nutriënten in het bovengrondse organisch materiaal worden afgevoerd, waardoor ze uit het systeem worden onttrokken (Smolders *et al.* 2006). Ervan uitgaande dat de vegetatie dit P voornamelijk uit de bovenste 20 cm van de bodem haalt (Chardon *et al.* 2009), zou de afvoer in deze laag ongeveer 0,16 mmol P/l bodem bedragen. Dit betekent dat als de totaal-P-concentratie van de bovenste 20 cm van de bodem teruggebracht moet worden van bijvoorbeeld 20 mmol/l bodem naar 5 mmol/l bodem, dat dit ongeveer 90 jaar zou gaan duren door middel van maaien en afvoeren. Bij deze inschatting wordt uitgegaan van een lineair verband, maar in werkelijkheid zal de verschraling in het begin sneller verlopen (hogere productie) en later langzamer gaan. Intensief beheer in de vorm van maaien en afvoeren levert in veel gevallen voldoende resultaat op om de bestaande (gewenste) vegetaties in stand te houden. Bij landbouwgronden die intensief zijn bemest (geweest) is deze vorm van beheer echter niet afdoende om de hoeveelheid fosfaat in de bodem snel te verlagen. Het kan vele jaren duren (soms wel 200 jaar) voordat zoveel nutriënten zijn verwijderd dat er sprake is van een voedselarme bodem (Smolders *et al.* 2006; Lamers *et al.* 2005).

Uitmijnen

Uitmijnen is een versterkte verschraling door middel van een gewas waarvan de productie op peil wordt gehouden door middel van aanvullende bemesting opdat de afvoeren van het doelnutriënt (fosfor) maximaal is. Door middel van het zaaien van grasklaver in combinatie met kalibemesting en een maaibeheer kan fosfaat versneld aan de bodem worden onttrokken (Timmermans & van Eekeren 2012). Chardon *et al.* (2009) gaat uit van een jaarlijkse afvoer van 40 kg P/ha/jaar bij uitmijnen. Uit recent onderzoek door het Louis Bolk Instituut blijkt dat er met uitmijnen 80 (tot 110) kg P₂O₅ per hectare per jaar kan worden afgevoerd, wat overeenkomt met 35 (tot 48) kg P/ha/jaar (Timmermans *et al.* 2010). Uitgaande van een verschraling van gemiddeld 40 kg P/ha/jaar zou een toplaag van 20 cm diepte en een totaal-P-concentratie in circa 23 jaar verschaald kunnen worden onder geschikte hydrologische condities. De fosfaatafvoer wordt bereikt door het maken van vier tot vijf maaisneden per jaar. Na enkele jaren daalt de afvoer van fosfaat in het deel zonder aanvullende kalibemesting. Stikstof- en kalibronnen zijn nodig voor een hoge fosfaatafvoer. Klaver houdt met haar stikstofbinding de productie gaande en kalibemesting wordt gebruikt om klaver optimaal te laten groeien. Er is echter weinig ervaring met uitmijnen onder natte omstandigheden. Onder natte omstandigheden zal niet de maximale opbrengst van het gewas behaald kunnen worden en zal er dus

minder P afgevoerd worden. Sival *et al.* (2011) maten in een experiment waarin uitmijnen en vernatten gecombineerd werden na 5 jaar nog geen significante afname van P in de bodem (Sival *et al.* 2011).

Ontgronden

Bij ontgronden (toplaagverwijdering/maaiveldverlaging) worden enkele decimeters van de toplaag verwijderd (Smolders *et al.* 2009). Voordat de toplaag afgegraven wordt, moet de diepte van het fosfaatfront bepaald worden. Dit komt namelijk niet altijd overeen met de dikte van de bouwvoor (Smolders *et al.* 2009). Fosfaat kan door uitspoeling namelijk dieper in de bodem terecht komen. Door middel van ontgroning kan een snelle vershraling plaatsvinden. Daarbij wordt ook meteen de afstand tot het grondwater verlaagd, wat positieve effecten kan opleveren (van Mullekom *et al.* 2007, 2013). Potentiële nadelen van ontgronden zijn een aantasting van de geomorfologie van het gebied en dat de (grond)waterstanden ten opzichte van maaiveld te hoog kunnen worden. Andere nadelen van ontgronden die vaak genoemd worden zijn het verlies van bodemleven en de nog aanwezige zaadbank. In de toplaag van de bodem van intensief bemeste landbouwgronden is het bodemleven echter sterk verstoord (zie onder andere Tsiafouli *et al.* 2015; Bobbink *et al.* 2016) en is geen vitale zaadbank van de oorspronkelijke vegetatie meer aanwezig, zodat deze verliezen over het algemeen beperkt zijn. Bij onvolledige ontgroning van de fosfaatrijke toplaag (zeker in combinatie met vernatting) kan alsnog verrijking met nutriënten plaatsvinden.

Aanvullende (beheer)maatregelen

Na het verwijderen van de P-verrijkte toplaag is het vaak nodig om nog een aantal jaren aanvullend vershralingbeheer te plegen door middel van maaien en afvoeren. Begrazen houdt het terrein wel open maar leidt nauwelijks of niet tot een verdere vershraling van het terrein. Nadat een P-gelimiteerde uitgangssituatie is gecreëerd is er vaak nog geen sprake van de gewenste vegetatieontwikkeling. Met name de zeldzame en bijzondere soorten (meestal tevens de doelsoorten) vestigen zich doorgaans niet of slechts na lange tijd. Op voormalige landbouwgronden is van de oorspronkelijke zaadbank meestal weinig meer over. Door de hoge NO₃-concentraties in deze bodems zijn de meeste zaden reeds gekiemd omdat NO₃ werkt als kiemhormoon. De nog resterende zaadbank wordt vaak gedomineerd door zeer algemene soorten met een hoge zaadproductie, zoals Pitrus. Het uitzaaien van diasporen (zaden, sporen, stekken) via maaisel of plagsel van een geschikte referentievegetatie zal de ontwikkeling van de gewenste vegetatie sterk bevorderen (van Mullekom *et al.* 2009, 2013). Wanneer plagsel wordt gebruikt voor herintroductie worden tevens mycorrhiza's-(schimmels die planten helpen bij de opname van voedingsstoffen op voedselarme gronden) van de doelsoorten en andere essentiële bodem micro-organismen in het gebied geïntroduceerd (Bobbink *et al.* 2016). Zonder introductie van doelsoorten is de kans op vestiging van deze soorten te verwaarlozen indien er geen bronpopulaties in de nabije omgeving aanwezig zijn (Klimkowska *et al.* 2007). Uiteraard is het voor het realiseren van een doeltype niet alleen van belang dat de bodemchemie geschikt is, maar tevens dat de hydrologie van het systeem op orde is. Met name in natte, basenminnende systemen (bijv. blauwgrasland, dotterbloemhooiland en trilveren) zullen veelal aanvullende hydrologische maatregelen nodig zijn. Bij grondwaterafhankelijke systemen moeten maatregelen vaak in de omgeving genomen worden omdat deze systemen vaak gevoed worden door grondwater dat inzijgt op aanzienlijke afstand. Bij systemen waarin oppervlaktewater voor buffering moet zorgen, zoals bij trilveren en in het laagveengebied ook bij blauwgraslanden, moet er contact met basenrijk oppervlaktewater met een goede kwaliteit. Een bijkomend voordeel van vershralen via ontgronden is dat door verlaging van het maaiveld de grondwaterstanden ten opzichte van maaiveld stijgen, waardoor er eerder contact met het grondwater is.

Berekening vershralingsduur

Als uit het bodemchemisch onderzoek blijkt dat de bodem in het onderzoeksgebied als gevolg van het landbouwkundig gebruik verrijkt is met fosfaat, dan is vershralingsbeheer nodig om soortenrijke natuurtypen tot ontwikkeling te kunnen laten komen. Om te kunnen bepalen of vershraling via maaien en afvoeren of uitmijnen binnen een redelijke termijn te realiseren is, kan op basis van de Olsen-P en totaal-P-concentratie een indicatieve vershralingsduur berekend worden. De vershralingsduur voor maaien en afvoeren is berekend op basis van het verschil tussen de actuele totaal-P-concentratie en de totaal-P-streefconcentratie, uitgaande van een P-afvoer van 10 kg hectare per jaar (Chardon 2008). De streefconcentratie voor totaal-P is hierbij niet op een standaardwaarde vastgesteld, maar berekend aan de hand van de streefwaarde voor Olsen-P en de actuele beschikbare P-fractie (Olsen-P/totaal-P-ratio). Stel dat de actuele P-fractie 0,1 is (10% van het totaal-P is beschikbaar P), dan is bij een streefwaarde van 500 µmol Olsen-P/l de streefwaarde voor totaal-P 5 mmol/l ((0,5/10) x 100). Stel dat bij een ijzer- en kalkrijke bodem

de actuele Olsen-P fractie slechts 0,05 is (5% van de totale P voorraad is beschikbaar), dan is de streefwaarde voor totaal-P 10 mmol/l ($(0,5/5) \times 100$). Er is bij de berekening wel vanuit gegaan dat de fractie beschikbaar P gedurende de verschrallingsperiode gelijk blijft. Wanneer we hiervoor zouden corrigeren (veranderende (Ca+Fe)/P-ratio) valt de verschrallingsduur 10 - 20 % lager uit. Het is echter te verwachten dat de effectiviteit van de verschralling pas in de laatste fase afneemt, waardoor de P-afvoer van 10 kg/ha/jaar niet meer wordt gehaald en de verschrallingsduur eerder hoger uit zou vallen. De gehanteerde formule lijkt overall dan ook een goed beeld te geven van de indicatieve verschrallingsduur. Verder is de ondergrens voor de totaal-P streefconcentratie gesteld op 3 mmol/l. Voor uitmijnen kan de verschrallingsduur op dezelfde wijze berekend worden, maar dan wordt uitgegaan van een P-afvoer van 40 kg hectare per jaar. Deze afvoer kan gehaald worden met uitmijnen met grasklaver in combinatie met kalibemesting of een productieve graszode in combinatie met stikstof- en kalibemesting, maar de daadwerkelijke onttrekking is afhankelijk van de omstandigheden (onder andere effectiviteit en hydrologie).

IV.2 Potenties voor natuurontwikkeling op bemonsterde percelen

Perceel bij boorlocatie 8 (zone 2)

De toplaag (0 - 40 cm onder maaiveld) van het meest zandige perceel 8 is zeer rijk aan P, zowel wat betreft de totaal P als de Olsen-P concentratie (respectievelijk 29,5 mmol/l en 4025 $\mu\text{mol/l}$ bodem; Tabel IV.1). De topbodem bevat ook relatief veel (tabel 3.4). Wat niet vreemd is, want deze percelen langs de Emmaweg (waar nooit veen op heeft gelegen) zijn al sinds 1850 in één of andere vorm van landbouwkundig gebruik (Afbeelding 5.6). Terwijl de totaal P-concentratie in deze bodem erg hoog is, is de totaal Fe-concentratie (evenals de totaal Ca en Al-concentraties) juist relatief laag in deze bodemlaag (Tabel 3.2). De PSD is met 22 % dan ook relatief hoog (afbeelding 3.24), waarmee er risico is op P-mobilisatie na vernatting van de toplaag. De buffering van de toplaag in dit perceel is voldoende hoog.

Op basis van de P-rijkdom is er op dit perceel alleen al voor een potentiële ontwikkeling van N12.02 Kruiden- en faunarijk grasland een erg lang maai (en afvoer) beheer nodig van ongeveer 90 - 100 jaar (tabel IV.1). Voor kritischere natuurdoeltypen is deze beheerperiode nog een stuk langer. Via uitmijnen gaat de verschralling grofweg 4x zo snel onder de meest gunstige omstandigheden. De onderliggende bodemlaag (40 - 60 cm onder maaiveld) is zeer P-arm. Deze laag is wel relatief arm in de buffering (tabel 3.4), waardoor het bij eventuele ontgronding van belang is dat de grondwaterstand in dit perceel voldoende hoog komt om de buffering op peil te houden.

Perceel bij boorlocatie 15 (zone 3)

Dit perceel bevat lage P-concentraties in de bodem, zowel in de toplaag (0-15 cm onder maaiveld) als in de onderliggende bodemlaag (tabel IV.1). In de toplaag is er sprake van een redelijk lage PSD, terwijl de onderliggende bodemlaag (15 - 30 cm onder maaiveld) wordt gekenmerkt door een hogere PSD met matig risico op P-mobilisatie (afbeelding 3.24). Zonder bemesting (als dit hier al plaatsvindt) zullen de nutriëntenconcentraties verder afnemen. Op basis van de huidige P-rijkdom is de realisatie van (vochtig) hooiland al mogelijk zonder enkel aanvullend beheer (tabel IV.1). Ook de NO_3 -concentraties zijn in dit perceel het laagst vergeleken met de andere percelen, terwijl de NH_4 -concentraties juist het hoogst zijn (tabel 3.4). Met een pH boven de 5,0 en voldoende buffercapaciteit in beide bodemlagen (tabel 3.4), zijn ook deze bodemchemische parameters gunstig. Dit doet vermoeden dat dit perceel mogelijk al langer uit landbouwbeheer is.

Als er ingezet zou worden op de ontwikkeling van schralere vegetaties (met een P-Olsen concentratie van 300 $\mu\text{mol/l}$ bodem) dan is er wel aanvullend verschrallingsbeheer nodig. Dit zal zo'n 12 jaar zijn via maaien en afvoeren (tabel IV.1). Uitmijnen wordt op dit nutriëntenarme perceel niet aangeraden, omdat dat vaak gepaard gaat met K- en/of NO_3 -bemesting. Afgraven is op deze locatie niet nodig. Het is echter wel van belang dat de hydrologie voldoende op orde is of kan worden gebracht voor de ontwikkeling van de gewenste vegetaties.

Perceel bij boorlocatie 45 (zone 7)

De top laag (0-30 cm onder maaiveld) van de kleirijke locatie 45 is matig rijk wat betreft de P-beschikbaarheid (Tabel IV.1). Tevens is dit de meest NO₃- en Ca-rijke locatie die is gemeten in beide bodemlagen (Tabellen 3.2 en 3,4). De ontwikkeling van N12.02 Kruiden- en faunarijk grasland is zonder plagwerkzaamheden mogelijk op dit perceel, waarbij wel aanvullend verschrallingsbeheer nodig is in de vorm van 24 jaar maaien en afvoeren (Tabel IV.1). Voor de ontwikkeling van schalere vegetaties is echter zo'n 60 tot 100 jaar aan maai-beheer noodzakelijk (Tabel IV.1). Ook de onderliggende bodemlaag (30-40 cm onder maaiveld) is nog behoorlijk rijk aan Olsen-P, alhoewel de concentraties wel een stuk lager zijn dan in de topbodem (tabel IV.1). Ook voor deze diepere bodemlaag geldt dat er nog jaren aan aanvullend verschrallingsbeheer nodig zal zijn (tabel IV.1). Vermoedelijk zal dan N10.02 Vochtig hooiland ontstaan. De ontwikkeling van schalere typen lijkt uitgesloten. Gezien het relatief hoge organische stofgehalte in beide bodemlagen van deze locatie wordt uitmijnen afgeraden, omdat de bemesting daar mogelijk tot aanvullende afbraak kan leiden.

Perceel bij boorlocatie 66 (zone 5)

De top laag (0-30 cm onder maaiveld) van de venige locatie 66 is iets minder rijk aan Olsen-P, maar nog steeds te hoog voor de ontwikkeling van schalere vegetaties dan N12.02 Kruiden- en faunarijk grasland (tabel IV.1). Dit type kan met ongeveer 20 jaar verschrallingsbeheer (maaien en afvoeren) worden bereikt (tabel 3.5). Voor de realisatie van N10.02 Vochtig hooiland wordt dit geschat op 45 jaar maai-beheer en voor nog schalere vegetaties als blauwgrasland op ruim 80 jaar (tabel IV.1). De onderliggende bodemlaag (30 - 50 cm onder maaiveld) kent een lage P- en N-beschikbaarheid, waarvoor geen verschrallingsbeheer nodig is (tabel IV.1). Ook is de pH en buffering in beide bodemlagen van deze locatie voldoende hoog, en de PSD juist laag (tabel 3.4 en afbeelding 3.24).

Perceel bij boorlocatie 80 (zone 2)

De top laag (0 - 30 cm onder maaiveld) van locatie 80 wordt, net als boorlocatie 8, gekenmerkt door een hoge P-beschikbaarheid (tabel IV.1). Ook de PSD is in de top laag is zeer hoog (bijna 50 %; afbeelding 3.24), wat zorgt voor een groot risico op P-mobilisatie na vernatting. De onderliggende bodemlaag (>40 cm onder maaiveld) is op deze locatie ook nog te rijk aan P (tabel IV.1). In ieder geval voor een ontwikkeling naar N10.02 Vochtig hooiland of schraler. Daarmee is verschrallingsbeheer via maaien en afvoeren (of zelfs uitmijnen) hier een zeer lange-termijn optie en zou afgraven een snellere en betere optie zijn (tabel IV.1). De buffercapaciteit van deze meer zandige locatie is evenals bij boorlocatie 8 niet heel hoog (tabel 3.4), waardoor aanvoer van kationen belangrijk is om deze voldoende hoog te houden op de lange termijn.

Tabel IV.1 Ingeschatte verschrallingsduur voor de onderzochte percelen door middel van maaien en afvoeren (MA) of uitmijnen (UM) tot diverse streefwaarden van Olsen-P. De berekeningen zijn uitgevoerd per aangegeven bodemdikte, zoals weergegeven in kolom 2. De kleurcodering wordt verklaard in tabel IV.2

Locatie	Diepte cm	Pt mmol/l	Olsen Olsen µmol/l	Streefwaarde Olsen-P 1200		Streefwaarde Olsen-P 800		Streefwaarde Olsen-P 300	
				UM	MA	UM	MA	UM	MA
8A	0-40	29,5	4025	24	97	28	111	31	124
8B	40-60	3,0	572	0	0	0	0	0	0
15A	0-15	6,3	518	0	0	0	0	3	12
15B	15-30	3,6	273	0	0	0	0	0	0
45A	0-30	26,8	1484	6	24	14	58	25	100
45B	30-40	14,5	575	0	0	0	0	8	33
66A	0-30	21,7	1443	4	17	11	45	20	81
66B	30-50	4,7	165	0	0	0	0	0	0
80A	0-30	20,6	2417	12	49	16	64	21	82
80B	40-50	10,8	1361	1	6	5	21	9	36

Tabel IV.2 Onderstaande tabel geeft de legenda voor het kleurgebruik in tabel IV.1

Maaien en afvoeren (M)	
jaren	
0	voldoende P-arm
< 10	kansrijk voor vershraling d.m.v. maaien en afvoeren
11 -40	matig kansrijk voor vershraling d.m.v. maaien en afvoeren
41 -80	kansrijk voor vershraling d.m.v. uitmijnen
81 -200	matig tot beperkt kansrijk voor vershraling d.m.v. uitmijnen
201 -400	ongeschikt voor vershraling I
>400	ongeschikt voor vershraling II

V

BIJLAGE: BAGGERWERKZAAMHEDEN



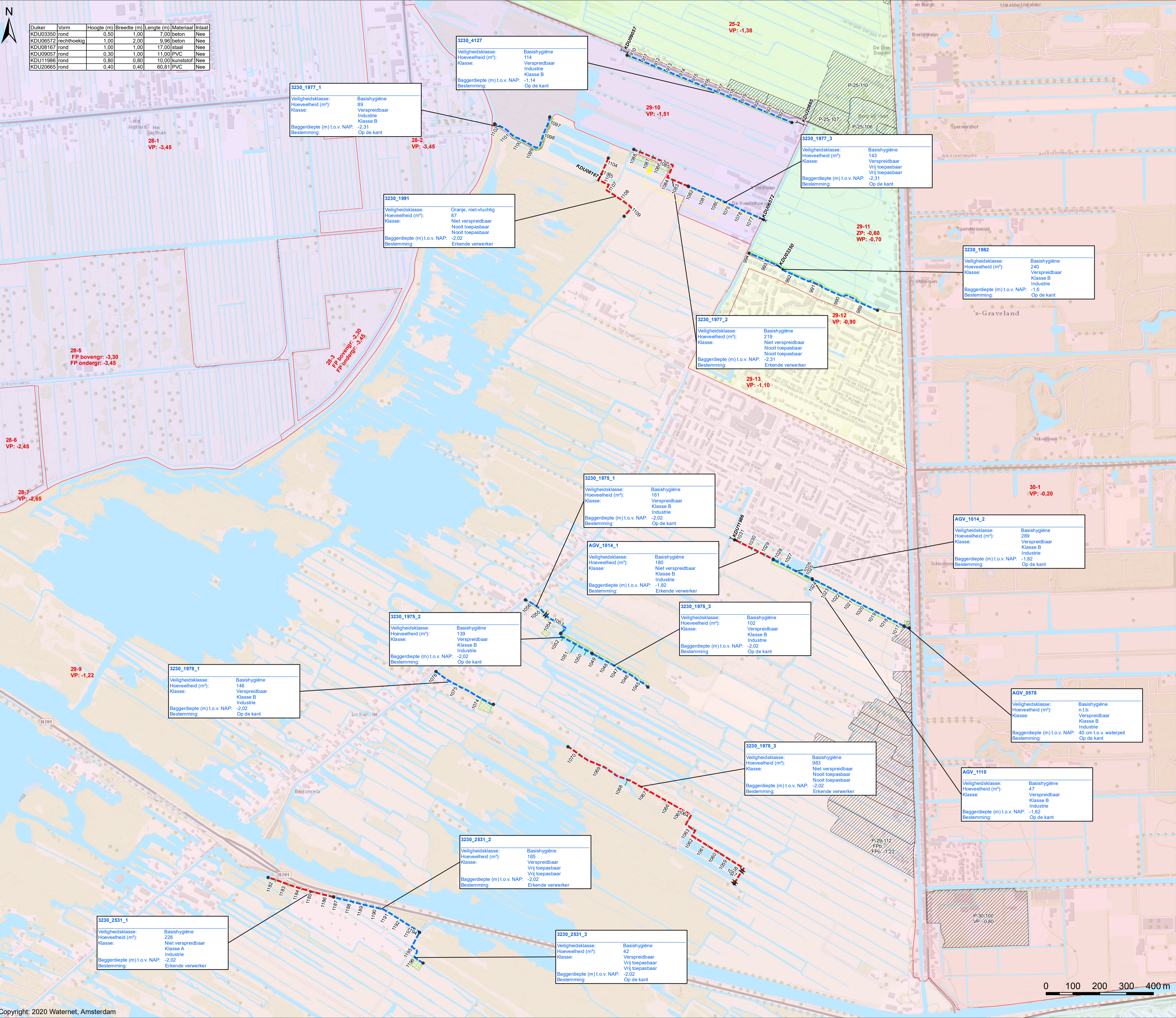
Duiker	Vorm	Hoogte (m)	Breedte (m)	Lengte (m)	Materiaal	Inlaat
KDU03350	rond	0,50	1,00	7,00	beton	Nee
KDU06572	rechthoekig	1,00	2,00	9,96	staal	Nee
KDU08167	rond	1,00	1,00	17,00	PVC	Nee
KDU09057	rond	0,30	1,00	11,00	PVC	Nee
KDU11988	rond	0,80	0,80	10,00	kunststof	Nee
KDU20665	rond	0,40	0,40	60,81	PVC	Nee

Bestekkaart

Polder Kortenhoef fase 2

Verklaring

- Te baggeren vakken**
- Verspreidbaar
- Niet verspreidbaar
- Profielen W29-36_....
- Bagger op kant
- Vigerende peilgebieden (invulkleur per peilgebied)
- Afwijkende peilgebieden
- Brug
- Duiker
- Oppervlaktewater (vlak)



3230_1977_1
 Veiligheidsklasse: Basishygiëne
 Hoeveelheid (m³): 89
 Klasse: Verspreidbaar Industrie Klasse B
 Baggerdiepte (m) t.o.v. NAP: -2,31
 Bestemming: Op de kant

3230_1991
 Veiligheidsklasse: Oranje, niet-vluchtig
 Hoeveelheid (m³): 87
 Klasse: Niet verspreidbaar Noot toepasbaar
 Baggerdiepte (m) t.o.v. NAP: -2,02
 Bestemming: Erkende verwerker

3230_4127
 Veiligheidsklasse: Basishygiëne
 Hoeveelheid (m³): 114
 Klasse: Verspreidbaar Industrie Klasse B
 Baggerdiepte (m) t.o.v. NAP: -1,14
 Bestemming: Op de kant

3230_1977_3
 Veiligheidsklasse: Basishygiëne
 Hoeveelheid (m³): 143
 Klasse: Verspreidbaar Vrij toepasbaar
 Baggerdiepte (m) t.o.v. NAP: -2,31
 Bestemming: Op de kant

3230_1977_2
 Veiligheidsklasse: Basishygiëne
 Hoeveelheid (m³): 219
 Klasse: Niet verspreidbaar Noot toepasbaar
 Baggerdiepte (m) t.o.v. NAP: -2,02
 Bestemming: Erkende verwerker

3230_1982
 Veiligheidsklasse: Basishygiëne
 Hoeveelheid (m³): 240
 Klasse: Verspreidbaar Industrie Klasse B
 Baggerdiepte (m) t.o.v. NAP: -1,6
 Bestemming: Op de kant

3230_1975_1
 Veiligheidsklasse: Basishygiëne
 Hoeveelheid (m³): 161
 Klasse: Verspreidbaar Industrie Klasse B
 Baggerdiepte (m) t.o.v. NAP: -2,02
 Bestemming: Op de kant

AGV_1014_1
 Veiligheidsklasse: Basishygiëne
 Hoeveelheid (m³): 180
 Klasse: Niet verspreidbaar Industrie Klasse B
 Baggerdiepte (m) t.o.v. NAP: -1,82
 Bestemming: Erkende verwerker

AGV_1014_2
 Veiligheidsklasse: Basishygiëne
 Hoeveelheid (m³): 289
 Klasse: Verspreidbaar Industrie Klasse B
 Baggerdiepte (m) t.o.v. NAP: -1,82
 Bestemming: Op de kant

3230_1975_2
 Veiligheidsklasse: Basishygiëne
 Hoeveelheid (m³): 139
 Klasse: Verspreidbaar Industrie Klasse B
 Baggerdiepte (m) t.o.v. NAP: -2,02
 Bestemming: Op de kant

3230_1975_3
 Veiligheidsklasse: Basishygiëne
 Hoeveelheid (m³): 102
 Klasse: Verspreidbaar Industrie Klasse B
 Baggerdiepte (m) t.o.v. NAP: -2,02
 Bestemming: Op de kant

3230_1978_1
 Veiligheidsklasse: Basishygiëne
 Hoeveelheid (m³): 146
 Klasse: Verspreidbaar Industrie Klasse B
 Baggerdiepte (m) t.o.v. NAP: -2,02
 Bestemming: Op de kant

AGV_0578
 Veiligheidsklasse: Basishygiëne
 Hoeveelheid (m³): n.t.b.
 Klasse: Verspreidbaar Industrie Klasse B
 Baggerdiepte (m) t.o.v. NAP: 40 cm t.o.v. waterpeil
 Bestemming: Op de kant

3230_1978_3
 Veiligheidsklasse: Basishygiëne
 Hoeveelheid (m³): 983
 Klasse: Niet verspreidbaar Noot toepasbaar
 Baggerdiepte (m) t.o.v. NAP: -2,02
 Bestemming: Erkende verwerker

AGV_1110
 Veiligheidsklasse: Basishygiëne
 Hoeveelheid (m³): 47
 Klasse: Verspreidbaar Industrie Klasse B
 Baggerdiepte (m) t.o.v. NAP: -1,62
 Bestemming: Op de kant

3230_2531_2
 Veiligheidsklasse: Basishygiëne
 Hoeveelheid (m³): 185
 Klasse: Verspreidbaar Vrij toepasbaar
 Baggerdiepte (m) t.o.v. NAP: -2,02
 Bestemming: Erkende verwerker

3230_2531_1
 Veiligheidsklasse: Basishygiëne
 Hoeveelheid (m³): 228
 Klasse: Niet verspreidbaar Industrie Klasse A
 Baggerdiepte (m) t.o.v. NAP: -2,02
 Bestemming: Erkende verwerker

3230_2531_3
 Veiligheidsklasse: Basishygiëne
 Hoeveelheid (m³): 42
 Klasse: Verspreidbaar Vrij toepasbaar
 Baggerdiepte (m) t.o.v. NAP: -2,02
 Bestemming: Op de kant



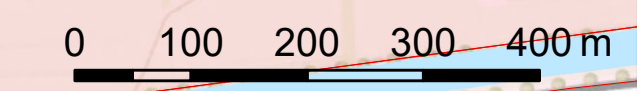
Cartograaf:	Datum eerste versie:	Opdrachtgever:	Opdrachtnr.:	Controleur:	Status kaart:	
BM	26-05-2020	PB	3231	TB	N.v.t.	
Laatste wijziging:	Datum laatste versie:	Projectleider:	Formaat:	Schaal:	Kaartnummer:	Bladnr.:
BM	05-06-2020	R. Leysner	A1	1:6.500	IB20200043	-

Bestekkaart

Polder Kortenhoef fase 2



Bezoekadres:
 Korte Ouderkerkerdijk 7
 1096 AC Amsterdam
 Tel. 0900-9394



VI

BIJLAGE: WATERWIJZER NATUUR

Om te bepalen welke ecologische mogelijkheden er zijn binnen het huidige systeemfunctioneren van Kortenhoef Oost is met de Waterwijzer Natuur (WWN) bepaald in hoeverre de huidige standplaatscondities voldoen aan de randvoorwaarden die eerder zijn opgesteld voor de verschillende doelvegetaties (zie tabel 2.3). Hierbij is gebruik gemaakt van twee onderdelen van de WWN, namelijk (a) de Waternood-module waarmee hydrologische randvoorwaarden (GLG, GVG, droogtestress en kwelafhankelijkheid) voor verschillende vegetatietypen getoetst worden en (b) de PROBE-module waarin niet alleen hydrologische randvoorwaarden maar ook bodemkundige en klimatologische randvoorwaarden worden meegenomen om een inschatting te maken van de ecotopen (een hoger abstractieniveau dan de vegetatietypen) die kunnen voorkomen. Beide methodes worden hieronder behandeld voor de huidige situatie.

VI.1 Waternood

Voor het toetsen van natuurdoelen wordt in Waternood de zogenaamde doelrealisatie van vegetatietypen beschreven in afhankelijkheid van:

- de gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG);
- de gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand (GVG);
- de droogtestress (DS);
- aanwezigheid van kwel.

De GVG is bepalend voor de zuurstofvoorziening aan het begin van het groeiseizoen. Voor veel grondwaterafhankelijke natuurdoeltypen zijn hoge GVG's gewenst. Het gemiddeld aantal dagen droogtestress wil zeggen het aantal dagen dat de vochtspanning in de bovengrond dichtbij of op het verwelkingspunt ligt. Als er gemiddeld veel dagen met droogtestress zijn kunnen alleen aan droogte aangepaste soorten overleven. In het Waternood-instrumentarium wordt de GLG gebruikt om – in combinatie met gegevens over bodemopbouw en neerslagoverschot – de droogtestress te schatten. De GLG is niet alleen (mede)bepalend voor de vochtvoorziening, maar is ook bepalend voor de mate waarin afbraak van organisch materiaal plaatsvindt. De aanwezigheid van kwel is tot slot medebepalend voor de zuurbuffering van de bovengrond. De gebruiker dient zelf in te schatten in hoeverre het vegetatietype in zijn gebied kwelafhankelijk is, omdat de afhankelijkheid van kwel van een vegetatietype namelijk van plek tot plek kan verschillen. Wij beschouwen voor Kortenhoef Oost kwel enkel noodzakelijk voor de realisatie van het habitatype H6140 Blauwgrasland. Voor de habitatypen H7140A Trilveen, H7140B Veenmosrietland en H4010B Vochtige heide en de natuurbeheertypen N10.02 vochtig hooiland en N12.02 Kruiden- en faunarijk grasland is ervan uit gegaan dat kwel mag voorkomen maar dat het niet noodzakelijk is.

De doelrealisatie (uitgedrukt als percentage) van een vegetatiedoel wordt voor ieder van deze variabelen vastgesteld aan de hand van trapeziumvormige functies die de optimale en suboptimale range weerspiegelen (Runhaar *et al.* 2006). Vermenigvuldiging van de doelrealisaties voor GLG, GVG en DS resulteert in de totale doelrealisatie. De rastergrootte bedraagt 25 m. Aangezien de niet hydrologische randvoorwaarden uit Tabel 2.3 niet meegenomen kunnen worden in deze Waternood-module, geven de hier weergegeven potentiekaarten een overschatting voor de realisatie van de vegetatietypen. De Waternood-kaarten geven enkel aan waar op basis van de huidige hydrologische randvoorwaarden specifieke vegetatietypen zouden kunnen voorkomen, waarbij dus expliciet geen rekening wordt gehouden met onder

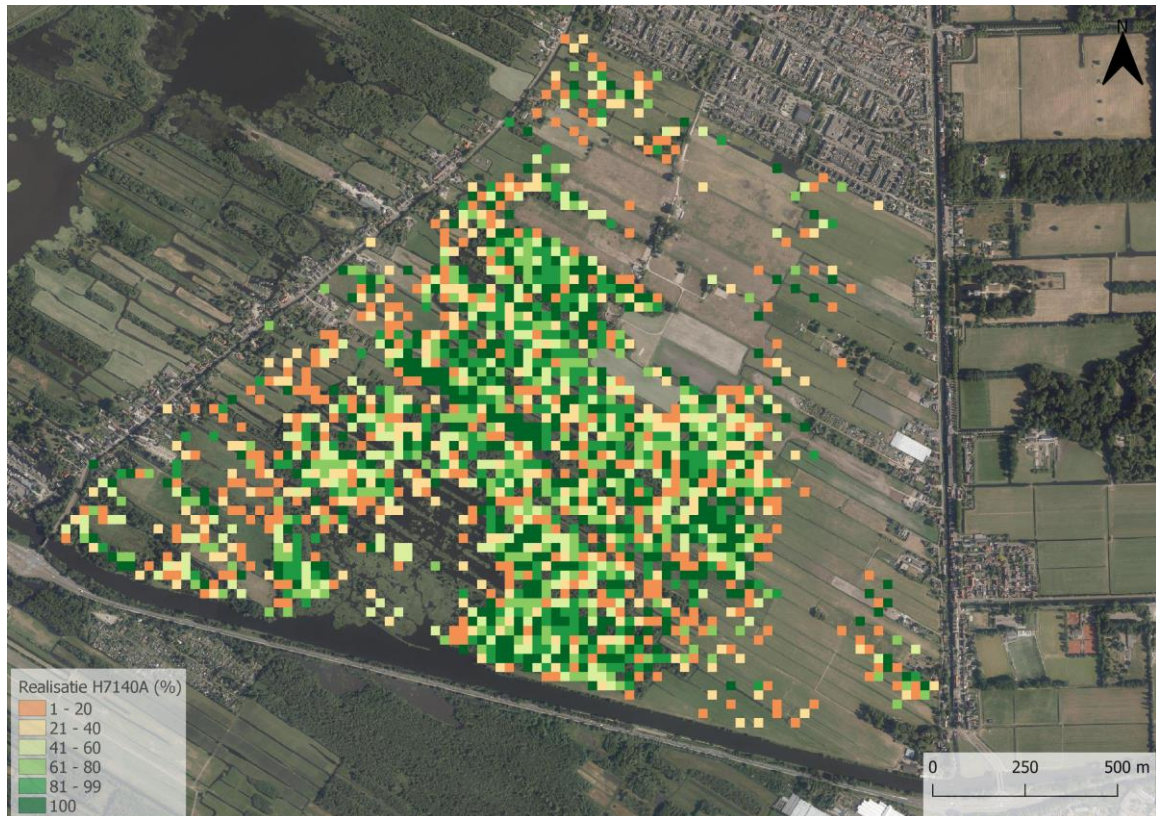
andere de oppervlaktewaterkwaliteit, de grondwaterkwaliteit, de bodemkwaliteit, het huidige landgebruik en de hoogte van de stikstofdepositie.

H7140A Trilveen

De plekken waar, op basis van de hydrologische randvoorwaarden, mogelijk trilvenen gerealiseerd zouden kunnen worden (of reeds aanwezig zijn) zijn beperkt tot het centrale gedeelte van Kortenhoef Oost, oftewel in het huidige natuurgebied, en aan de westzijde van de oostelijk gelegen landbouwpercelen (afbeelding VI.1). De doelrealisatie voor GVG is nagenoeg identiek aan de totale potentiekaart en is dus leidend voor de realisatie ten opzichte van de andere beschouwde hydrologische parameters (GLG en DS).

Voor een groot deel van de percelen geldt dat het percentage doelrealisatie voor trilvenen beperkt is (oranje - licht groen; 1 - 60 %) en dat de kans op andere vegetatietypen (volgens de huidige hydrologische condities) hier groter is (zie afbeeldingen VI.2 tot en met VI.4). Daarnaast moet men zich realiseren dat een aanzienlijk deel van het 'potentiegebied' momenteel bestaat uit bossen met beperkte arealen aan H91D0 hoogveenbossen. Hier is alleen potentie voor trilvenen als deze bossen gekapt zouden worden.

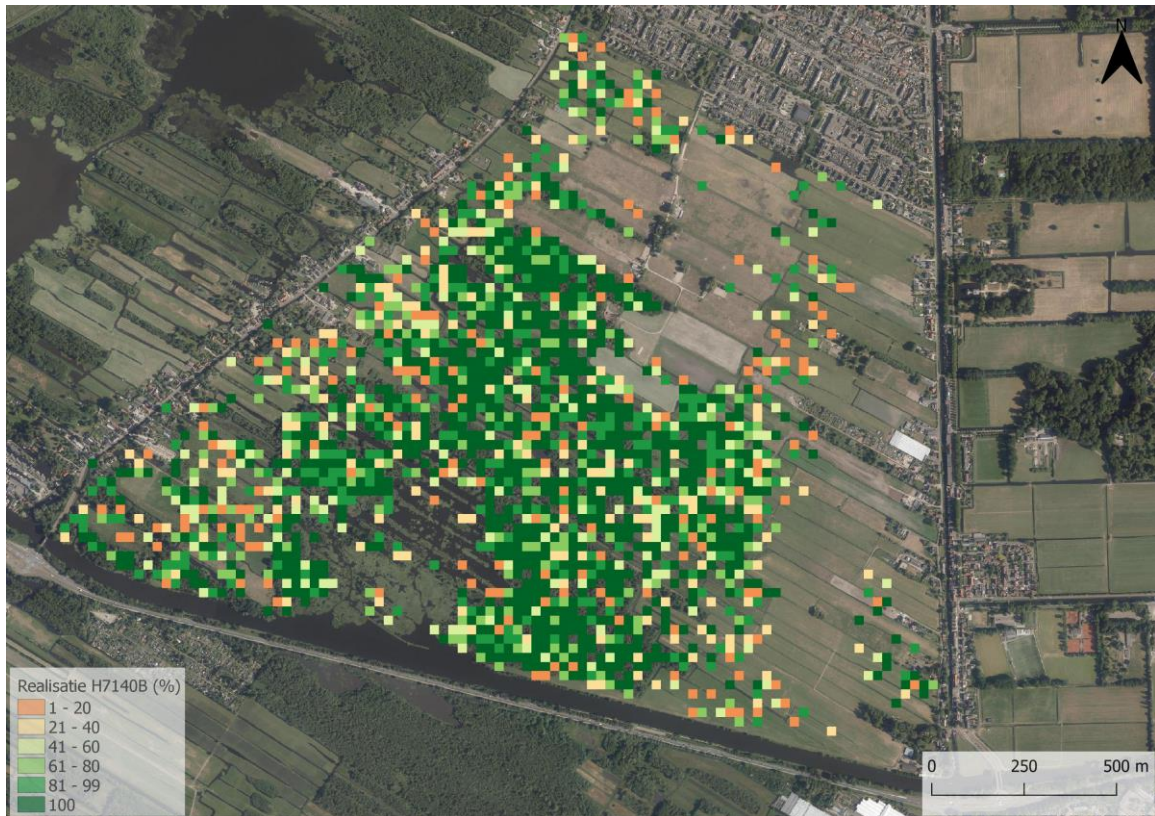
Afbeelding VI.1 Potentiekaart voor realisatie van H7140A Trilveen volgens de Watnood-module van de WWN



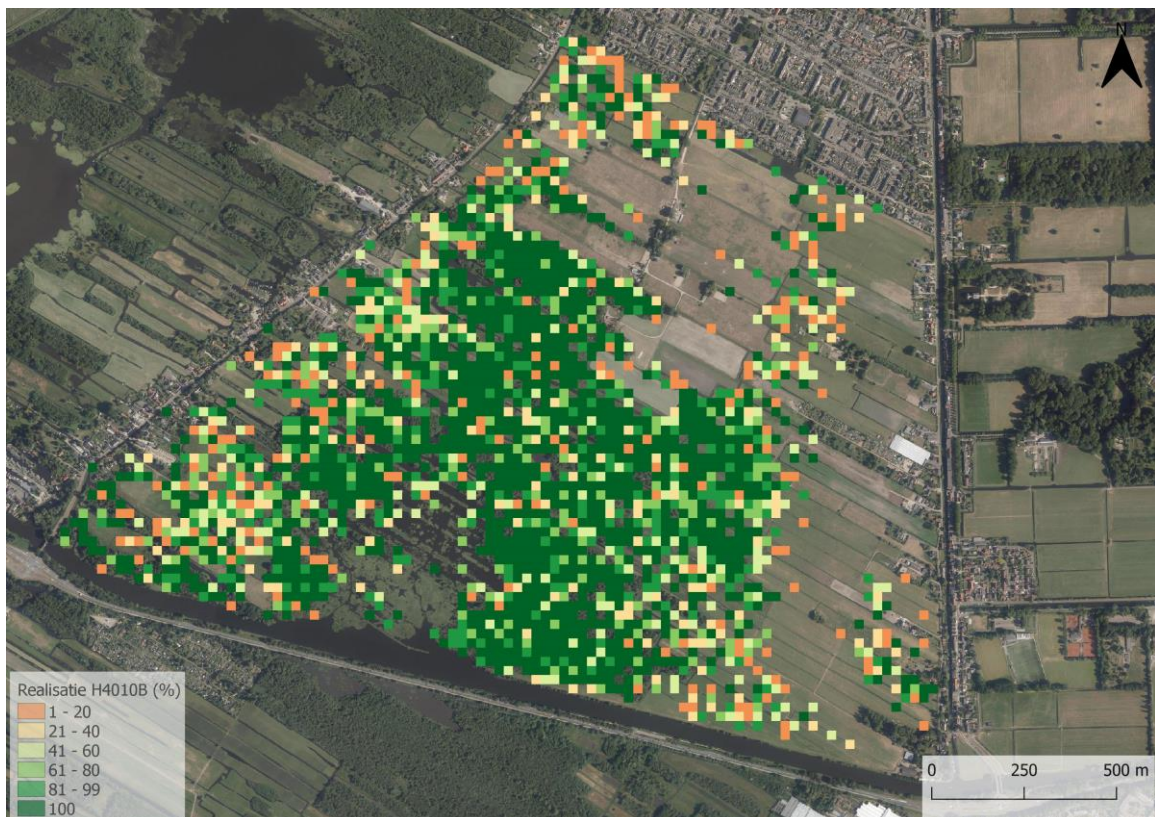
H7140B Veenmosrietland en H4010B Vochtige heiden

De plekken waar veenmosrietland of Vochtige heide gerealiseerd zouden kunnen worden of reeds aanwezig zijn (respectievelijk afbeeldingen VI.2 en VI.3), zijn zeer gelijkwaardig aan de trilveenplekken (afbeelding VI.1). De rasters zijn echter meer groen gekleurd: dit houdt in dat de kans op realisatie dus groter is, waarbij men zich ook hier moet realiseren dat een aanzienlijk deel van het 'potentiegebied' momenteel bestaat uit bossen. Net als voor trilvenen is de GVG leidend voor het bepalen van de doelrealisaties van veenmosrietland en vochtige heide.

Afbeelding VI.2 Potentiekaart voor realisatie van H7140B Veenmosrietland volgens de Waterlood-module van de WWN



Afbeelding VI.3 Potentiekaart voor realisatie van H4010B Vochtige heide volgens de Waterlood-module van de WWN.

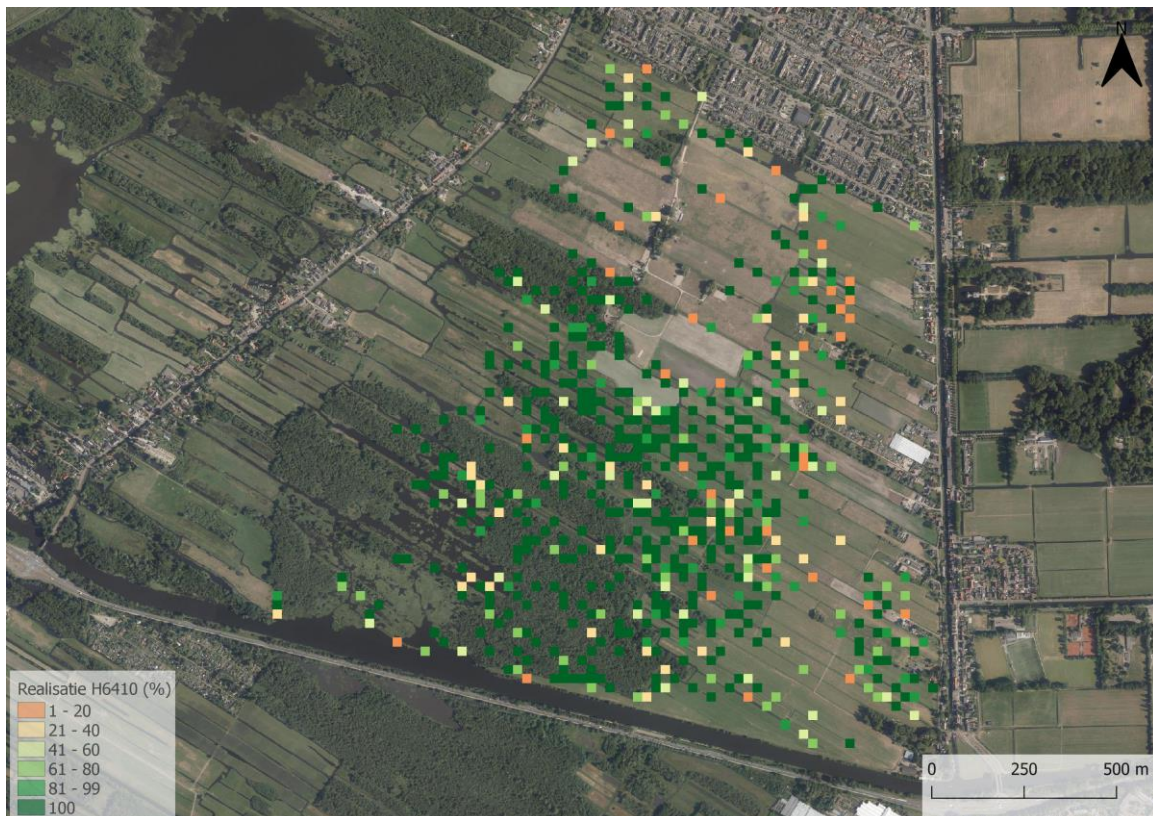


H6410 Blauwgrasland

Voor de ontwikkeling van hoog kwalitatieve blauwgraslanden hebben we aangegeven dat niet alleen voldaan dient te worden aan de randvoorwaarden voor de GLG, GVG en DS, maar ook aan de randvoorwaarde dat er sprake is van een kwelgevoede situatie. Uit afbeelding VI.4 blijkt dat er dan in de huidige situatie alleen potentie voor goed ontwikkelde blauwgraslanden is aan de oostzijde van het huidige natuurgebied en aan de westzijde van de oostelijk gelegen landbouwpercelen. Het zijn deze gebieden waar volgens RHDHV (2022) sprake is van een opwaarts gerichte kweldruk. De rasters met een potentie kleuren dan vaak gelijk behoorlijk groen: dit houdt in dat de kans op realisatie hydrologisch gezien dus best wel groot is. Hier zijn echter wel twee kanttekeningen bij te plaatsen:

- veel van de potentieplekken liggen in rechte lijnen die precies overeenkomen met het slotenpatroon in Kortenhoef Oost. Dit is een artefact van de berekening. In Waterlood is niet opgegeven waar de sloten liggen en dit zijn volgens de kwelkaart van RHDHV (2022) wel precies de locaties waar vooral sprake is van een opwaarts gerichte kweldruk. In werkelijkheid zullen er echter geen kansen voor blauwgraslandontwikkeling zijn in en vlak naast deze sloten. Daarmee verdwijnt een groot deel van de potentie voor blauwgraslandontwikkeling. Enkele de polynonen die op percelen liggen zijn relevant;
- een aanzienlijk deel van het 'potentiegebied' bestaat momenteel uit bossen. Het is zeer de vraag of hier na boskap ooit blauwgraslanden kunnen ontwikkelen. Een dergelijke ecologische ontwikkeling is nog niet vaak waargenomen in Nederland.

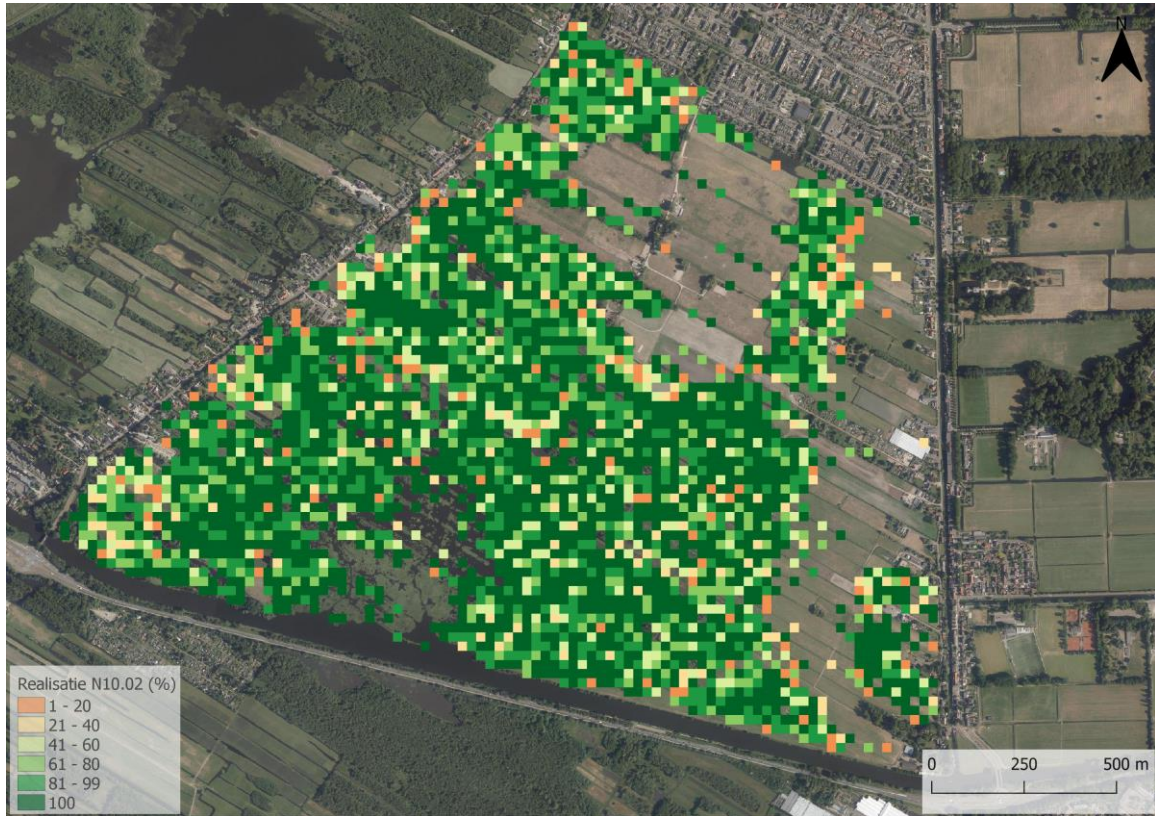
Afbeelding VI.4 Potentiekaart voor realisatie van H6410 Blauwgrasland met kwelafhankelijkheid volgens de Waterlood-module van de WWN



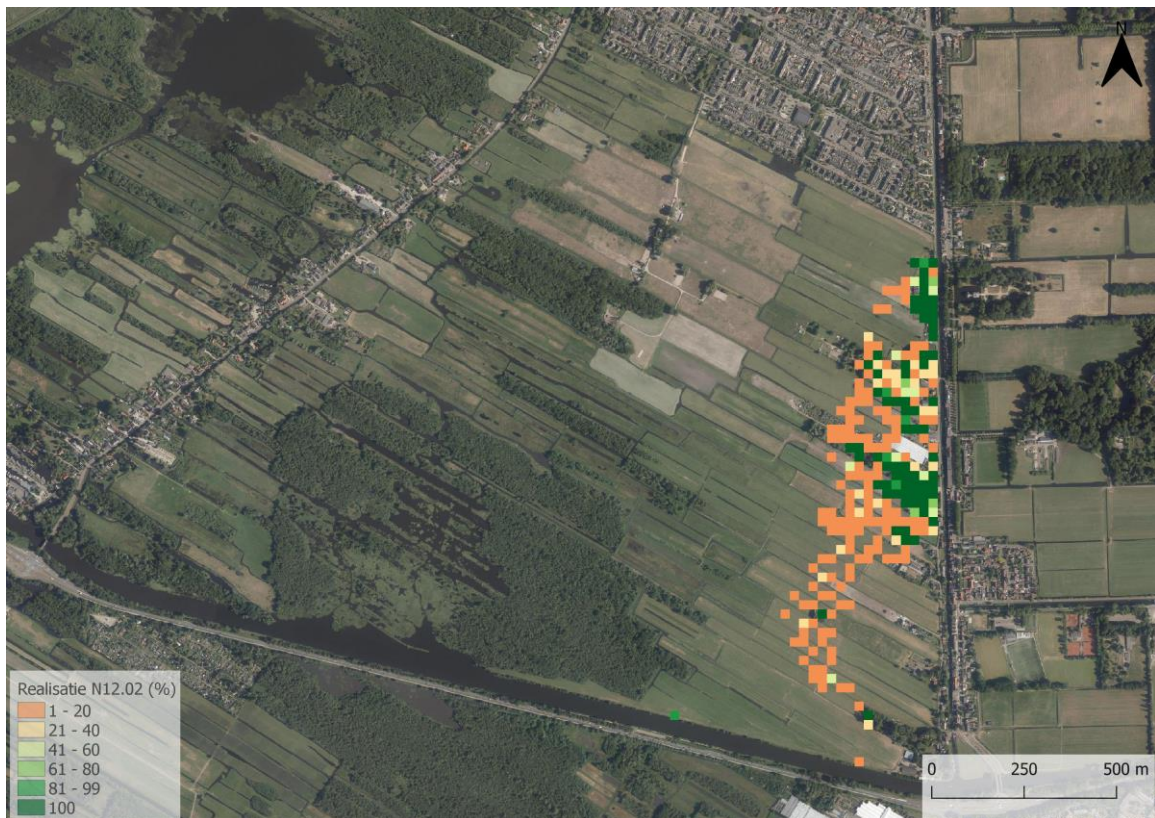
N10.02 Vochtig hooiland en N12.02 Kruiden- en faunarijk grasland

Op basis van de hydrologische condities (GLG, GVG en DS) is de kans op ontwikkeling van vochtige hooiland eigenlijk overal in Kortenhoef Oost behoorlijk groot (afbeelding VI.5). Alleen op de oostelijk gelegen zandrug is er geen potentie voor de ontwikkeling van dergelijke hooilanden, doordat de grondwaterstand daar te ver uitzakt. Dit is juist de zone waar potentie is voor kruiden- en faunarijk grasland (afbeelding VI.7), waarvoor geldt dat er sprake dient te zijn van enige droogtestress.

Afbeelding VI.5 Potentiekaart voor realisatie van N10.02 Vochtig hooiland volgens de Waterlood-module van de WWN



Afbeelding VI.6 Potentiekaart voor realisatie van N12.02 Kruiden- en faunairijk grasland volgens de Waterlood-module van de WWN

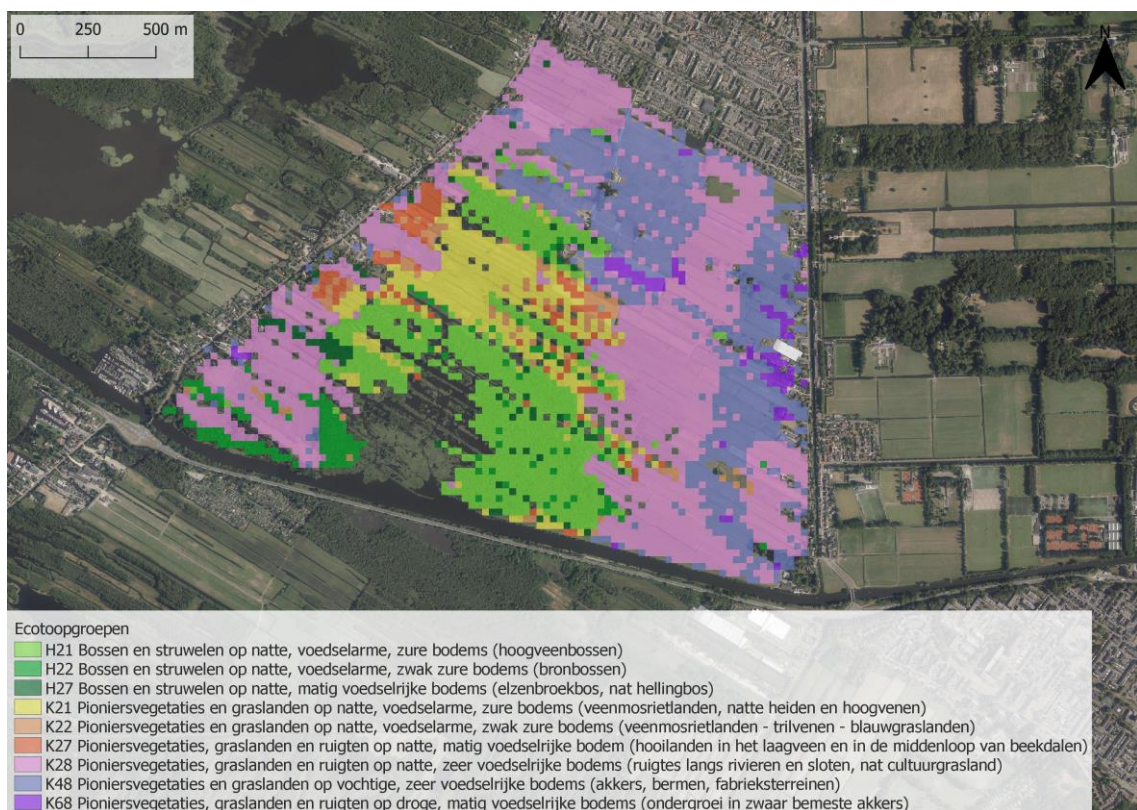


VI.2 PROBE

In de PROBE-module simuleert de WWN wat de veranderingen zijn in de transpiratiestress, de zuurstofstress, de voedselrijkdom en zuurtegraad van de bodem. De veranderingen in deze factoren worden vervolgens vertaald naar respectievelijk indicatiewaarden en de kansrijkdom van ecotopen. Daarbij wordt er tevens een voorspellingskaart gegenereerd die per pixel de ecotoopgroep met de hoogste voorspellingskans aangeeft. Zie STOWA (2018b) voor een uitgebreidere omschrijving van de WWN.

Afbeelding VI.7 toont de voorspelling voor Kortenhoef Oost. Deze voorspelling komt over het algemeen goed overeen met (a) de hydrologische toetsing via de Watnood-module van de WWN en (b) het huidige voorkomen van vegetatietypes in Kortenhoef Oost. Zo is er bijvoorbeeld een duidelijke overeenkomst tussen het voorkomen van het ecotoop K48 (volgens de PROBE-module) op de oostelijk gelegen zandrug en de verhoogde graslanden van Groenewoud en de potentiebepaling van het natuurbeheertype N12.02 volgens de Watnood-module. Dit geeft aan dat als we naast de hydrologische randvoorwaarden ook onder meer de bodem, de huidige vegetatie, het huidige landgebruik en de N-depositie beschouwen we een gelijkaardig beeld krijgen. Aangezien de verdeling van de ecotopen behoorlijk goed overeenkomt met het huidige voorkomen van vegetaties in het veld, geeft dit vertrouwen in de betrouwbaarheid van dit instrumentarium. Dit belangrijk, omdat we dit instrumentarium in hoofdstuk 6 toepassen om de ecologische effecten van verschillende typen maatregelen te evalueren.

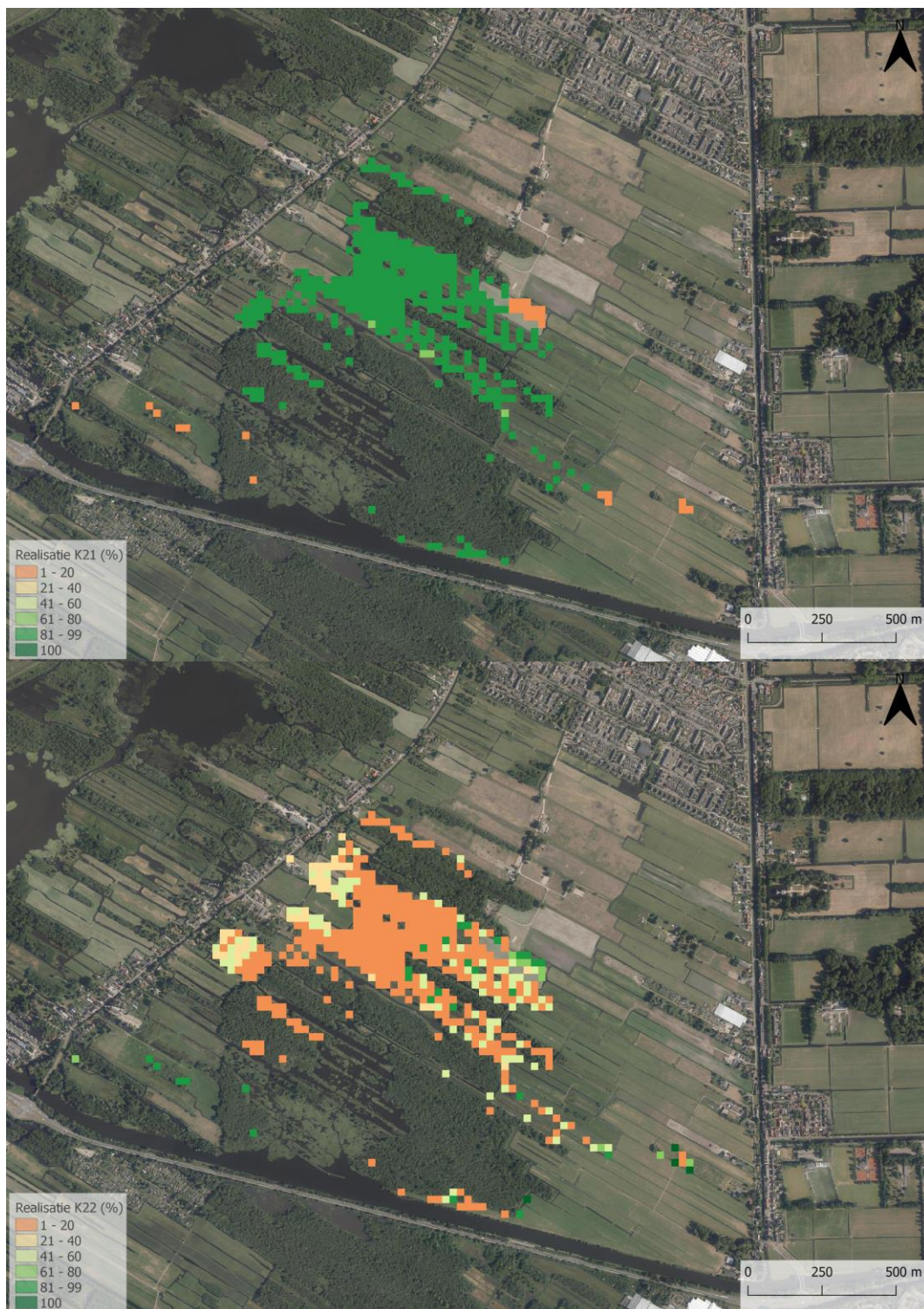
Afbeelding VI.7 Voorspelling van het voorkomen van verschillende ecotopen in Kortenhoef Oost op basis van de huidige abiotische condities, waarbij voor elke rastercel de ecotoop is gevisualiseerd die de grootste kansrijkdom op voorkomen heeft volgens de PROBE-module (de legenda is aangepast op projectgebied)



In afbeelding VI.8 is de voorspellingskans voor K21 Pioniersvegetaties en graslanden op natte, voedselarme, zure bodems (veenmosrietlanden, natte heiden en hoogvenen) en K22 Pioniersvegetaties en graslanden op natte, voedselarme, zwak zure bodems (veenmosrietlanden - trilvenen - blauwgraslanden) weergegeven. Het is duidelijk dat de voorspelling van K22 grotendeels wordt beperkt door de hogere voorspelling op dezelfde plekken voor K21. De pH wordt daar op basis van bodemkenmerken door de PROBE-module geschat op

4,0 - 5,5 (afbeelding VI.9), waardoor de kans op voorkomen van ecotoop K21 hoger wordt ingeschat dan van ecotoop K22. Dit klopt ook met de veldsituatie, want op deze locaties komen vooral wat zuurdere vegetaties voor die gedomineerd worden door veenmossen. De hoogste potentie voor basenrijkere vegetatietypen als trilvenen en blauwgraslanden (K22) lijken aan de oostzijde van het huidige natuurgebied te liggen, waar volgens RHDHV (2022) onder de huidige condities de grootste kans is op een opwaarts gerichte kweldruk.

Afbeelding VI.8 Potentiekaart voor realisatie van K21 (boven) en K22 (onder). K21 = Pioniersvegetaties en graslanden op natte, voedselarme, zure bodems (veenmosrietlanden, natte heiden en hoogvenen). K22 Pioniersvegetaties en graslanden op natte, voedselarme, zwak zure bodems (veenmosrietlanden - trilvenen - blauwgraslanden)



Afbeelding VI.9 pH-simulatie met PROBE

