

# Inschatting effecten peilscenario's op biogeochemische processen en natuurwaarden in polder Oosterland



Rapport 2017-094

R. Loeb  
J.H. van der Heide  
F. Smolders  
R. van de Haterd



**Bureau Waardenburg bv**  
Ecologie & landschap

Postbus 365 4100 AJ Culemborg  
Telefoon 0345 51 27 10, Fax 0345 51 98 49  
E-mail [info@buwa.nl](mailto:info@buwa.nl) [www.buwa.nl](http://www.buwa.nl)



**koeman en bijkerk bv**  
ecologisch onderzoek en advies





# Inschatting effecten peilscenario's op biogeochemische processen en natuurwaarden in polder Oosterland

Rapport 2017-094

R. Loeb  
J.H. van der Heide  
F. Smolders  
R. van de Haterd



**Bureau Waardenburg bv**  
Ecologie & landschap

Postbus 365 4100 AJ Culemborg  
Telefoon 0345 51 27 10, Fax 0345 51 98 49  
E-mail [info@buwa.nl](mailto:info@buwa.nl) [www.buwa.nl](http://www.buwa.nl)



**koeman en bijkerk bv**  
ecologisch onderzoek en advies

|             |  |
|-------------|--|
| bezoekadres | oosterweg 127 Haren  |
| postadres   | postbus 111 9750 AC Haren  |
| telefoon    | 050 8200018  |
| telefax     | 050 8200013  |
| email       | <a href="mailto:info@koemanenbijkerk.nl">info@koemanenbijkerk.nl</a> |
| website     | <a href="http://www.koemanenbijkerk.nl">www.koemanenbijkerk.nl</a>   |



## Colofon

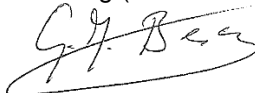
|                               |   |
|-------------------------------|---|
| Opdrachtgever                 | Waterschap Hunze en Aa's, Postbus 195, 9640 AD Veendam  |
| Titel                         | Inschatting effecten peilsценario's op biogeochemische processen en natuurwaarden in polder Oosterland  |
| Auteurs                       | R. Loeb (Onderzoekcentrum B-WARE)<br>J.H. van der Heide (Koeman en Bijkerk)<br>F. Smolders (Onderzoekcentrum B-WARE)<br>R. van de Haterd (Bureau Waardenburg) |
| Datum                         | 1 september 2017  |
| Pagina's (inclusief bijlagen) | 47  |
| Projectnr                     | 2017-083  |
| Rapportnr                     | 2017-094  |
| Status                        | Definitief  |
| Akkoord                       | G.J. Berg (adviseur ecologie)   |
| Paraaf                        |    |

Foto omslag: aanzicht vanaf de noordwest hoek van het plangebied (bron: bingmaps)

Deze publicatie kan geciteerd worden als:

Loeb R, Van der Heide JH, Smolders F & van de Haterd R (2017) Inschatting effecten peilsценario's op biogeochemische processen en natuurwaarden in polder Oosterland. KenB rapport 2017-094. Koeman en Bijkerk bv, Haren.

© Koeman en Bijkerk bv / Waterschap Hunze en Aa's

Dit rapport is vervaardigd op verzoek van opdrachtgever hierboven aangegeven en is zijn eigendom. Niets uit dit rapport mag worden veeveelvoudigd en/of openbaar gemaakt worden door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de opdrachtgever hierboven aangegeven en Koeman en Bijkerk bv, noch mag het zonder een dergelijke toestemming worden gebruikt voor enig ander werk dan waarvoor het is vervaardigd.

Koeman en Bijkerk bv is niet aansprakelijk voor gevolgschade, alsmede schade welke voortvloeit uit toepassingen van resultaten van werkzaamheden of andere gegevens verkregen van Koeman en Bijkerk bv; opdrachtgever vrijwaart Koeman en Bijkerk bv voor aanspraken van derden in verband met deze toepassing.



# Inhoudsopgave

|  |           |
|--|-----------|
| COLOFON  | 3         |
| <b>1 INLEIDING</b>   | <b>7</b>  |
| 1.1 Aanleiding   | 7         |
| 1.2 Ligging en ontwikkeling Polder Oosterland  | 7         |
| 1.3 Hydrologie   | 11        |
| 1.4 Huidige natuurwaarden  | 16        |
| 1.5 Agrarisch gebruik en problemen met kwaliteit grasland                            | 18        |
| 1.6 Korte inleiding op bodemchemische processen onder invloed van de grondwaterstand | 19        |
| <b>2 MATERIAAL EN METHODEN</b>   | <b>21</b> |
| 2.1 Veldwerkzaamheden  | 21        |
| 2.2 Chemische analyses   | 21        |
| <b>3 RESULTATEN</b>  | <b>25</b> |
| 3.1 Bodemprofielen   | 25        |
| 3.2 Chemische analyses bodem   | 26        |
| 3.3 Chemische analyses vegetatie   | 31        |
| 3.4 Vergelijking mangaanconcentraties bodem met elders gemeten concentraties         | 31        |
| 3.5 Habitatvereisten Kievitsbloemhooiland  | 33        |
| <b>4 KNELPUNTEN, OORZAKEN EN OPLOSSINGSRICHTINGEN</b>                                | <b>37</b> |
| 4.1 Knelpunten en oorzaken   | 37        |
| 4.2 Oplossingsrichtingen   | 37        |
| <b>5 EVALUATIE PEILSCENARIO'S</b>  | <b>39</b> |
| <b>6 LITERATUUR</b>  | <b>41</b> |
| BIJLAGE I MEETGEGEVENS   | 43        |
| BIJLAGE II FOTO'S VAN BODEMPROFIELEN   | 46        |





# 1 Inleiding

## 1.1 Aanleiding

Waterschap Hunze en Aa's is bezig met het nemen van een peilbesluit voor de Polder Oosterland. Momenteel ligt het zomerpeil op NAP - 0,45 m en het winterpeil op NAP -0,55 m. Omdat er in de polder belangen liggen voor natuur alsook voor landbouwkundig gebruik, liggen er zowel wensen voor een hoger als voor een lager peil. Het beleid van de provincie is in dit geval om het huidige peil te handhaven. Om deze reden heeft het waterschap voorgesteld het huidige zomer- en winterpeil ook in het nieuwe peilbesluit te handhaven. De rechtbank vindt echter dat dit voorstel te weinig gemotiveerd is, met name omdat de huidige bestemming uit het bestemmingsplan agrarisch gebruik met waarden is. Waterschap Hunze en Aa's heeft daarom aan Koeman en Bijkerk B.V gevraagd wat de effecten op natuurwaarden zouden zijn bij de volgende scenario's:

- handhaven van het huidige zomer- en winterpeil;
- verlagen van zowel het zomer- als het winterpeil met 15 cm ten behoeve van de landbouw;
- verhogen van het peil ten behoeve van natuur.

Een aanvullende vraag gesteld door het waterschap is of er een peilscenario is waarbij zowel de landbouw alsook de natuur profijt bij hebben.

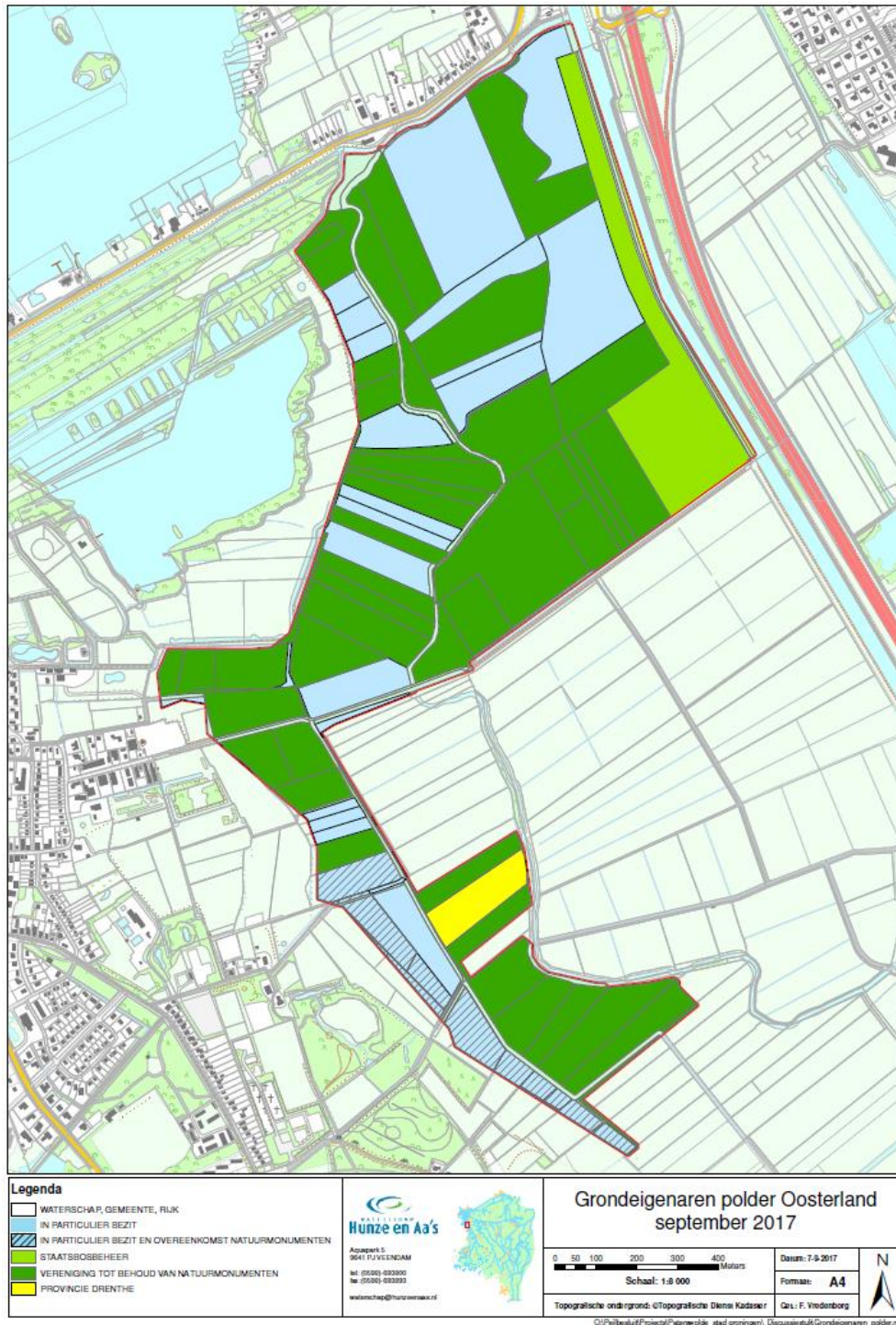
Omdat er in het gebied problemen spelen met bodemchemie (paragraaf 1.4.) heeft Koeman en Bijkerk B.V. aan Onderzoekcentrum B-ware gevraagd hierover advies uit te brengen. Zusterbedrijf Bureau Waardenburg is in deze betrokken als deskundig partner, zowel op gebied van ecologie als op het gebied van bodemchemie.

## 1.2 Ligging en ontwikkeling Polder Oosterland

Polder Oosterland, ook wel Polder Het Oosterland genoemd, ligt ten zuiden van de stad Groningen, net ten westen van Haren (Figuur 1). De Polder wordt begrensd door de hogere zandgronden in het westen, de Eelderschipsloot voor een aanzienlijk deel in het zuiden, de Schipsloot, waar de Drentse Aa in uitmondt, in het noorden en het Noord-Willemskanaal in het oosten.

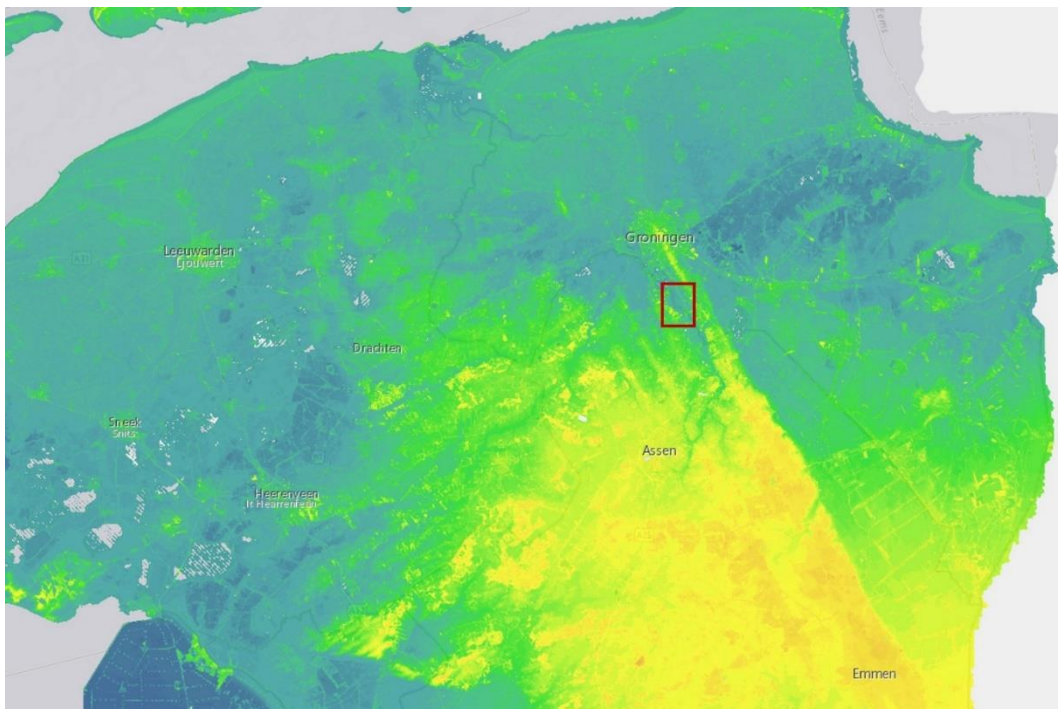
Polder Oosterland ligt in het dal van de Drentse Aa, aan de benedenloop van dit riviertje, op de plek waar de hogere zandgronden in het zuiden overgaan in het laaggelegen, vlakke zeekele gebied (Figuur 2). Ook ten oosten en ten westen van de polder liggen iets hoger gelegen zandgronden (Figuur 2 en Figuur 3). De polder heeft een ligging rond NAP; het maaiveld van de dieperliggende delen van de percelen met het Kievitsbloemhoiland ligt op 13 cm onder NAP. De hogere delen binnen het Kievitsbloemhoiland waar nog Kievitsbloemen staan, liggen op +3 cm boven NAP. Ook

het maaiveld van de meeste andere percelen bevindt zich op -5 tot +5 cm boven NAP. De hogere zandopduikingen bevinden zich op 80 cm boven NAP.



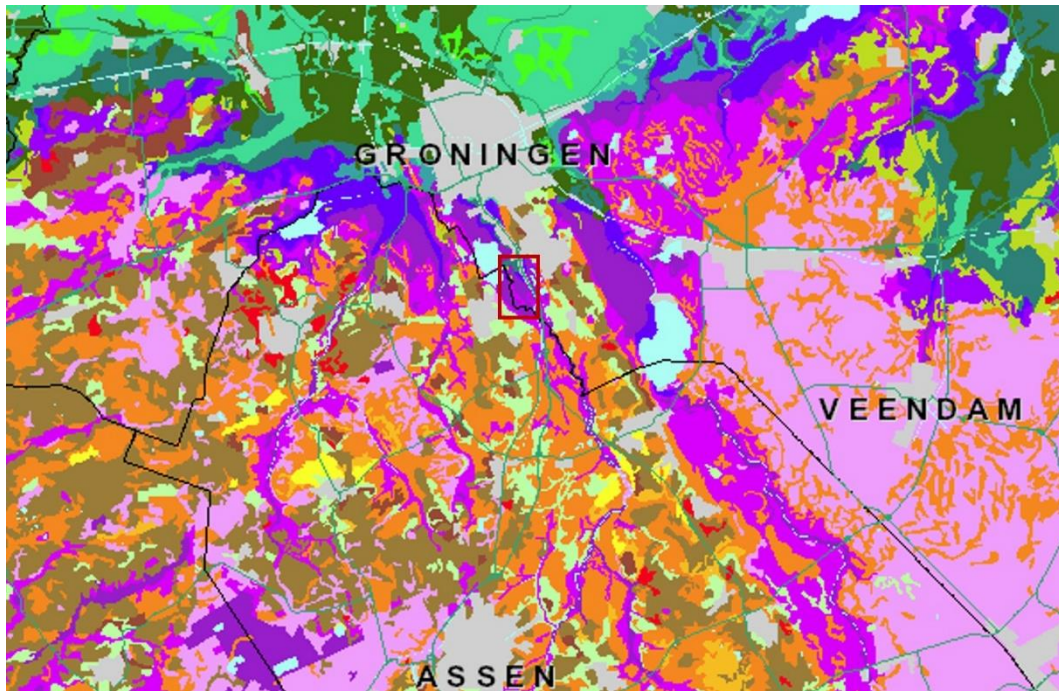
**Figuur 1** Ligging van polder Oosterland, met op de kaart aangegeven wie de grondeigenaren zijn in het gebied op september 2017 (bron: waterschap Hunze en Aa's).

Door de ligging van de polder - in het beekdal aan de voet van een zandplateau en omzoomd door hogere zandruggen-, was het gebied van oudsher onderhevig aan regionale en lokale kwel en aan inundatie door de rivier. Door deze natte omstandigheden werd veen gevormd. De bodem van Polder Oosterland bestaat in het zuiden uit koopveengronden (hVc) op zeggeveen, rietzeggeveen of (mesotroof) broekveen met een veraarde bovengrond op diep veen en grondwatertrap II. Dit gaat naar het noorden over naar een bodem met een kleidek op het veen (waardveengronden; pVc; koopveengronden kVc) en uiteindelijk kalkarme drechtvaaggronden (Mv41C) met grondwatertrap II in het noorden, waar zich een dik kleidek met zware klei op het veen bevindt. Enkel hoger gelegen kopjes hebben een veldpodzolgrond (Figuur 4). De bodemontwikkeling laat duidelijk de historische invloed van het water zien: de veengronden zijn ontstaan onder permanent (klets) natte condities, waaronder plantmateriaal slecht afbraak en veen zich kon vormen. Door de invloed van kwel- en rivierwater betroffen dit venen onder gebufferde mesotrofe condities, zoals riet- of zeggeveen. Vanuit het noorden was er invloed van zee, waardoor klei werd afgezet en ook inundaties vanuit de Drentse Aa zorgden voor afzetting van klei of zavel.

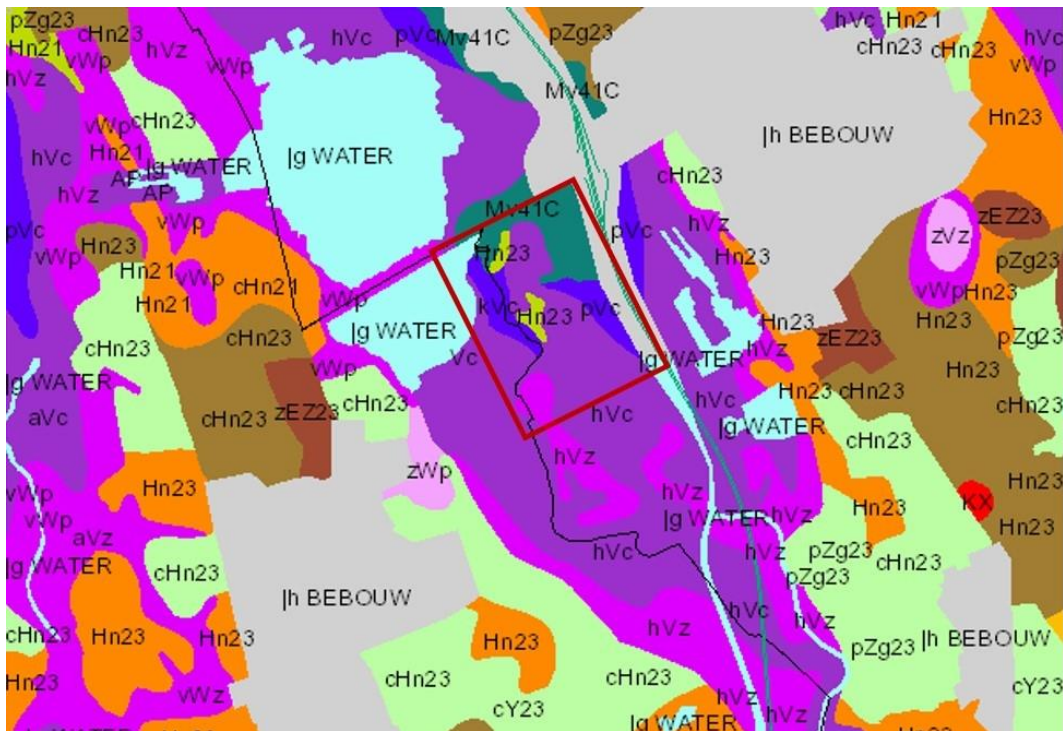


**Figuur 2** Hoogteligging van de Polder Oosterland (rood omkaderd). Geel/oranje: hoge ligging, blauw/groen: lage ligging (bron: [www.ahn.arcgisonline.nl](http://www.ahn.arcgisonline.nl)).





**Figuur 3** Bodemkaart 1:50.000 rond Polder Oosterland (rood omkaderd). Oranje, gele en bruine kleuren: zandgronden, paarse en blauwe kleuren: veengronden, groene kleuren: klei (bron: maps.bodemdata.nl).



**Figuur 4** Bodemypten van Polder Oosterland (rood omkaderd) (bron: maps.bodemdata.nl).

Polder Oosterland werd, samen met de zuidelijkere polder Lappenvoort al vroeg ingepolderd. Op de vroegste topografische kaarten is te zien dat de polder al zijn huidige vorm had, waarbij zelfs de perceelgrenzen al ongeveer hetzelfde lagen als nu. De polder was in de 19e eeuw reeds als grasland in gebruik.



**Figuur 5** Topografische kaart van rond 1870. Polder Oosterland heeft al ongeveer zijn huidige vorm. Goed te zien is ook dat het Paterswoldsemeer en het Frieseveen nog niet geheel verveend zijn en dit nog geen grote, open wateren waren (bron: topotijdreis.nl).

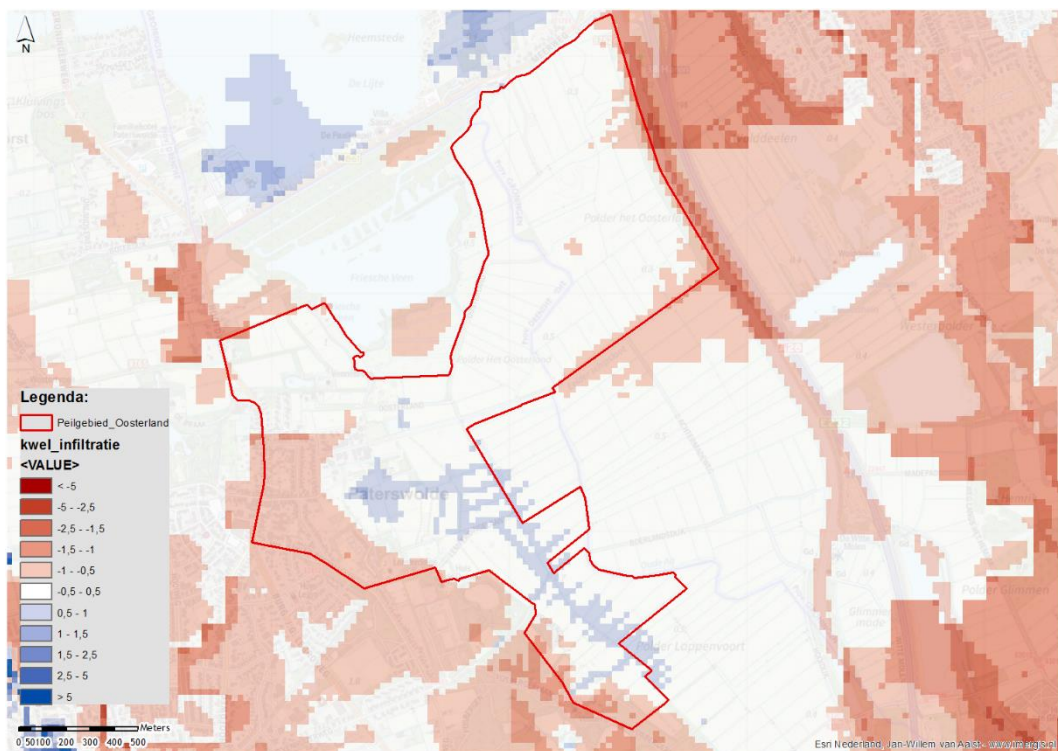
### 1.3 Hydrologie

Van oudsher was de polder een kwelgebied, maar momenteel is de hydrologische situatie ongeveer neutraal (modellering Waterschap Hunze en Aa's) (Figuur 6). Het is opvallend dat de hele polder als hydrologisch neutraal wordt weergegeven, terwijl er in praktijk aanzienlijke verschillen zijn in hoogteligging en in dikte van het klei- en veenpakket en er in de omgeving (o.a. het kanaal) veel infiltratie optreedt (Figuur 4 en Tabel 2). De schematisatie van de bodemopbouw komt uit het landelijk hydrogeologisch model REGIS II. Door deze vrij grove schematisatie (op de schaal van deze polder) worden dit soort verschillen uitgemiddeld. Dat betekent dat het model niet heel geschikt is voor uitspraken op detailniveau binnen deze polder.

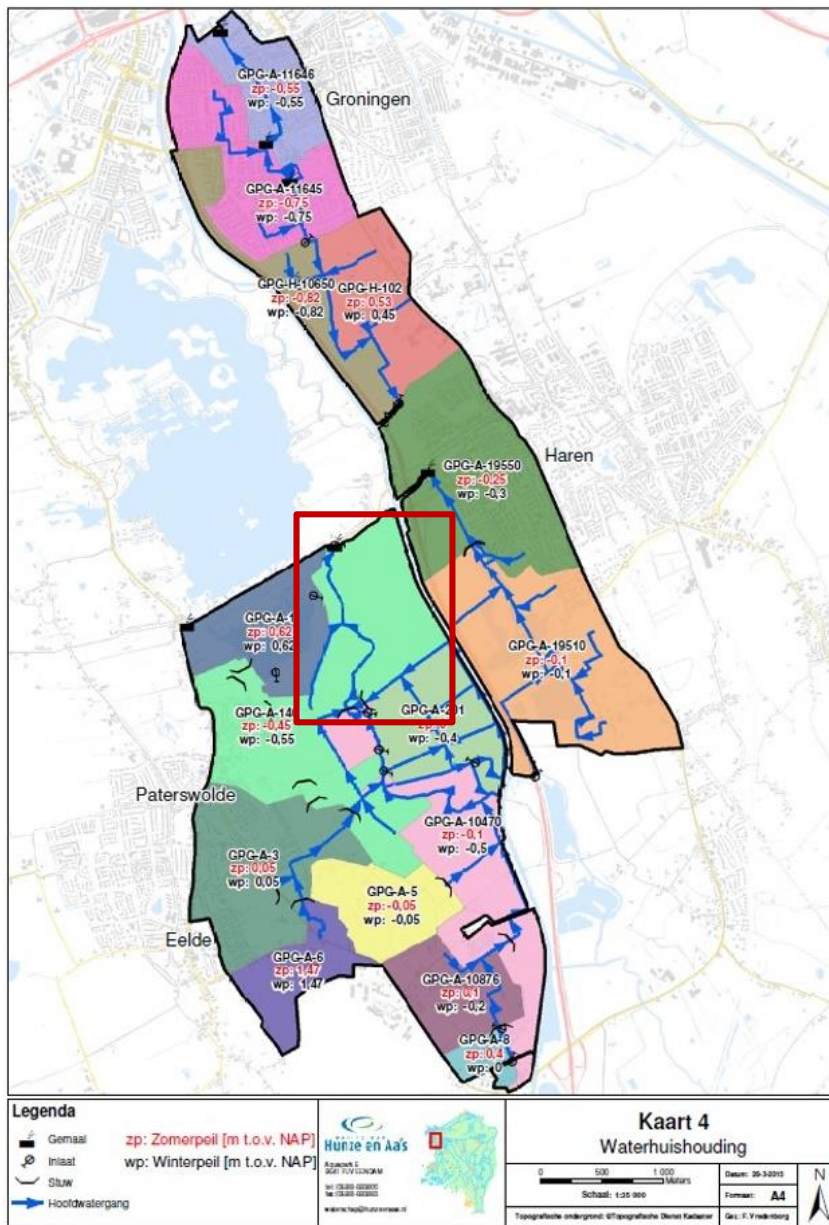
In de polder werd vanaf 1954 een vast peil van NAP -40 cm ingesteld. Pas vanaf 1994 werd er een zomer- en winterpeil ingevoerd, die toen respectievelijk NAP -40 cm en NAP -55 cm werden. Momenteel wordt ongeveer een zomerpeil van NAP -45 cm gevoerd en een winterpeil van NAP -55 cm (Figuur 7). Dit is een lager peil dan in de aangrenzende polders: in het peilgebied rond het Friescheveen wordt jaarrond een peil gevoerd van NAP +62 cm (dus meer dan een meter hoger dan in Polder Oosterland) en de zuidelijker gelegen Polder Lappenvoort heeft een peil van NAP -10 cm in de zomer en NAP -50 cm in de winter. Polder Glimmen, ook zuidelijk gelegen, heeft een Peil van NAP +0 cm in de zomer en NAP -40 cm in de winter. Om het peil te handhaven staat in het noordwesten



van de polder een gemaal (gemaal Meerweg; Figuur 8). Via dit gemaal wordt water vanuit de Drentse Aa, die de hoofdwatergang van de polder vormt, in de Schipsloot gepompt. Momenteel wordt het gevoerde peil aan de omstandigheden in het veld aangepast. Er is daarom geen vast moment waarop het zomer- en winterpeil wisselen. Ook is in Figuur 8 te zien dat het zomerpeil vaak kort op NAP -0,45 m wordt gehouden en vaker op NAP -0,50 zit. Ook is te zien dat in de winters van 2015/2016 en 2016/2017 het winterpeil op ongeveer NAP -0,60 m lag. In 2014 heeft Waterschap Hunze en Aa's een voorstel gedaan voor een peilbesluit. Dit is het eerste peilbesluit voor het peilgebied. In het voorgestelde peilbesluit worden de huidige streefpeilen van NAP -0,45 m (zomerpeil) en NAP -0,55 m (winterpeil) gehandhaafd (schrift. med. F. Vredenburg, Waterschap Hunze en Aa's).



**Figuur 6** Uitkomsten kwel/infiltratie MIPWA-modellering Waterschap Hunze en Aa's. De hydrologische situatie in het onderzoeksgebied (rechtsboven in het rode kader) is ongeveer neutraal (wit).

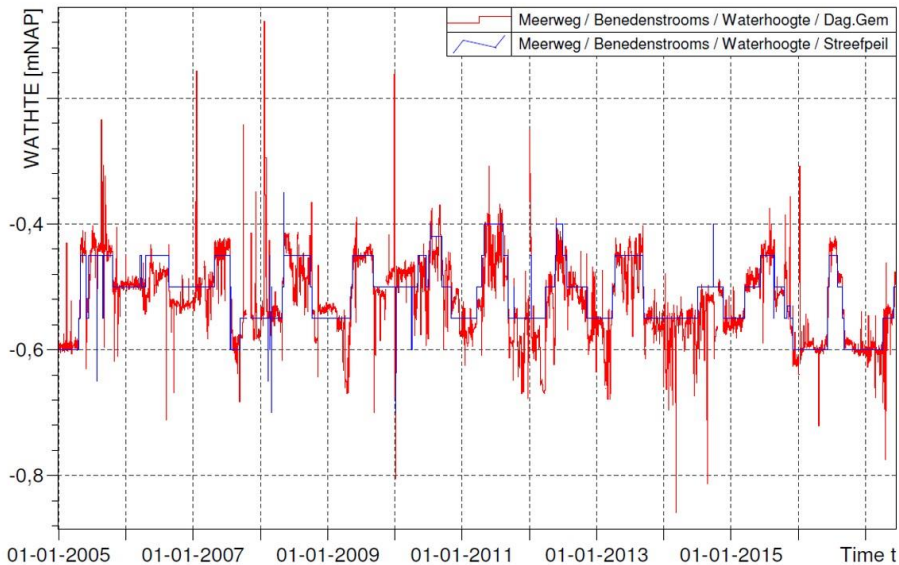


**Figuur 7** Waterhuishouding Polder Oosterland en omliggende polders. Polder Oosterland is rood omkaderd. Bron: Waterschap Hunze en Aa's.

Er is volgens de modelberekeningen momenteel over het grootste oppervlak van de percelen een GHG (gemiddeld hoogste grondwaterstand) van ongeveer 0 tot 20 cm -mv, een GVG (gemiddeld voorjaars grondwaterstand) van ongeveer 20 - 40 cm -mv en een GLG (gemiddeld laagste grondwaterstand) van 60 tot 80 cm -mv (figuur 9 tot en met 11). Zover bekend, wordt momenteel op één plek in de polder het grondwaterstandsverloop gemonitord ([www.dinoloket.nl](http://www.dinoloket.nl)). Dit is in het perceel met het Kievitsbloemhooiland. Uit deze metingen blijkt dat op deze plek, die vrij laag op het perceel gelegen is (-7 cm NAP), de GHG ongeveer op 3 cm -mv ligt, en de GLG op ongeveer 61 cm -mv (figuur 12). Het

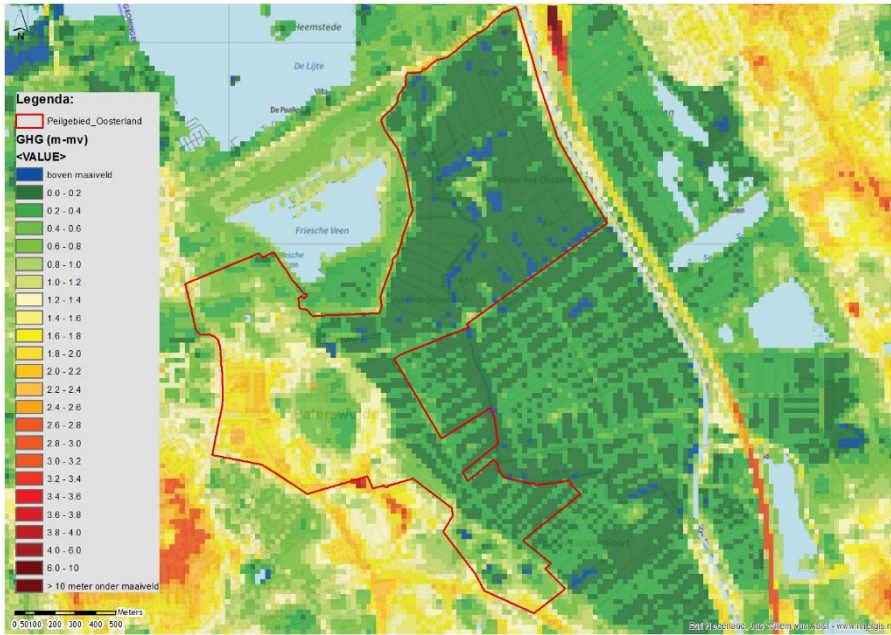


iets lagere peil dat in de hoofdwatgang in 2016/2017 gevoerd is, is niet direct terug te zien als lagere grondwaterstanden ten opzichte van voorgaande jaren.



**Figuur 8** Peil gevoerd bij gemaal Meerweg van 2005 tot en met begin 2017. In blauw het streefpeil (instelling gemaal), in rood het gemeten peil (daggemiddelde) (bron: Waterschap Hunze en Aa's).

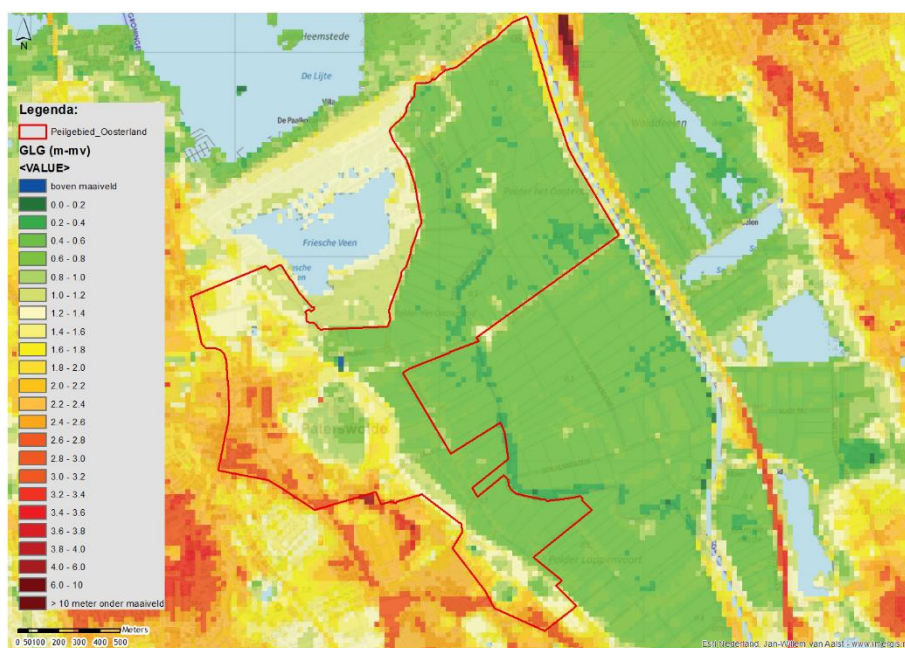
Om te kunnen beoordelen wat de effecten zijn van de verschillende peilscenario's op de natuur, is het van belang om te weten hoe een peilverlaging of -verhoging doorwerkt op de grondwaterstanden in de percelen. Als figuur 8 wordt vergeleken met Figuur 12 is te zien dat een peilverlaging geen direct (snel) effect heeft op de grondwaterstanden, vanwege de hoge weerstand van de klei- en veenbodem. Op lange termijn zal een lager peil zich wel vertalen in een lagere grondwaterstand. Volgens MIPWA-modelberekeningen van Waterschap Hunze en Aa's zal een peilverlaging van 15 cm zich vertalen in een grondwaterstandsverlaging van 10-15 cm, en zal een even grote peilverhoging een vergelijkbare grondwaterstandsverhoging tot gevolg hebben (schrift. mededeling Waterschap Hunze en Aa's).



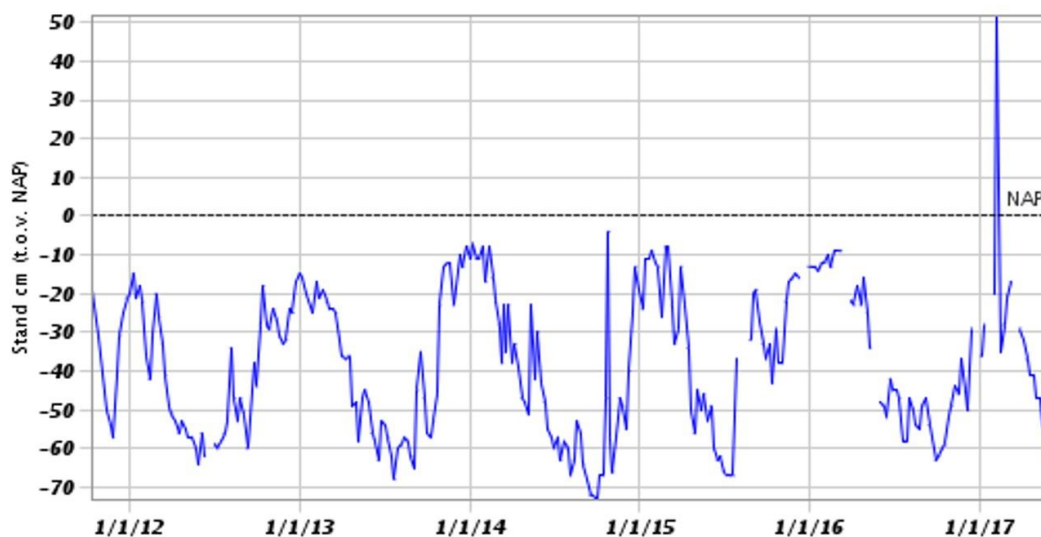
**Figuur 9** Berekende GHG (gemiddeld hoogste grondwaterstand) in het peilgebied van Polder Oosterland (rood omkaderd). (bron: Waterschap Hunze en Aa's).



**Figuur 10** Berekende GVG (gemiddeld voorjaarsgrondwaterstand) in het peilgebied van Polder Oosterland (rood omkaderd). Bron: Waterschap Hunze en Aa's. (bron: Waterschap Hunze en Aa's).



**Figuur 11** Berekende GLG (gemiddeld laagste grondwaterstand) in het peilgebied van Polder Oosterland (rood omkaderd). Bron: Waterschap Hunze en Aa's. (bron: Waterschap Hunze en Aa's).



**Figuur 12** Grondwaterstandsverloop in peilbuis B07D2573 in het Kievitsbloemhooiland. Filter van NAP -0,75 tot -1,25 m. Maaiveldhoogte NAP -0,07 m. (bron: [www.dinoloket.nl](http://www.dinoloket.nl)). De hoge waarde van NAP +50 cm betreft een fout in de meetapparatuur, aangezien het gebied niet geïnundeerd is geweest (bron: waterschap Hunze en Aa's).

#### 1.4 Huidige natuurwaarden

De Nationale Databank Flora en Fauna (NDFD) geeft een eerste indruk van mogelijk aanwezige beschermde soorten binnen het plangebied en binnen de directe omgeving.

Als zoekgebied is een grove omlijning van de polder Oosterland gekozen, waarbij gericht gezocht is naar alle beschermde en rode lijst soorten die de afgelopen 3 jaar zijn waargenomen, met uitzondering van vogels.

Naast diverse Rode lijst soorten zijn er acht nationaal beschermde soorten (artikel 3.10 Wet natuurbescherming) waargenomen. Er zijn geen Europees beschermde soorten (artikel 3.5 Wet natuurbescherming) waargenomen (Tabel 1).

**Tabel 1** Rapportage NDFD (Geraadpleegd op 30 augustus 2017) voor alle soortgroepen, met uitzondering van de soortgroep vogels ; **WNB**: beschermingsstatus onder de Wet natuurbescherming, NL=Nationaal beschermde soort (artikel 3.10), EU=Europees beschermde soort (artikel 3.1 of 3.5); **Vrijstelling**: Hier is aangegeven of de soort via een provinciale verordening is vrijgesteld. GR=Groningen, DR = Drenthe. **RL**: status van soort met vermelding op de Nederlandse Rode Lijst; 0 = uitgestorven op wereldschaal, 1 = in het wild uitgestorven op wereldschaal, 2 = verdwenen uit Nederland, 3 = in het wild verdwenen uit Nederland, 4 = ernstig bedreigd, 5 = bedreigd, 6 = kwetsbaar, 7 = gevoelig, - = niet op Rode Lijst (EZ 2015);

| Nederlandse naam    | Wetenschappelijke naam          | WNB | Vrijstelling | RL |
|---------------------|---------------------------------|-----|--------------|----|
| <b>Vaatplanten</b>  |                                 |     |              |    |
| Brede waterpest     | <i>Elodea canadensis</i>        | -   | -            | 7  |
| Dubbeloof           | <i>Blechnum spicant</i>         | -   | -            | 7  |
| Noordse zegge       | <i>Carex aquatilis</i>          | -   | -            | 6  |
| Stomp fonteinkruid  | <i>Potamogeton obtusifolius</i> | -   | -            | 6  |
| Veenreukgras        | <i>Hierochloa odorata</i>       | -   | -            | 6  |
| Wilde gagel         | <i>Myrica gale</i>              | -   | -            | 7  |
| Wilde kievitsbloem  | <i>Fritillaria meleagris</i>    | -   | -            | 5  |
| <b>Vlinders</b>     |                                 |     |              |    |
| Groot dikkopje      | <i>Ochlodes sylvanus</i>        | -   | -            | 7  |
| <b>Amfibieën</b>    |                                 |     |              |    |
| Bastaardkikker      | <i>Rana esculenta</i>           | NL  | DR, GR       | -  |
| <b>Vissen</b>       |                                 |     |              |    |
| Grote modderkruiper | <i>Misgurnus fossilis</i>       | NL  | -            | 6  |
| Kroeskarper         | <i>Carassius carassius</i>      | -   | -            | 6  |
| <b>Zoogdieren</b>   |                                 |     |              |    |
| Eekhoorn            | <i>Sciurus vulgaris</i>         | NL  | -            | -  |
| Haas                | <i>Lepus europaeus</i>          | NL  | DR, GR       | -  |
| Ree                 | <i>Capreolus capreolus</i>      | NL  | DR, GR       | -  |
| Steenmarter         | <i>Martes foina</i>             | NL  | -            | -  |
| Vos                 | <i>Vulpes vulpes</i>            | NL  | DR, GR       | -  |
| Waterspitsmuis      | <i>Neomys fodiens</i>           | NL  | -            | 6  |

Een deel van de polder is in bezit van Natuurmonumenten. De belangrijkste natuurwaarde die in de polder voorkomt, is de Wilde kievitsbloem (*Fritillaria meleagris*). Deze komt alleen voor in het noordoostelijke deel van de polder en bestaat, in tegenstelling tot alle andere populaties in Nederland, uit alleen witte bloemen. De soort is in de loop van de jaren sterk achteruitgegaan. Vroeger kwam er in de polder op grote schaal Kievitsbloemhooiland voor (Van den Brink (red.), 2008); nu staan er nog enkele tientallen exemplaren Kievitsbloemen (De Bruin, 2016). Bij tellingen in 2010 werden nog 58 bloeiende exemplaren aangetroffen, in 2013 nog 30 en in 2016 nog 12. Ondanks het uitzaaien van zaden in 2013 en 2014 op afgeplagde stukjes naast de plekken waar de soort voorkwam, nam ook het aantal (nog) niet bloeiende exemplaren sindsdien verder af. Door het koude voorjaar was 2017 een goed voorjaar voor de Kievitsbloemen en kon

er dit jaar weer meer zaad verzameld worden (mond. med. De Bruin). Niet alleen de kwaliteit van het Kievitsbloemhooiland, maar ook de natuurwaarden in de hele polder zijn de afgelopen decennia sterk achteruitgegaan (mond. med. Jacob de Bruin). Er zijn nog enkele plekken waar Dotterbloem, Snavelzegge, Holpijp, Veenreukgras, Tweerijige zegge en Waterviolier voorkomen; voornamelijk langs slootkanten (De Bruin, 2016). Ook het aantal weidevogels is in de afgelopen jaren sterk afgenomen (De Bruin, 2016).

Polder Oosterland heeft een unieke landschappelijke ligging op de overgang van de hogere zandgronden naar het kleilandschap in de benedenloop van de Drentse Aa. Door de vroeger aanwezige kwel en inundatie heeft een veenmoeras kunnen ontstaan, dat door latere ontwatering sterk in kwaliteit is afgenomen. In het Natura 2000-gebied Drentse Aa-gebied, dat ook deel uit maakt van het Nationaal Park Drentse Aa, zijn al veel hooilanden en moerassen hydrologisch hersteld. In polder Oosterland heeft dit herstel nog niet plaats gevonden. Polder Oosterland maakt geen deel uit van het Natura 2000-gebied Drentse Aa, maar wel van de Ecologische Hoofdstructuur (tegenwoordig: Natuurnetwerk Nederland) en moet een verbinding vormen tussen het Natura 2000-gebied en het Paterswoldse meer. Het gebied moet geschikt zijn voor bijvoorbeeld de Otter. Het doel van Natuurmonumenten is om het zuidelijke deel van het gebied om te vormen naar moeras, en het noordelijke deel als hooiland te beheren (Van den Brink (red.), mond. med. J. de Bruin). Dit zijn doelen die goed passen bij de aanwezige bodemtypen en de wijze waarop het gebied ontstaan is.

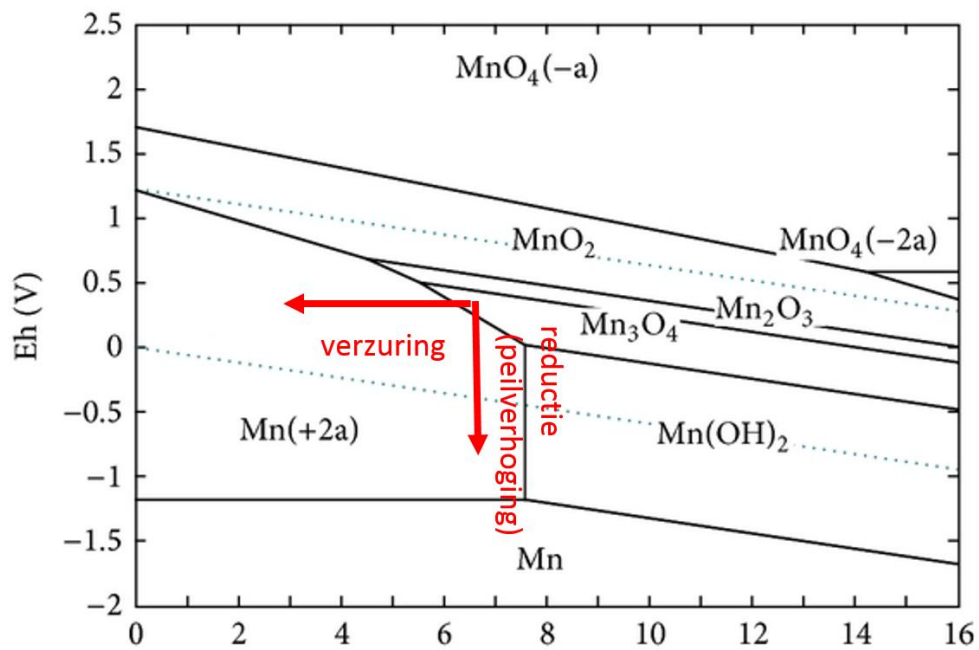
### 1.5 Agrarisch gebruik en problemen met kwaliteit grasland

Een groot deel van het gebied is in bezit van Natuurmonumenten, een ander aanzienlijk deel is van een agrariër (dhr. Woldring). Daarnaast zijn er nog een aantal andere eigenaren, die elk één of enkele percelen bezitten. Een deel van de percelen van Natuurmonumenten is verpacht. Sinds 2004 spelen er in het gebied veterinaire problemen. Een aantal koeien van dhr. Woldring ging dood of werd ernstig ziek. Bij onderzoek werd vastgesteld dat deze problemen veroorzaakt werden door te hoge mangaanconcentraties in de vegetatie op de percelen. Deze concentraties liepen op tot 725 mg Mn/ kg droge stof (13 mmol Mn/kg droge stof), terwijl het streeftraject voor mangaan tussen 30 en 110 mg/kg droge stof ligt (BLGG, 2014). Een uitgebreid bodemonderzoek bracht geen zware verontreinigingen aan het licht, alleen lichte verontreinigingen met kwik, lood, en chroom (Dost, 2014). Voor mangaan zijn er geen normen voor bodemverontreiniging. In het grondwater op circa 2 meter diepte in de zandlaag onder de veen- en kleiafzettingen werden met name in het noorden van de Polder mangaanconcentraties gemeten tot 2500-2900 µg/l (45-52 µmol/l) (Dost, 2014), terwijl de norm voor drinkwater van de WHO op 400 µg/l ligt (Ljung&Vahter, 2007). Door de hoge mangaanconcentraties in de vegetatie, mag er momenteel geen vee grazen in de Polder. Ook kan het maaisel niet als hooi aan het vee als hoofdvoedsel gevoerd worden. De dagelijkse inname van mangaan zou daardoor te hoog worden. Dit betekent dat de polder in praktijk momenteel niet gebruikt kan worden voor agrarische doeleinden. Het maaisel wordt momenteel in balen op het land opgeslagen.



## 1.6 Korte inleiding op bodemchemische processen onder invloed van de grondwaterstand

Onder de natte omstandigheden waarin de bodem van de huidige polder Oosterland zeer lang verkeerd heeft, was er nauwelijks zuurstof in de bodem aanwezig. Afbraak van het veen verliep onder deze zogenoemde anaerobe omstandigheden zeer traag. Onder invloed van ontwatering kwam er meer zuurstof in de bodem, waardoor er aerobe oxidatieprocessen de overhand kregen. Onder aerobe omstandigheden worden aanwezige sulfides geoxideerd tot sulfaat. Ook worden gereduceerd ijzer en mangaan geoxideerd tot ijzer- en mangaan(hydr)oxides. Mangaan en ijzer zijn onder gereduceerde omstandigheden -in zoverre niet gebonden aan sulfides zoals pyriet- mobiel en voor planten makkelijker opneembaar. Als ze worden geoxideerd tot (hydro)oxides worden ze geïmmobiliseerd. Ammonium, dat onder anaerobe omstandigheden ontstaat bij de afbraak van organische stof, wordt onder aerobe omstandigheden geoxideerd tot nitraat. Daarnaast wordt de afbraak van het veen sterk gestimuleerd onder de zuurstofrijke omstandigheden. Bij al deze oxidatieprocessen komt zuur vrij. De bodemstructuren (met name klei- en veendeeltjes) bestaan uit geladen oppervlakken waaraan positief geladen ionen (kationen, zoals calcium, natrium en kalium) geadsorbeerd zitten. Het zuur ( $H^+$ -ionen) die vrijkomen bij de oxidatie, wisselen uit met aan de bodem geadsorbeerde kationen. Hierdoor wordt de pH gebufferd en wordt deze maar een klein beetje lager. Met name andere eenwaardige kationen (zoals kalium) wisselen goed uit tegen  $H^+$ ; bij verdere verzuring worden ook tweewaardige ionen, zoals calcium en magnesium uitgewisseld. Daarnaast worden mangaanoxiden bij lagere pH omgezet in het mobiele  $Mn^{2+}$  en wordt mangaan op deze manier beschikbaar voor opname bij planten (Figuur 13). Deze omzetting kan al optreden bij een pH onder circa 6.



**Figuur 13** Speciatie van mangaan in een nat systeem met op de x-as de pH en op de y-as de redoxpotentiaal ( $E_h$ ). Uit.... In de figuur is te zien dat zowel bij reductie (hogere grondwaterstand), als bij verzuring immobiele mangaanverbindingen worden omgezet in  $Mn^{2+}$ , waarbij mangaan mobiel en dus opneembaar is.



## 2 Materiaal en methoden

### 2.1 Veldwerkzaamheden

Om te bepalen hoe de bodem zal reageren op mogelijk peilveranderingen heeft onderzoekcentrum B-ware op 11 juli 2017 op zes locaties een bodemprofiel gestoken tot op 1 meter diepte. Dit profiel is op grond van het sedimenttype opgesplitst in vijf deelmonsters en geanalyseerd. Vanwege de natuurwaarde van de Kievitsbloemhooilanden werden in deze percelen 3 bodemmonsters gestoken (figuur 14). De drie andere locaties lagen verspreid over de polder. Op locaties 1 en 2 (Kievitsbloemhooiland) en locatie 6 werden ook gewasmonsters genomen. In het Kievitsbloemhooiland was net gemaaid, waardoor de concentraties van stoffen mogelijk niet representatief zijn voor normale concentraties in de volgroeide vegetatie. Op locatie 2 is het monster genomen uit een strook vegetatie die bij het maaien was blijven staan. Op locatie 6 was niet gemaaid.



**Figuur 14** Ligging van de 6 monsterlocaties. Locaties 1 t/m 3 liggen in het Kievitsbloemhooiland.

### 2.2 Chemische analyses

#### *Vochtpercentage, organische-stofconcentratie en bodemdichtheid*

Het vochtpercentage van het verse bodemmateriaal werd via het vochtverlies bepaald. Dit gebeurde door in duplo bodemmateriaal te drogen gedurende 24 uur bij 70°C. Uit het vaste volume van deze bakjes werd de bodemdichtheid berekend. De fractie organische

stof in de bodem werd berekend door het gloeiverlies te bepalen. Hiertoe werd het bodemmateriaal, na drogen, gedurende 4 uur verast in een oven bij 550°C. Het gloeiverlies komt goed overeen met de fractie organisch materiaal in de bodem.

#### *Olsen-extractie*

Plant beschikbaar fosfaat werd met behulp van een Olsen-extractie (Olsen et al., 1954) bepaald. De fosfaatconcentratie bepaald met een Olsen-extractie is sterk gecorreleerd met de opname van P door de vegetatie en geeft een goede voorspelling van de soortenrijkdom van half natuurlijke graslanden (Gilbert et al., 2009). Het principe van deze extractiemethode is dat natriumbicarbonaat ( $\text{NaHCO}_3$ ) zorgt voor een daling van de concentratie opgeloste calciumionen via de vorming van onoplosbaar calciumcarbonaat ( $\text{CaCO}_3$ ). Hierdoor stijgt de concentratie opgelost fosfaat. Natriumbicarbonaat brengt ook de labiele, voor planten snel beschikbare, proportie van de organische fractie in oplossing. Voor de Olsen-extractie werd aan 3 gram droog bodemmateriaal 60 ml 0,5 mol l<sup>-1</sup> natriumbicarbonaat ( $\text{NaHCO}_3$ ) toegevoegd. Gedurende 30 minuten werden de monsters uitgeschud op een schudmachine (100 r.p.m.) waarna het supernatant onder vacuüm werd verzameld met behulp van teflon poriewaterbemonsteraars. Het extract werd bij 4°C bewaard tot verdere analyse.

#### *Zoutextractie (NaCl-extractie)*

Bij een natriumchloride(zout)-extractie worden aan het bodemadsorptiecomplex gebonden kationen verdrongen door natrium. Met deze extractie kan onder andere de pH, ammonium- en nitraatbeschikbaarheid van de bodem bepaald worden en de concentratie kationen aan het kationadsorptiecomplex van de bodem. Voor een zoutextractie werd aan 17,5 gram verse bodem 50 ml 0,2 mol l<sup>-1</sup> natriumchloride (NaCl) toegevoegd. Gedurende 60 minuten werden de monsters uitgeschud op een schudmachine (100 r.p.m.) waarna de pH werd gemeten. Het supernatant werd onder vacuüm verzameld met behulp van teflon rhizons en bewaard bij 4°C tot verdere analyse.

#### *Bodem- en vegetatiedestructie*

Door de bodem en vegetatie te destrueren (ontsluiten) is het mogelijk de totale concentratie van bepaalde elementen in het materiaal te bepalen. Hiervoor werd 200 mg fijngemalen gedroogde bodem of plantmateriaal afgewogen in teflon destructievaatjes. Aan het materiaal werd 4 ml geconcentreerd salpeterzuur ( $\text{HNO}_3$ , 65%) en 1 ml waterstofperoxide ( $\text{H}_2\text{O}_2$ , 30%) toegevoegd en geplaatst in een destructiemagnetron (Milestone microwave type mls 1200 mega). De monsters werden vervolgens gedestruerd in gesloten teflon vaatjes en na afkoelen werden het destruaat nauwkeurig overgebracht en aangevuld tot 100 ml met milliQ. De monsters werden in polyethyleenpotjes bij 4°C bewaard voor verdere analyse.

#### *C- en N-bepaling*

Voor het bepalen van de totaalconcentraties C en N in het plantmateriaal werd het materiaal zeer fijn gemalen en werd circa 3 mg ingewogen voor analyse. Concentraties totaal-C en totaal-N werden bepaald met een CNS analyser (Carbo Erla Instruments, Instruments NA 1500).

*Chemische analyses*

Van de bodemextracten werd pH gemeten met een standaard Ag/AgCl<sub>2</sub>-elektrode verbonden met een Radiometer type TIM 840 Titralab. De analyses van calcium, magnesium, kalium, ijzer, aluminium, silicium, zink, mangaan, totaal fosfor en totaal zwavel en Olsen-P werden uitgevoerd met behulp van Inductief Gekoppeld Plasma - Optische Emissie Spectrometrie (ICP-OES; ICAP). Nitraat (NO<sub>3</sub>+NO<sub>2</sub>) en ammonium (zoutextract en waterextract), orthofosfaat en chloride (waterextract) werden colorimetrisch bepaald met behulp van een Bran+Luebbe AutoAnalyser 3. Natrium en kalium in het waterextract werden vlamfotometrisch bepaald.

Concentraties in de bodem zijn uitgedrukt per liter bodem omdat dit een beter beeld geeft van de daadwerkelijk voor planten beschikbare concentratie dan uitgedrukt per massa-eenheid.



## 3 Resultaten

### 3.1 Bodemprofielen

De drie monsterpunten in de Kievitsbloemhooilanden hadden een profiel dat tot op 1 meter diepte bestond uit zware klei. Ondanks dat ze wat hoger op de percelen gelegen waren, waar wat zandafzettingen verwacht kunnen worden, bestond de bovengrond ook uit zware klei. Alleen op locatie 1 was deze zwak zandig. Tot diep in het profiel werden roestvlekken aangetroffen. Deze zogenaamde gley-verschijnselen ontstaan onder invloed van grondwater, dat in het voorjaar hoog in het profiel aanwezig is, maar later dieper wegzakt. Op moment van bemonsteren lag het gehele profiel van de drie monsterpunten van het Kievitsbloemhooiland boven de grondwaterspiegel.

**Tabel 2** Profielbeschrijving monsterpunten.

| locatie | diepte | profielbeschrijving   |
|---------|--------|---|
| 1       | 0-20   | bruingrijze klei, zwak humeus, zwak zandig                    |
| 1       | 20-30  | bruingrijze zwakhumeuze klei met puin                         |
| 1       | 30-50  | zware klei met roestvlekken                                   |
| 1       | 50-70  | zware klei met roestvlekken                                   |
| 1       | 70-100 | zware klei met roestvlekken                                   |
| 2       | 0-20   | bruin-oranje klei met wortels en roestvlekken, zwak humeus    |
| 2       | 20-50  | grijs-bruine, zware klei                                      |
| 2       | 50-70  | grijs-bruine, zware klei                                      |
| 2       | 70-80  | zwarte klei, matig humeus met roestvlekken                    |
| 2       | 80-100 | zwarte klei, matig humeus met roestvlekken                    |
| 3       | 0-10   | bruine, zware klei, zwak humeus, met wortels en roest         |
| 3       | 10-30  | bruine zware klei met roestvlekken                            |
| 3       | 30-60  | grijze zware klei met roestvlekken                            |
| 3       | 60-80  | grijze zware klei, licht humeus met roestvlekken              |
| 3       | 80-100 | zwarte, matig humeuze klei                                    |
| 4       | 0-10   | bruingrijze, zwak humeuze klei met roestvlekken               |
| 4       | 10-30  | bruin veraard veen met wortel- en plantenresten               |
| 4       | 30-50  | bruin-grijs veraard veen                                      |
| 4       | 50-90  | bruin-grijs veraard veen                                      |
| 4       | 90-100 | bruingrijs veen, zwak kleiig                                  |
| 5       | 0-20   | bruingrijs zand, matig kleiig, matig humeus met plantenresten |
| 5       | 20-30  | zwart veraard veen met plantenresten                          |
| 5       | 30-50  | licht veraard zwart veen met plantenresten                    |
| 5       | 50-70  | licht veraard zwart veen met plantenresten                    |
| 5       | 70-100 | licht veraard zwart veen met plantenresten                    |
| 6       | 0-20   | sterk veraard bruin veen                                      |

| locatie | diepte | profielbeschrijving                           |
|---------|--------|---|
| 6       | 20-50  | bruin-zwart veraard veen met plantenresten    |
| 6       | 50-70  | zwart lichtveraard veen met plantenresten     |
| 6       | 70-80  | zwart lichtveraard veen met plantenresten     |
| 6       | 80-100 | zwak lemig bruingrijs zand met plantenwortels |

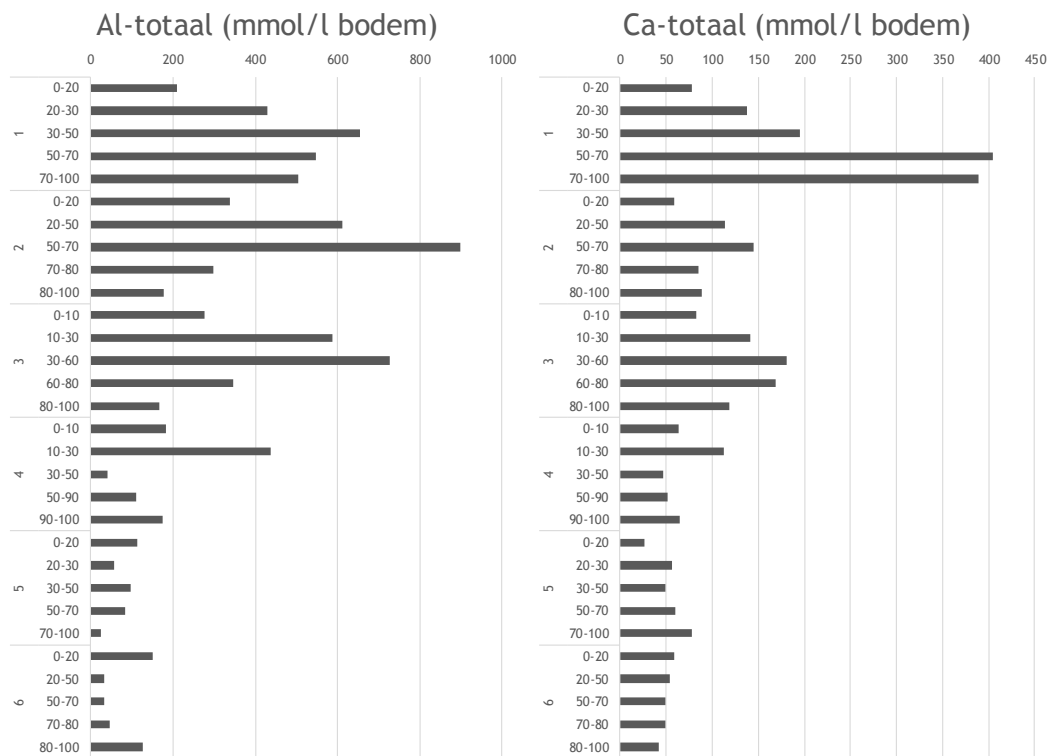
Op locatie 4 was er sprake van een dun kleidek (10 cm) op een veenlaag die tot 90 cm diepte veraard was. Ook op locatie 5 was het veenpakket tot minimaal 1 meter diepte veraard. Op de veenlaag bevond zich een 20 cm dikke zandlaag. Op locatie 6 begon het veenpakket gelijk aan maaiveld en was ongeveer 80 cm dik. Daaronder bevond zich een zandpakket. In Bijlage II zijn foto's van de boorprofielen opgenomen (figuren 23 tot en met 28).

### 3.2 Chemische analyses bodem

Het kleigehalte van de bodem is goed te zien aan de hand van de hoge concentraties totaal-aluminium (Figuur 15). De totaal-aluminiumconcentratie hangt in het algemeen samen met de siltfractie van de bodem. Deze was hoog in de locaties 1 t/m 3 en in het kleidek van locatie 4. De concentraties totaal-ijzer, totaal-calcium en totaal-mangaan hingen samen met de kleifracie (totaal-aluminiumconcentratie) van de bodem; deze totaalconcentraties waren hoog op de locaties met zware klei, en laag in de veen- en zandgrond (Figuur 15, Figuur 16 en Figuur 17). In vier monsters was de ijzerconcentratie hoger dan verwacht op grond van de aluminiumconcentratie: dit was op locatie 2 en 3 beneden 60-70 cm diepte. Waarschijnlijk is er hier extra ijzer aangevoerd met kwel, dat bij aanraking met zuurstof op deze diepte is neergeslagen. De samenhang tussen totaal-aluminium en totaal-mangaan wijst er op dat het aanwezige mangaan met de klei is afgezet en dus van natuurlijke oorsprong is. Deze totaal-mangaanconcentraties zeggen echter nog niets over de opneembaarheid van mangaan voor de vegetatie. Concentraties van mangaan aan het bodemadsorptiecomplex hangen samen met concentraties van mangaan in het poriewater; zout-uitwisselbaar mangaan is daarom een betere maat voor de concentratie mangaan dat voor planten beschikbaar is. Deze concentratie hing niet samen met de concentratie totaal-mangaan. Het hoogst was deze concentratie op locaties 2, 5 en 6 (Figuur 19). De concentratie mangaan bleek samen te hangen met de bodem-pH (Figuur 20). Bij een pH-NaCl boven 6,5 was er geen zoutextraheerbaar mangaan aanwezig, terwijl de concentratie zoutextraheerbaar mangaan sterk toenam als de pH richting 4,5 ging. Op twee plekken was de concentratie zout-extraheerbaar mangaan echter extra hoog: dit was op locatie 2 en 3 op 80-100 cm diepte. Doordat het grondwater ongeveer op deze diepte aanwezig was, heersten hier zuurstofarme omstandigheden, waardoor er ook vanwege de lage redoxpotentiaal mangaanreductie was en de concentratie zoutextraheerbaar mangaan hoger was dan bij aerobe bodem met dezelfde pH (Figuur 20).

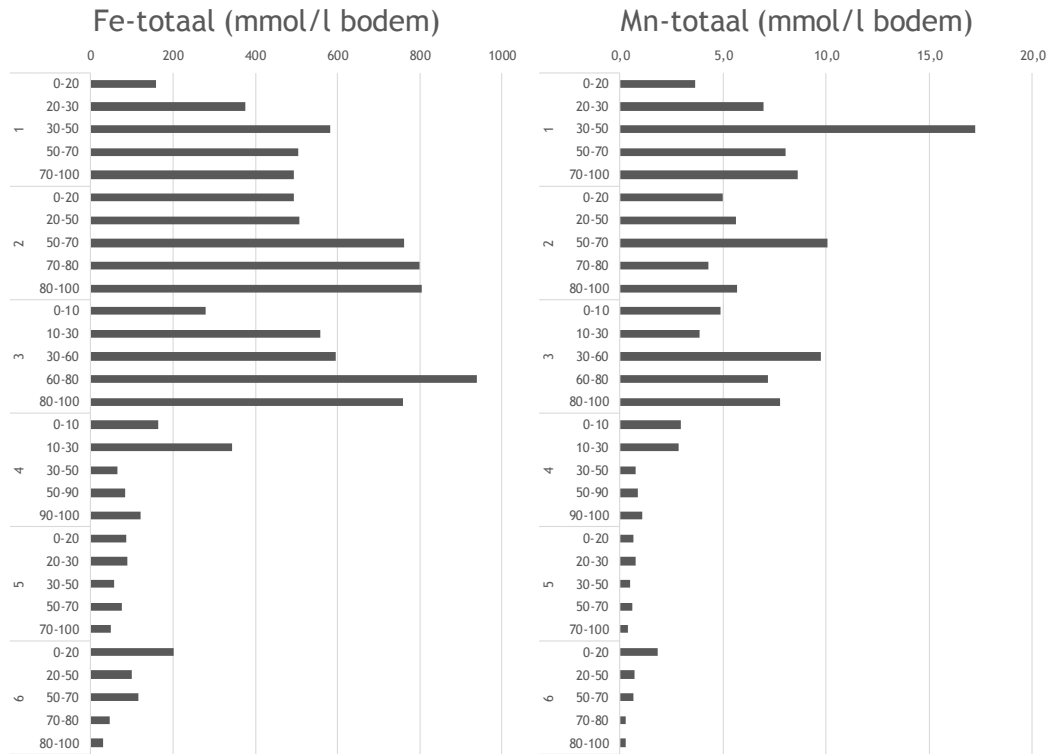
De pH van de bodem was in het algemeen laag en lag meestal beneden 5,5. Alleen op locatie 1 was de pH-NaCl vanaf 20 cm diepte en op locatie 2 vanaf 30 cm diepte boven 6,0. Dat op locaties 1, 2 en 3 in 2016 bekakt is, is in het pH-profiel niet goed terug te zien. In de toplaag van deze locaties is de pH juist erg laag. Aan de rijkdom aan fosfor is

de bemestingsgeschiedenis van het gebied goed af te lezen. Met name de toplaag (tot 20 à 30 cm diepte is erg rijk aan totaal-P) (Figuur 21). In Figuur 21 is ook goed te zien dat de kleibodems over de gehele diepte erg rijk zijn aan P. Dit hangt samen met het grotere aantal bindingsplaatsen voor P in de klei (aluminium- en ijzeroxides). Plantbeschikbaar fosfaat (Olsen-P) met concentraties boven 1000-1500  $\mu\text{mol/l}$  bodem waren erg hoog in de toplaag van alle bemonsterde locaties. Ook de concentraties plantbeschikbaar stikstof (nitraat en ammonium) waren buiten het Kievitsbloemhooiland hoog. Locatie 4 had een zeer hoge concentratie nitraat ( $>1000 \mu\text{mol NO}_3\text{-NaCl/l}$  bodem) in de bovenste 30 cm. Het lijkt alsof deze locatie niet al te lang geleden bemest is geweest. Op locaties 5 en 6 werden beneden 50 cm diepte ook hoge concentraties zoutextraheerbaar ammonium ( $\text{NH}_4\text{-NaCl}$ ) aangetroffen. Deze hoge concentraties hangen waarschijnlijk samen met veenafbraak. De concentraties plantbeschikbaar kalium (K-NaCl) waren in het algemeen redelijk laag, behalve op locatie 1 (2-5,5 mmol K-NaCl/l bodem). Hier was de concentratie ongeveer 20x hoger dan op locatie 2 en 3. Dit zou samen kunnen hangen met de gemiddeld hogere pH in dit profiel, waardoor er minder kalium door verzuring is uitgespoeld, maar dit verklaart niet waarom de kaliumconcentratie dieper in het profiel van locaties 3, waar de pH even hoog is, nog altijd 20x lager is. De concentratie totaal-kalium (bijlage I) hing sterk samen met de concentratie totaal-aluminium (de kleifraction) ( $r^2 = 0,9$ ). Opvallend is dat de monsters van locatie 1 eveneens een hogere concentratie totaal-kalium in de bodem hadden dan op grond van de concentratie totaal-aluminium verwacht mocht worden. Dit suggereert dat op deze locatie er nog andere bronnen zijn (geweest) voor kalium dan de klei-afzetting.

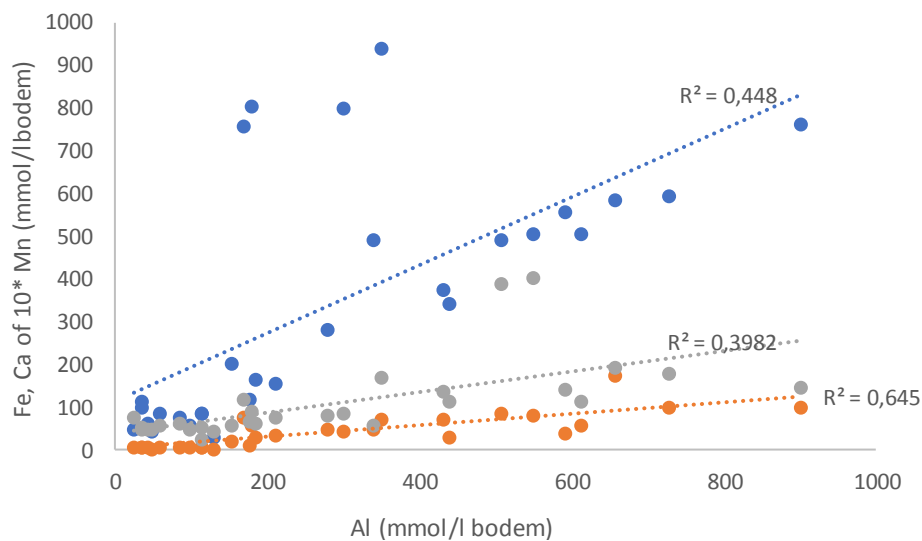




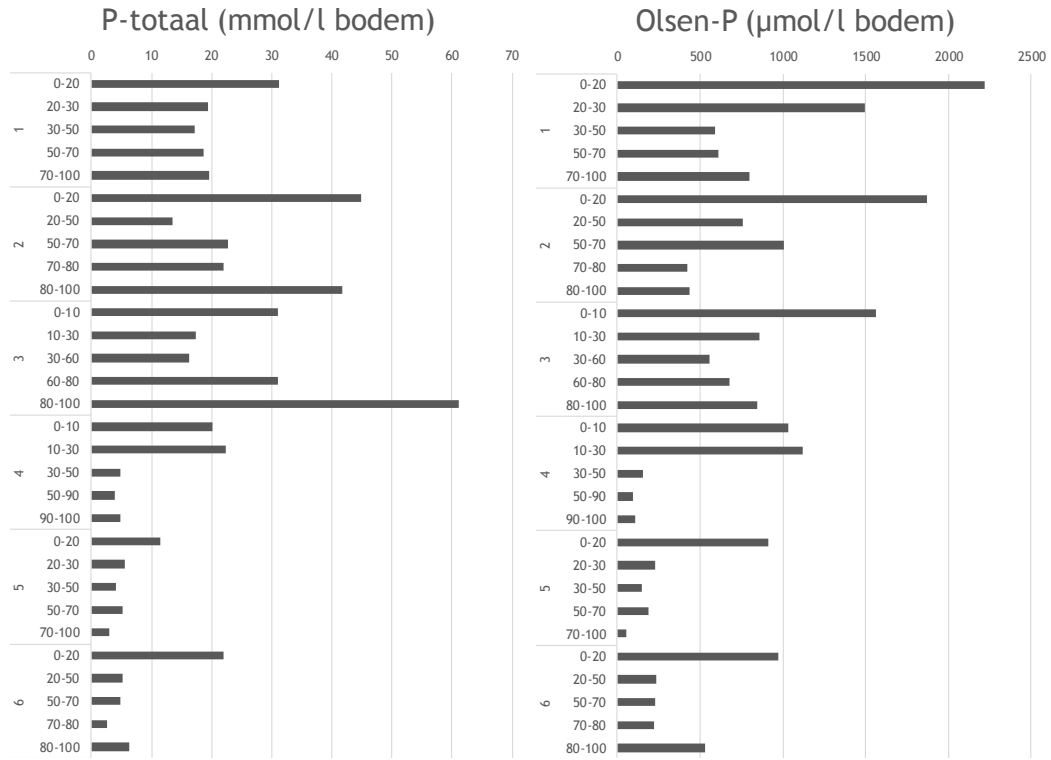
**Figuur 15** Concentraties totaal-aluminium (links) en totaal-calcium (rechts) in de bodem in de diepte op de zes monsterpunten.



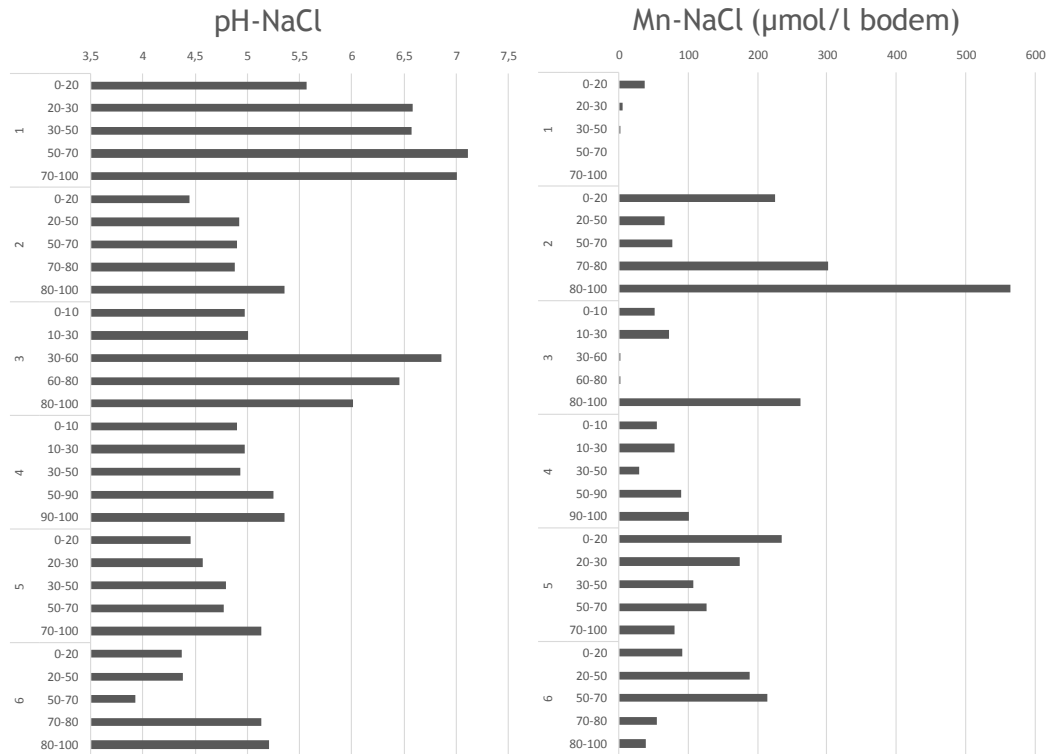
**Figuur 16** Concentraties totaal-ijzer (links) en totaal-mangaan (rechts) in de bodem in de diepte op de zes monsterpunten.



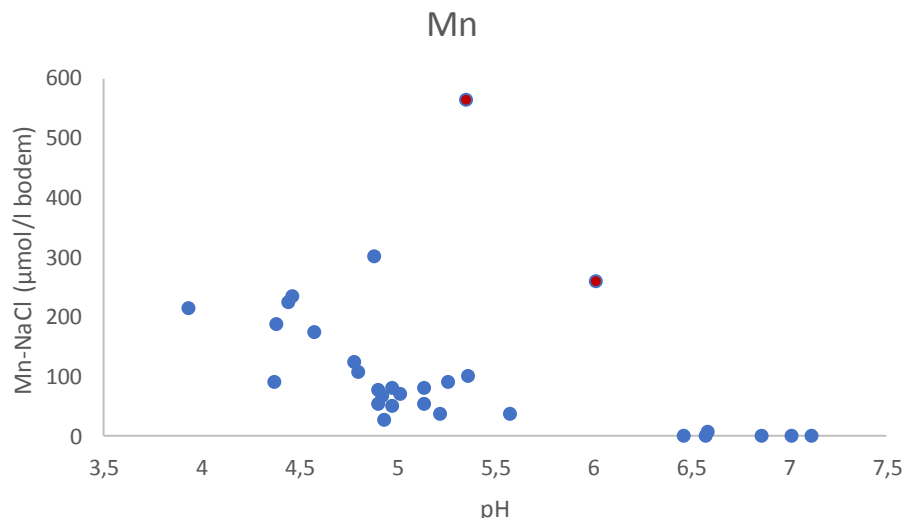
**Figuur 17** Relatie tussen totaal-aluminium (maat voor siltfractie) (x-as) en de totaalconcentraties aan ijzer (blauw), calcium (grijs) en mangaan (oranje) (y-as). Om de relatie met mangaan in de figuur leesbaar te maken, zijn mangaanconcentraties met 10 vermenigvuldigd.



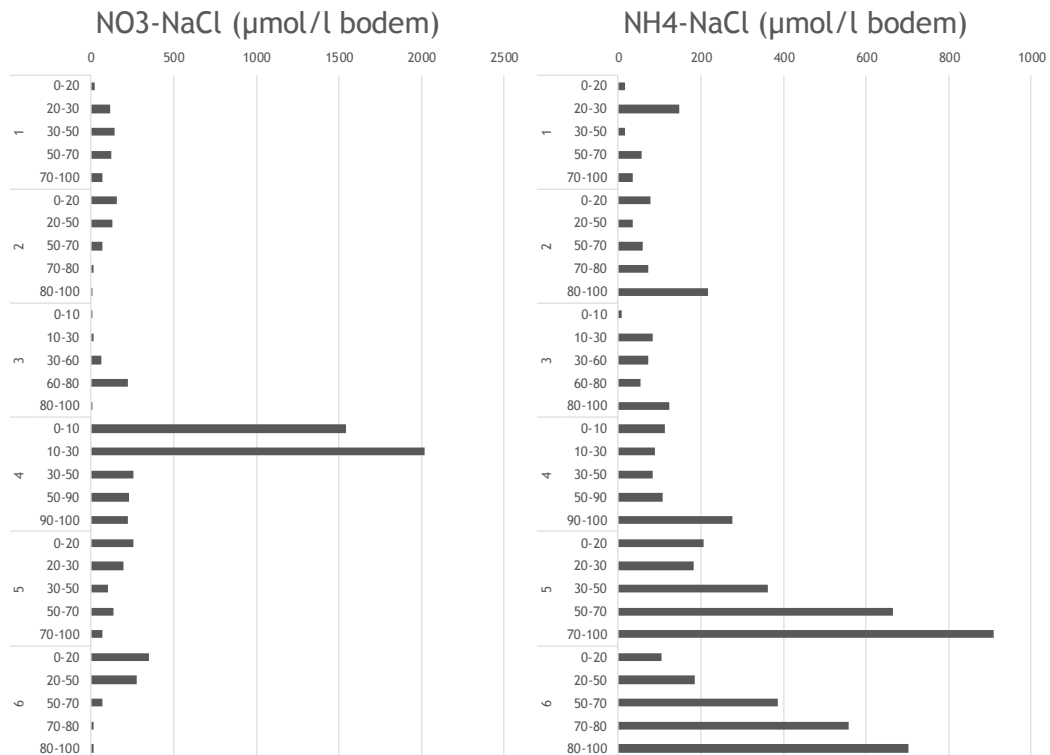
**Figuur 18** Concentraties totaal-fosfor (links) en plantbeschikbaar fosfaat (P-Olsen) (rechts) in de bodem in de diepte op de zes monsterpunten.



**Figuur 19** pH (links) en mangaanconcentratie (rechts) (beide gemeten in het NaCl-extract) in de bodem in de diepte op de zes monsterpunten.



**Figuur 20** Relatie tussen de gemeten pH-NaCl en de concentratie zoutextraheerbaar mangaan. Bij een pH beneden circa 6 is de mangaanconcentratie in de bodem hoger. In rood de monsters dicht bij de grondwaterspiegel, waar de mangaanconcentratie door de lagere redoxpotentialaal hoger is.



**Figuur 21** Nitraatconcentratie (links) en ammoniumconcentratie (rechts) (beide gemeten in het NaCl-extract) in de bodem in de diepte op de zes monsterpunten.

### 3.3 Chemische analyses vegetatie

Op drie locaties werd een gewasmonster genomen voor analyse. Omdat het hier om een zeer beperkt aantal monsters gaat, betreft dit geen representatieve steekproef van het gewas van de gehele polder. Daarbij dient er ook rekening gehouden te worden met dat locatie 1 net gemaaide vegetatie betrof. Opvallend is dat de vegetatie op alle drie de locaties een lage N/P-verhouding heeft ( $\ll 14$  g/g), wat betekent dat de vegetatie in productie waarschijnlijk door N beperkt wordt. Met name op locatie 1 en 6 was deze verhouding zeer laag, waarbij met name op locatie 6 zeer lage stikstofconcentraties in de vegetatie werden aangetroffen, en bij locatie 1 juist hoge P-concentraties. De kaliumconcentratie was zeer hoog op locatie 1, samenhangend met de hoge kaliumbeschikbaarheid hier.

Overeenkomstig de eerdere onderzoeken (BLGG,2014), lagen de concentraties mangaan in het plantmateriaal boven de streefconcentratie van 110 mg/kg ds; op locaties 1 en 2 was de mangaanconcentratie 4-5 mmol/kg ds (220-280 mg/kg droge stof) en op locatie 6 was deze concentratie zelfs 16 mmol/kg d.s. (circa 900 mg/ kg d.s.).

**Tabel 3** Concentraties elementen in plantmateriaal in mmol/kg droge stof, en de N/P-, N/K- en P/K-verhoudingen in g/g.

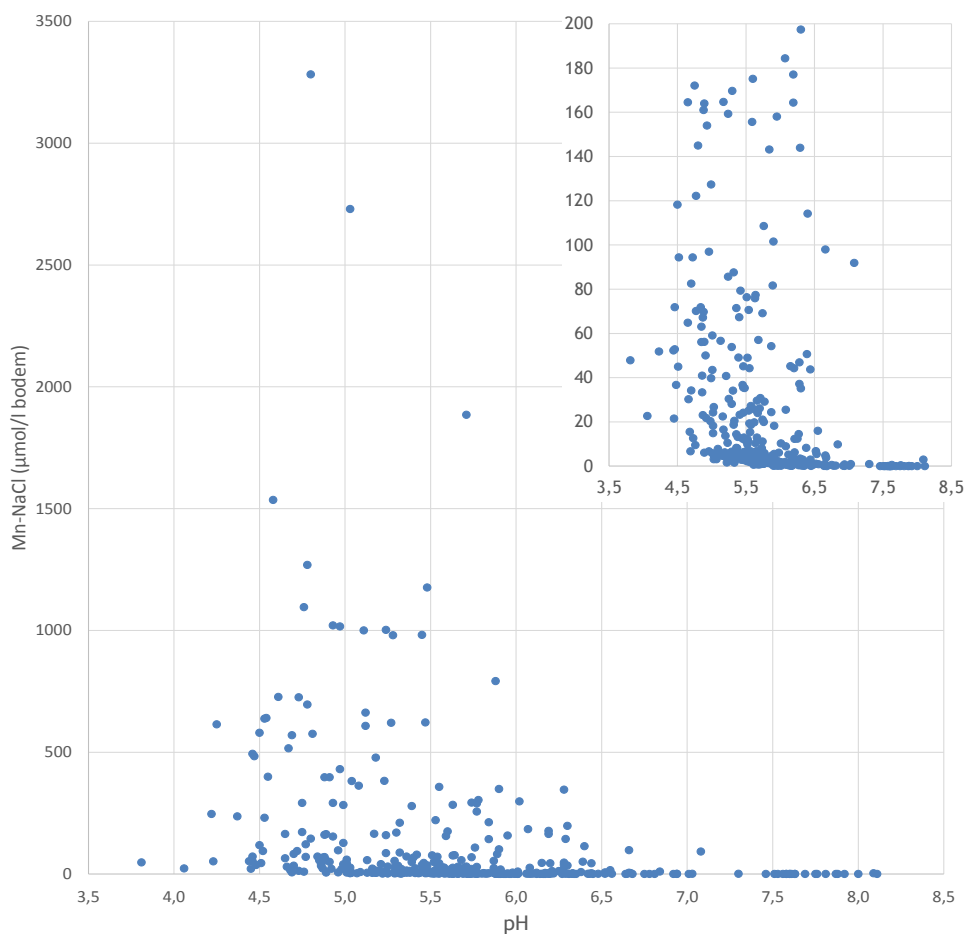
| locatie | Ca  | Fe | K   | Mn | P   | N    | N/P | N/K  | P/K  |
|---------|-----|----|-----|----|-----|------|-----|------|------|
| 1       | 94  | 5  | 974 | 4  | 175 | 1110 | 2,9 | 0,41 | 0,14 |
| 2       | 68  | 3  | 178 | 5  | 61  | 1258 | 9,4 | 2,5  | 0,27 |
| 6       | 133 | 2  | 209 | 16 | 75  | 290  | 1,7 | 0,50 | 0,29 |

### 3.4 Vergelijking mangaanconcentraties bodem met elders gemeten concentraties

Om een vergelijking te maken van mangaanconcentraties in andere natuurgebieden en (voormalige) landbouwgebieden is een dataset geselecteerd uit recent onderzoek van Onderzoekcentrum B-ware waarin zowel de concentraties totaal-mangaan als de pH en de concentratie zoutextraheerbaar mangaan zijn gemeten (data: Mark van Mullekom). Het betrof een set van in totaal ongeveer 400 monsters die afkomstig waren uit de bovenste meter van de bodem. In de Polder Oosterland werden concentraties totaal-mangaanconcentraties gemeten tussen 0,2 mmol Mn/l bodem (veengrond) tot 17,2 mmol/l bodem (klei). In de vergelijkingsdataset was de gemiddelde concentratie totaal-mangaan 7 mmol/l bodem (mediaan 3, 10-percentiel 0,6, 90-percentiel 15, maximum 209). De veengrond in Polder Oosterland was dus relatief arm aan totaal-mangaan en de kleigrond op sommige dieptes relatief rijk, maar ook niet uitzonderlijk rijk. In de polder varieerden de concentraties zoutextraheerbaar mangaan tussen 0 en 565  $\mu$ mol/l bodem. In de referentiedataset was deze concentratie gemiddeld 117 (mediaan 8, 10-percentiel

0,4, 90-percentiel 347, maximum 3282  $\mu\text{mol/l}$  bodem). Ook hierin verschillen de concentraties die in Polder Oosterland gevonden werden niet van concentraties elders in het land; op de meeste plekken in de polder vallen de concentraties zoutextraheerbaar mangaan binnen de 90-percentielwaarden van de referentiedataset. Ook in de referentiedataset hing de mangaanbeschikbaarheid samen met de pH (figuur 22). Vanaf pH 6,5 zijn de concentraties laag (grondwater-beïnvloede locaties daargelaten), maar bij een lagere pH kunnen de concentraties hoog oplopen, waarbij waarden boven 500  $\mu\text{mol/l}$  bodem niet uitzonderlijk zijn. De precieze relatie tussen zout-extraheerbaar mangaan en de plantopname van mangaan hebben we in dit onderzoek niet vastgesteld. Dit zal in elk geval geen 1-op-1 relatie zijn. De mangaanconcentratie in het bodemvocht zal afhangen van de bezetting van het adsorptiecomplex met mangaan en deze is, naast van de mangaanconcentratie, ook afhankelijk van de grootte van het adsorptiecomplex.

Daarnaast is de opname door planten afhankelijk van andere factoren. Op grond van de gegevens van de referentiedataset is het echter goed mogelijk dat toxische gehalten van mangaan in hooi veel vaker voorkomen dan gedacht.



**Figuur 22** Relatie tussen pH-NaCl en concentratie zoutextraheerbaar mangaan in circa 400 monsters in de referentiedatabase. Inzet in rechter bovenhoek: uitvergroting van het bereik tot 200  $\mu\text{mol Mn-NaCl/l}$  bodem.

### 3.5 Habitatvereisten Kievitsbloemhooiland

Momenteel vormt de overgebleven populatie Kievitsbloemen de belangrijkste natuurwaarde van de Polder Oosterland. Kievitsbloemhooilanden zijn tamelijk productieve graslanden die vooral voorkomen in de benedenloop van beekdalen waar hogere zandgronden overgaan in veengebied. In Nederland worden de meeste Kievitsbloemhooilanden aangetroffen in de benedenloop van de Overijsselse Vecht. De Kievitsbloem zelf is een vroege bloeier die ervan profiteert dat in het voorjaar de grassen nog laag zijn en het bolgewas nog niet overschaduwden. Kievitsbloemhooilanden hadden van oudsher winterinundatie vanuit de beek/rivier. Deze is, net als in de Polder Oosterland, momenteel vaak niet meer aanwezig. Optimaal zou een Kievitsbloemhooiland circa 11-20 dagen geïnundeerd moeten zijn in de winter (Runhaar et al., 2014). Winterinundatie zorgt ervoor dat de bodem opener blijft in het voorjaar en dat de bodem langer koud blijft. Hierdoor blijven er meer open plekken voor Kievitsbloemen (Zuidhoff et al., 1996).

Goed ontwikkelde Kievitsbloemgraslanden komen voor bij een pH-NaCl tussen circa 4,4 en 6,2. De pH van het Kievitsbloemhooiland in Polder Oosterland valt daarmee aan de lage kant van het bereik. Ook De Waal (2013) vond al dat de pH van het Kievitsbloemhooiland te laag was voor een goede ontwikkeling. De voedselrijkdom van de percelen is echter juist te hoog (1500 – 2200  $\mu\text{mol}$  Olsen-P/l bodem). Voor een betere ontwikkeling zou de P-beschikbaarheid tussen circa 400 en 1500 (gemiddeld 800)  $\mu\text{mol}$  Olsen-P/l bodem moeten liggen (Tabel 4). De stikstofbeschikbaarheid was echter wel laag genoeg. De rol van kaliumbeschikbaarheid in de ontwikkeling van Kievitsbloemhooiland is niet geheel duidelijk. Goed ontwikkelde Kievitsbloemhooilanden worden vaak aangetroffen bij een co-limitatie van stikstof en kalium, en dus lage kaliumconcentraties (Schaffers, 2000; Loeb et al., 2009). Deze co-limitatie kan zorgen voor een beperking in de biomassa-productie, waardoor de vegetatie niet te hoog wordt. Anderzijds hebben veel bolgewassen juist wel een hoge behoefte aan kalium, waardoor de beschikbaarheid van kalium in het vroege voorjaar mogelijk wel hoog moet zijn (Van den Broek et al., 2010). In andere Kievitsbloemhooilanden werden concentraties zoutextraheerbaar kalium gemeten tussen 30 en 300  $\mu\text{mol/l}$  bodem. De concentraties op locatie 2 en 3 lagen in dezelfde orde van grootte; die van locatie 1 waren een factor 10 hoger. Vaak liggen Kievitsbloemhooilanden op rivierklei waardoor de concentraties totaal-ijzer (Tabel 4), en ook totaal-mangaan, hoog kunnen zijn. De totaal mangaanconcentraties in Langenholte en Maatgraven, langs de Overijsselse Vecht lagen tussen 5 en 44  $\text{mmol/l}$  bodem, dus regelmatig hoger dan in de Polder Oosterland. Hier werden zoutextraheerbare concentraties mangaan gemeten tussen circa 17 en 175  $\mu\text{mol/l}$  bodem, dus in dezelfde grootte-orde als in Polder Oosterland.

Voor Kievitsbloemhooiland is een voorjaarsgrondwaterstand vereist van circa 10-50 cm - mv (Watnood 3.0.4). De huidige GVG van de polder voldoet aan deze vereisten.

**Tabel 4** Referentiewaarden voor de belangrijkste bodemchemische parameters van Kievitsbloemhooilanden (toplaag bodem). Voor de gegevens waarvan geen bodemdichtheid gemeten was, is deze berekend uit het organische stofpercentage, om de concentratie per liter bodem uit te kunnen drukken. Als er geen pH-NaCl was bepaald, maar wel een pH-H<sub>2</sub>O is deze omgerekend naar pH-NaCl. \* andere meetmethode

| locatie                     | referentie                 | Org. stof | Olsen-P      | Ca-totaal    | Fe-totaal    | P-totaal     | pH-NaCl | Ca-NaCl      | K-NaCl       | NH <sub>4</sub> -NaCl | NO <sub>3</sub> -NaCl |
|-----------------------------|----------------------------|-----------|--------------|--------------|--------------|--------------|---------|--------------|--------------|-----------------------|-----------------------|
|                             |                            | %         | µmol/l bodem | mmol/l bodem | mmol/l bodem | mmol/l bodem |         | µmol/l bodem | µmol/l bodem | µmol/l bodem          | µmol/l bodem          |
| Huis den Doorn              | Loeb et al., 2009          | 12        | 232*         | 65           | 465          | 25           | 5,69    | 19748        | 40           | 80                    | 27                    |
| Veldiger Buitenlanden       | Loeb et al., 2009          | 10        | 472*         | 50           | 399          | 21           | 5,14    | 17656        | 210          | 32                    | 60                    |
| Lutjesriet                  | Loeb, eigen data           | 23        | 211*         | 84           | 280          | 18           | 4,98    | 19201        |              | 88                    | 361                   |
| Salland                     | Van Mullekom et al., 2009  | 16        | 892          | 83           | 440          | 18           | 4,91    | 28919        |              | 30                    | 37                    |
| Soeslo                      | Poelen & Lucassen, 2010    | 13        | 1576         | 133          | 752          | 25           |         |              |              |                       |                       |
| SBB referentie              | Hommel et al., 2006        | 13        | 418          | 37           | 144          | 9            | 6,22    | 8378         | 306          | 703                   | 155                   |
| Hasselt                     | Brouwer, eigen data        | 5         | 778          | 103          | 475          | 19           |         |              |              |                       |                       |
| Brommert                    | Brouwer, eigen data        | 18        | 1179         | 83           | 246          | 18           |         |              |              |                       |                       |
| Reeuwijk Lang Roggebroek    | Van den Broek et al., 2009 |           | 688          | 60           | 98           | 12           |         |              | 50           |                       |                       |
| Langenholte                 | Loeb, 2014                 | 10        | 1035         | 92           | 496          | 24           | 5,31    | 34113        | 46           | 31                    | 54                    |
| Langenholte                 | Loeb, 2014                 | 11        | 864          | 78           | 401          | 19           | 4,91    | 29402        | 47           | 33                    | 13                    |
| Langenholte                 | Loeb, 2014                 | 12        | 670          | 74           | 422          | 19           | 4,95    | 27035        | 38           | 50                    | 28                    |
| Langenholte                 | Loeb, 2014                 | 13        | 873          | 53           | 360          | 17           | 4,42    | 24096        | 29           | 6                     | 14                    |
| Langenholte                 | Loeb, 2014                 | 10        | 580          | 51           | 403          | 20           | 4,54    | 21579        | 69           | 55                    | 52                    |
| Maatgraven& Langenholte     | Loeb, 2015                 | 8         | 744          | 61           | 487          | 26           | 4,65    | 23787        | 172          | 95                    | 80                    |
| Maatgraven& Langenholte     | Loeb, 2015                 | 13        | 1070         | 79           | 782          | 34           | 4,49    | 27854        | 53           | 281                   | 73                    |
| Polder Oosterland locatie 1 | dit rapport                | 33        | 2223         | 78           | 157          | 31           | 5,57    | 17944        | 2185         | 17                    | 20                    |
| Polder Oosterland locatie 2 | dit rapport                | 31        | 1868         | 59           | 493          | 45           | 4,44    | 17198        | 142          | 79                    | 156                   |



De samenstelling van het plantmateriaal van het Kievitsbloemhooiland komt voor veel elementen overeen met waarden gevonden in Kievitsbloemhooilanden in Overijssel (Tabel 5). Het valt op dat de calciumconcentraties in Oosterland iets lager zijn dan meestal aangetroffen, mogelijk samenhangend met de lage pH. De kaliumconcentratie in de vegetatie van locatie 1 was hoger dan meestal aangetroffen; op locatie 2 juist aan de lage kant van de range. Dit komt overeen met de concentraties kalium die ter plekke in de bodem werden aangetroffen. Opvallend is dat de mangaanconcentraties met 3 tot 7 mmol/kg (165-385 mg/kg) in de referenties in Overijssel ook alle een hogere mangaanconcentratie hebben dan maximaal gewenst voor diervoeder (110 mg/kg; BLGG, 2014). De concentraties in het Kievitsbloemhooiland in Oosterland liggen binnen dezelfde range als in Overijssel aangetroffen. Alle referenties hadden een N/P-verhouding tussen 6 en 10 en werden dus in groei beperkt door stikstof. In Oosterland was dit ook het geval, en was de verhouding op locatie 1 zelfs nog lager door de wat hogere fosforconcentraties in de vegetatie.

**Tabel 5** Concentraties van elementen in vegetatie van Kievitsbloemhooilanden in Overijssel. Concentraties in mmol/kg droge stof. Nutrientenverhoudingen in g/g.

|                                      |                        | Ca  | Fe | K   | Mn | P   | N    | N/P | N/K | P/K |
|--------------------------------------|------------------------|-----|----|-----|----|-----|------|-----|-----|-----|
| Langenholte                          | Loeb, 2014             | 128 | 3  | 301 | 3  | 77  | 1394 | 8   | 1,7 | 0,2 |
| Langenholte                          | Loeb, 2014             | 170 | 3  | 316 | 4  | 89  | 1748 | 9   | 2,0 | 0,2 |
| Maatgraven                           | Loeb, 2015             | 241 | 29 | 375 | 3  | 96  | 1770 | 8   | 1,7 | 0,2 |
| Maatgraven                           | Loeb, 2015             | 195 | 29 | 441 | 7  | 114 | 2275 | 9   | 1,9 | 0,2 |
| Huis den Doorn                       | Loeb et al., 2009      |     |    | 462 |    | 119 | 1929 | 8   | 1,9 | 0,3 |
| Veldiger Buitenlanden                | Loeb et al., 2009      |     |    | 590 |    | 119 | 2143 | 8   | 1,3 | 0,2 |
| Gefragmenteerd Kievitsbloemhooiland  | Schaffers et al., 2002 |     |    | 718 |    | 68  | 1593 | 10  | 0,8 | 2,6 |
| Goed ontwikkeld Kievitsbloemhooiland | Schaffers et al., 2002 |     |    | 154 |    | 55  | 714  | 6   | 1,7 | 1,0 |
| Polder Oosterland locatie 1          | dit rapport            | 94  | 5  | 974 | 4  | 175 | 1110 | 3   | 0,4 | 0,1 |
| Polder Oosterland locatie 2          | dit rapport            | 68  | 3  | 178 | 5  | 61  | 1258 | 9   | 2,5 | 0,3 |



## 4 Knelpunten, oorzaken en oplossingsrichtingen

### 4.1 Knelpunten en oorzaken

In Polder Oosterland spelen complexe bodemchemische problemen. Voor de ontwikkeling van natuur zijn in bodemchemisch opzicht momenteel de lage bodem-pH en de hoge voedselrijkdom van de polder de belangrijkste problemen. Deze lage pH wordt veroorzaakt door oxidatieprocessen die het gevolg zijn van een lage grondwaterstand. Er is sprake van veraarding van het veen; een onomkeerbaar oxidatieproces.

De lage pH is eveneens de oorzaak van de huidige hoge beschikbaarheid van mangaan, die problemen geeft voor de landbouw. Onder permanent natte (anaerobe) omstandigheden, zoals op een meter diepte, is de beschikbaarheid van mangaan echter ook hoog. Welk van deze twee toestanden (permanent nat + hogere pH of droger + lage pH) tot de hoogste opname van mangaan door de vegetatie leidt, is niet bekend. Door langdurigere drooglegging zal de pH echter steeds verder dalen en zal de beschikbaarheid van mangaan steeds hoger worden.

Men dient zich echter ook te realiseren dat de concentraties van mangaan in de bodem, in het grondwater en in de vegetatie die in Polder Oosterland worden aangetroffen geen uitzonderlijke concentraties zijn, maar concentraties die op meer plekken in Nederland worden aangetroffen. Dat deze waarden natuurlijk zijn en vaker voorkomen, betekent niet dat ze geen negatieve effecten voor de landbouw kunnen hebben.

### 4.2 Oplossingsrichtingen

Om de voortgeschreden verzuring tegen te gaan, kunnen verschillende maatregelen getroffen worden.

- Ten eerste kan er bekalkt worden. In het Kievitsbloemhooiland is dit in 2016 gedaan, maar de effecten hiervan zijn nog niet duidelijk terug te meten.
- Het verhogen van de grondwaterstanden helpt wel om verdere verzuring tegen te gaan.
- Inundatie met basenrijk water kan mogelijk ook weer basen aanvoeren. Er wordt echter verwacht dat de effecten van inundatie op het herstellen van de basenverzadiging beperkt zijn. Zowel klei als veen zijn slecht doorlatend, waardoor inundatiewater niet snel door zal dringen in de bodem. Daarnaast is in de winter de grondwaterstand hoog (0-20 cm beneden maaiveld), waardoor in de winter bij inundatie nog minder water in de bodem door zal dringen. Het ophogen van de grondwaterstand zorgt echter wel voor anaerobe processen, waarbij bicarbonaat wordt geproduceerd en de pH omhoog kan gaan. Dit is slechts een tijdelijk effect, want op moment van meten (in de droge periode) was de pH laag, ondanks de hoge grondwaterstanden in de winter.

- Het herstellen van de kweldruk, waarbij basenrijk grondwater ook echt tot in het maaiveld door kan dringen, kan helpen bij het herstellen van de buffering. Dit zal echter naar verwachting in de praktijk niet mogelijk blijken, omdat er drinkwater gewonnen wordt uit dit gebied.

### **Verbetermogelijkheden natuur**

De hoge voedselrijkdom van de percelen, die het gevolg is van jarenlange bemesting, kan worden bestreden door het afgraven van de toplaag. Dit is bij het Kievitsbloemhooiland geen oplossing, want hiermee zouden ook de bollen van de Kievitsbloem zelf verwijderd worden. In het zuiden, waar het doel is om moeras te creëren, is de voedselrijkdom echter ook veel te hoog (P-Olsen circa 900 µmol/l bodem). Onder een toplaag van circa 20 cm dik zit echter voedselarm veen (P-Olsen rond 200), dat geschikt lijkt voor het creëren van kleine zeggenmoeras. Door de toplaag te verwijderen, zouden de percelen een lager maaiveld en dus een hogere grondwaterstand krijgen. Verhogen van de grondwaterstand bij de huidige nutriëntenwaarden in de toplaag heeft als risico in zich dat er op grote schaal Pitrus gaat groeien.

Naast de hoge voedselrijkdom en de lage pH is voor het Kievitsbloemhooiland momenteel een probleem dat er geen inundatie meer optreedt. Ook voor het herstel van natuurlijke processen in het moeraslandschap zou inundatie vanuit de Drentse Aa gewenst zijn, mits de waterkwaliteit op orde is.

## 5 Evaluatie peilscenario's

Voor het evalueren van de verschillende peilscenario's voor natuur, wordt gelet op de volgende natuurwaarden: 1. Kievitsbloemhooiland, 2. Moerasnatuur

### *Handhaven van het huidige zomer- en winterpeil*

Het handhaven van het huidige zomer- en winterpeil geeft een grondwaterstand die geschikt is voor het Kievitsbloemhooiland. Inundatie met rivierwater is echter belangrijk voor Kievitsbloemhooilanden (Runhaar et al., 2014), en inundatie blijft bij het huidige peilregime uit. Voor het versterken en ontwikkelen van moeras in het gebied, zijn de peilen te laag. Bij het huidige peilregime blijft ook de oxidatie voortschrijden, zal het veen verder veraarden en zal de verzuring doorzetten. Dit heeft een mogelijk nog hogere beschikbaarheid van mangaan in de toekomst tot gevolg. Deze optie is op de korte termijn wellicht een goede keuze voor de landbouw, maar op de lange termijn zet de verzuring zoals hierboven beschreven door.

### *Verlagen van zowel het zomer- als het winterpeil met 15 cm ten behoeve van de landbouw*

Aangenomen wordt dat het verlagen van de peilen een grondwaterstandsverlaging van ongeveer 10- 15 cm tot gevolg heeft. Voor Kievitsbloemhooiland is een lagere GVG dan de huidige GVG op zich ook nog voldoende. Voor het ontwikkelen van moeras is het verlagen van de peilen slecht. Het veen zal tot dieper veraarden en zowel op het veen als op de klei (Kievitsbloemhooiland) zal er meer verzuring optreden, wat voor zowel het Kievitsbloemhooiland als het moeras slecht is. Voor de landbouw zal dit het probleem geven dat er nog meer mangaan beschikbaar komt dan bij voortzetting van het huidige peil. Deze optie is daarom zowel negatief voor landbouw alsook voor de natuur.

### *Verhogen van het peil ten behoeve van natuur*

Voor het Kievitsbloemhooiland zijn de huidige grondwaterstanden op zich in orde; deze zouden in het voorjaar niet (langdurig) hoger hoeven te zijn dan de huidige standen, omdat het anders te nat wordt voor de Kievitsbloem (zie ook De Waal, 2013). Voor het ontwikkelen van moeras zonder veenoxidatie en met, zo mogelijk, veenvorming, zou de grondwaterstand ten opzichte van maaiveld hoger moeten zijn. Dit peil zou 's winters dicht aan maaiveld moeten staan, net als het grondwater, en in de zomer enkele decimeters mogen uitzakken. Het zomerpeil zou hiervoor iets omhoog moeten, maar vooral het winterpeil zal moeten worden verhoogd. Bij de huidige nutriëntenrijkdom van de toplaag zal peilverhoging echter leiden tot Pitrusontwikkeling. Het best kan dus eerst de nutriëntenrijkdom bestreden worden voordat het peil op wordt gezet. Dit kan gedaan worden door enkele decimeters van de toplaag af te graven. Dit heeft als voordeel dat het oppervlaktewaterpeil minder ver omhoog hoeft om hoge grondwaterstanden ten opzichte van maaiveld te creëren. Indien afgraven geen optie is, zou de polder eventueel opgesplitst kunnen worden in verschillende peilgebieden. Bij peilverhoging en grondwaterstandsverhoging is ook doorstroming van het moerasgebied van belang. Het vasthouden van gebiedseigen regenwater kan op den duur leiden tot verzuring en verder verlies van basen aan het adsorptiecomplex. De aanvoer van basenrijk grond- en

oppervlaktewater is belangrijk om dit tegen te gaan. Een optimaal peilbeheer voor de natuur zou een natuurlijk peil zijn, waarbij het peil in de winter hoger staat dan in de zomer, dus andersom dan nu het geval is. Vanwege het vertraagde effect op de grondwaterstand, zal een natuurlijk peil voor natuurwaarden in het midden van de percelen niet zoveel effect hebben, maar wel voor de natuurwaarden langs de slootkanten. Momenteel komen de meeste botanische natuurwaarden juist langs de slootkanten voor. Daarnaast zou winterinundatie door de Drentse Aa mogelijk moeten worden.

Door de peilverhoging zal de oxidatie verminderen of zelfs gestopt worden, het veen zal daardoor niet verder veraarden en de verzuring wordt verminderd. Dit leidt mogelijk tot een vermindering van de beschikbaarheid van mangaan in de toekomst. Deze optie (peilverhoging en winterinundatie) is voor de natuur de beste optie (met name in combinatie met afgraving en natuurlijk peil) en is naar verwachting voor de landbouw op de langere termijn ook de beste optie.

Er is geen alternatief peilscenario te bedenken waarvan zowel de landbouw als de natuur profijt heeft.

## 6 Literatuur

- Ljung, K. & M. Vahter, 2007. Time to re-evaluate the guideline value for manganese in drinking water? *Environmental Health Perspectives* 115 (11): 1533-1538.
- De Bruin, J., 2016. Kwaliteitstoets 2016 Benedenloop Drentsche Aa. Natuurmonumenten, Paterswolde.
- Dost, H., 2014. Verkennend bodemonderzoek, Polder Oosterland, Haren. Rapportnr. 14176. Terra Bodemonderzoek B.V., Oudemolen.
- Runhaar J., B.R. Raterman en W.J. Zaadnoordijk, 2014. Inundatieregime kievitsbloemhooilanden langs het Zwarte Water. KWR 2014.1056. KWR, Nieuwegein.
- De Waal, R.W., 2013. Onderzoek naar de standplaats van *Fritillaria meleagris* in polder Het Oosterland. Alterra, Wageningen.
- BLGG, 2014. Voederwaarde gras vers dusselstuk. Onderzoeks/ordernr, 665099/003415908. BLGG AgroXpertus, Wageningen.
- Van den Broek, T., M. van der Welle, A. Smolders & M. Bilius, 2010. Terugkeer van paarsgeblokte weelde. Herstelplan voor Kievitsbloemen rond Gouda. Vakblad Natuur Bos Landschap september 2010: 14-19.
- Gilbert, J., D. Gowing & H. Wallace, 2009. Available soil phosphorus in semi-natural grasslands: Assessment methods and community tolerances. *Biological Conservation* 142: 1074-1083.
- Hommel, P., E. Brouwer, E.C.H.E.T. Lucassen, A.J.P. Smolders & R.W. de Waal, 2006. Selectie van ecologisch relevante bodemeigenschappen; Een verkennend onderzoek aan de hand van 92 SBB-referentiepunten. Alterra-rapport 1445. Alterra, Wageningen.
- Van Mullekom, M., E. Brouwer & M. Poelen, 2009. Kievitsbloemhooilanden Salland-West. B-ware-rapport 2009.18. Onderzoekcentrum B-ware, Nijmegen.
- Loeb, R., L. Kuijpers, C.J.H. Peters, L.P.M. Lamers & J.G.M. Roelofs, 2009. Nutrient limitation along eutrophic rivers? Roles of N, P and K input in a species-rich floodplain hay meadow. *Applied Vegetation Science* 12: 362-375.
- Loeb, R., 2014. Bodemchemisch onderzoek Kievitsbloemhooilanden Buitenlanden Langenhalte. B-ware-rapport 2014.17. Onderzoekcentrum B-ware, Nijmegen.
- Loeb, R. 2015. Bodemchemisch onderzoek Kievitsbloemhooilanden Buitenlanden Langenholte en Maatgraven. B-ware-rapport 2015.29. Onderzoekcentrum B-ware, Nijmegen.
- Olde Venterink, H.G.M., R.E. van der Vliet, & M.J. Wassen, 2001. Nutrient limitation along a productivity gradient in wet meadows. *Plant and Soil* 234: 171-179.
- Olsen S.R., C.W. Cole, R. Watanabe & L.A. Dean, 1954. Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. US Dpt. of Agriculture circular 939.
- Poelen M. & E.C.H.E.T. Lucassen, 2010. Onderzoek naar de fosfaatrijkdom in (voormalige) kievitsbloemhooilanden nabij Landgoed Soeslo. B-ware-rapport 2010.22. Onderzoekcentrum B-ware, Nijmegen.
- Schaffers, A.P. & Sykora, K.V., 2002. Synecology of species-rich plant communities on roadside verges in the Netherlands. *Phytocoenologia* 32: 29-83.
- Schaffers, A.P. 2000. Ecology of roadside plant communities. PhD thesis. Agricultural University Wageningen, the Netherlands.
- Schaffers, A.P. 2002. Soil, biomass, and management of semi-natural vegetation. Part I. Interrelationships. *Plant Ecology* 158: 229-246.
- Zuidhoff, A.C., J.H.J. Schamineé, & R. van 't Veer, 1996. *Molinio-Arenatheretea*. In: Schamineé, J.H.J., A.H.F. Stortelder, & E.J. Weeda (eds.) *De vegetatie van Nederland. Deel 3. Plantengemeenschappen van graslanden, zomen en droge heiden*. pp. 163-196. Opulus Press, Uppsala/Leiden.

Van den Brink (red.), 2008. Natuurvisie Lappenvoort/Oosterland.  
Natuurmonumenten/Staatsbosbeheer, Assen/Groningen,

**Websites**

NDFF 2017(i) Nationale Databank Flora en Fauna Uitvoerportaal: <https://ndff-ecogrid.nl/uitvoerportaal/secure/index.zul>



## Bijlage I Meetgegevens

**Tabel 6** Ligging van monsterpunten, massapercentage vocht, bodemdichtheid (kg/l), massapercentage organische stof en de concentratie Olsen-P ( $\mu\text{mol/l}$  bodem).

| locatie | diepte | x      | y      | vocht | dichtheid | org stof | Olsen-P |
|---------|--------|--------|--------|-------|-----------|----------|---------|
| 1       | 0-20   | 235266 | 576038 | 33    | 0,55      | 33       | 2223    |
| 1       | 20-30  |        |        | 30    | 0,75      | 30       | 1493    |
| 1       | 30-50  |        |        | 32    | 1,04      | 32       | 590     |
| 1       | 50-70  |        |        | 37    | 0,90      | 37       | 613     |
| 1       | 70-100 |        |        | 43    | 0,84      | 43       | 802     |
| 2       | 0-20   | 235318 | 576000 | 31    | 0,53      | 31       | 1868    |
| 2       | 20-50  |        |        | 33    | 0,91      | 33       | 760     |
| 2       | 50-70  |        |        | 35    | 1,18      | 35       | 1004    |
| 2       | 70-80  |        |        | 55    | 0,54      | 55       | 420     |
| 2       | 80-100 |        |        | 66    | 0,39      | 66       | 435     |
| 3       | 0-10   | 235371 | 575849 | 40    | 0,48      | 40       | 1560    |
| 3       | 10-30  |        |        | 33    | 0,85      | 33       | 862     |
| 3       | 30-60  |        |        | 33    | 1,08      | 33       | 558     |
| 3       | 60-80  |        |        | 53    | 0,68      | 53       | 681     |
| 3       | 80-100 |        |        | 65    | 0,42      | 65       | 846     |
| 4       | 0-10   | 234901 | 575757 | 48    | 0,35      | 48       | 1032    |
| 4       | 10-30  |        |        | 47    | 0,69      | 47       | 1117    |
| 4       | 30-50  |        |        | 76    | 0,16      | 76       | 153     |
| 4       | 50-90  |        |        | 77    | 0,21      | 77       | 93      |
| 4       | 90-100 |        |        | 78    | 0,27      | 78       | 105     |
| 5       | 0-20   | 235116 | 575393 | 42    | 0,41      | 42       | 914     |
| 5       | 20-30  |        |        | 71    | 0,22      | 71       | 225     |
| 5       | 30-50  |        |        | 77    | 0,21      | 77       | 147     |
| 5       | 50-70  |        |        | 75    | 0,28      | 75       | 191     |
| 5       | 70-100 |        |        | 84    | 0,19      | 84       | 52      |
| 6       | 0-20   | 235358 | 574863 | 48    | 0,32      | 48       | 973     |
| 6       | 20-50  |        |        | 79    | 0,22      | 79       | 234     |
| 6       | 50-70  |        |        | 78    | 0,25      | 78       | 231     |
| 6       | 70-80  |        |        | 39    | 1,00      | 39       | 225     |
| 6       | 80-100 |        |        | 27    | 1,29      | 27       | 527     |

**Tabel 7** Elementconcentraties bepaald door middel van destructie, in mmol/l bodem.

| locatie | diepte | Al  | Ca  | Fe  | K  | Mg  | Mn | Na | P  | S   | Si  | Zn  |
|---------|--------|-----|-----|-----|----|-----|----|----|----|-----|-----|-----|
| 1       | 0-20   | 209 | 78  | 157 | 30 | 62  | 4  | 1  | 31 | 19  | 23  | 0,9 |
| 1       | 20-30  | 431 | 138 | 375 | 61 | 157 | 7  | 3  | 19 | 18  | 47  | 1,1 |
| 1       | 30-50  | 656 | 195 | 583 | 93 | 284 | 17 | 5  | 17 | 20  | 137 | 1,4 |
| 1       | 50-70  | 547 | 405 | 505 | 78 | 300 | 8  | 5  | 19 | 21  | 50  | 1,1 |
| 1       | 70-100 | 506 | 389 | 494 | 73 | 267 | 9  | 4  | 20 | 36  | 79  | 1,0 |
| 2       | 0-20   | 339 | 59  | 493 | 29 | 95  | 5  | 1  | 45 | 19  | 25  | 0,9 |
| 2       | 20-50  | 611 | 114 | 507 | 59 | 220 | 6  | 3  | 14 | 18  | 68  | 1,2 |
| 2       | 50-70  | 900 | 145 | 763 | 96 | 312 | 10 | 5  | 23 | 25  | 46  | 1,6 |
| 2       | 70-80  | 299 | 85  | 799 | 25 | 102 | 4  | 2  | 22 | 60  | 23  | 0,5 |
| 2       | 80-100 | 178 | 88  | 806 | 13 | 54  | 6  | 1  | 42 | 94  | 12  | 0,3 |
| 3       | 0-10   | 277 | 82  | 280 | 23 | 90  | 5  | 2  | 31 | 23  | 13  | 1,0 |
| 3       | 10-30  | 589 | 142 | 559 | 45 | 170 | 4  | 2  | 17 | 22  | 61  | 1,0 |
| 3       | 30-60  | 727 | 181 | 597 | 79 | 300 | 10 | 4  | 16 | 19  | 81  | 1,4 |
| 3       | 60-80  | 347 | 169 | 940 | 32 | 144 | 7  | 2  | 31 | 36  | 31  | 0,6 |
| 3       | 80-100 | 167 | 119 | 759 | 10 | 55  | 8  | 1  | 61 | 66  | 13  | 0,3 |
| 4       | 0-10   | 182 | 64  | 164 | 17 | 55  | 3  | 1  | 20 | 25  | 29  | 0,5 |
| 4       | 10-30  | 438 | 112 | 343 | 36 | 116 | 3  | 2  | 22 | 44  | 38  | 1,0 |
| 4       | 30-50  | 40  | 47  | 64  | 3  | 12  | 1  | 1  | 5  | 34  | 3   | 0,1 |
| 4       | 50-90  | 111 | 52  | 85  | 13 | 38  | 1  | 3  | 4  | 67  | 4   | 0,1 |
| 4       | 90-100 | 175 | 65  | 120 | 22 | 59  | 1  | 5  | 5  | 100 | 5   | 0,2 |
| 5       | 0-20   | 113 | 27  | 86  | 8  | 17  | 1  | 0  | 11 | 21  | 9   | 0,2 |
| 5       | 20-30  | 57  | 56  | 88  | 4  | 8   | 1  | 0  | 6  | 31  | 4   | 0,1 |
| 5       | 30-50  | 97  | 49  | 58  | 9  | 17  | 0  | 0  | 4  | 34  | 8   | 0,1 |
| 5       | 50-70  | 84  | 60  | 76  | 7  | 19  | 1  | 0  | 5  | 63  | 5   | 0,1 |
| 5       | 70-100 | 23  | 78  | 49  | 2  | 9   | 0  | 0  | 3  | 68  | 4   | 0,2 |
| 6       | 0-20   | 151 | 59  | 201 | 7  | 20  | 2  | 0  | 22 | 36  | 10  | 0,5 |
| 6       | 20-50  | 33  | 54  | 98  | 2  | 5   | 1  | 0  | 5  | 52  | 5   | 0,1 |
| 6       | 50-70  | 32  | 49  | 116 | 2  | 5   | 1  | 0  | 5  | 123 | 4   | 0,2 |
| 6       | 70-80  | 45  | 49  | 45  | 2  | 3   | 0  | 0  | 3  | 62  | 13  | 0,2 |
| 6       | 80-100 | 127 | 42  | 31  | 4  | 6   | 0  | 0  | 6  | 17  | 22  | 0,2 |

**Tabel 8** Ionconcentratie bepaald door middel van NaCl-extractie, in  $\mu\text{mol/l}$  bodem (behalve pH).

| locatie | diepte | pH   | Al  | Ca    | Fe   | K    | Mg    | Mn  | P  | S    | Si   | Zn | NO <sub>3</sub> | NH <sub>4</sub> |
|---------|--------|------|-----|-------|------|------|-------|-----|----|------|------|----|-----------------|-----------------|
| 1       | 0-20   | 5,57 | 4   | 17944 | 2    | 2185 | 4291  | 38  | 8  | 155  | 432  | 3  | 20              | 17              |
| 1       | 20-30  | 6,58 | 8   | 29919 | 1    | 5413 | 5620  | 6   | 2  | 362  | 479  | 0  | 114             | 148             |
| 1       | 30-50  | 6,57 | 11  | 44274 | 0    | 5575 | 8392  | 0   | 3  | 1355 | 897  | 0  | 138             | 17              |
| 1       | 50-70  | 7,11 | 7   | 39708 | 0    | 3254 | 7044  | 0   | 2  | 1380 | 874  | 0  | 121             | 58              |
| 1       | 70-100 | 7,01 | 13  | 43028 | 0    | 3179 | 6716  | 0   | 2  | 1726 | 886  | 0  | 68              | 36              |
| 2       | 0-20   | 4,44 | 79  | 17198 | 16   | 142  | 4259  | 226 | 2  | 141  | 359  | 23 | 156             | 79              |
| 2       | 20-50  | 4,92 | 125 | 26189 | 2    | 154  | 8089  | 66  | 1  | 157  | 312  | 8  | 127             | 35              |
| 2       | 50-70  | 4,9  | 40  | 37663 | 1    | 221  | 12948 | 77  | 0  | 345  | 655  | 5  | 67              | 60              |
| 2       | 70-80  | 4,88 | 18  | 23575 | 4    | 187  | 7182  | 302 | 0  | 1125 | 1315 | 2  | 14              | 74              |
| 2       | 80-100 | 5,35 | 8   | 21031 | 2977 | 180  | 6313  | 565 | 5  | 1710 | 2509 | 1  | 0               | 219             |
| 3       | 0-10   | 4,97 | 14  | 21913 | 2    | 30   | 5737  | 52  | 1  | 93   | 237  | 7  | 1               | 9               |
| 3       | 10-30  | 5,01 | 22  | 36386 | 2    | 68   | 9288  | 72  | 2  | 160  | 404  | 10 | 17              | 84              |
| 3       | 30-60  | 6,86 | 5   | 43274 | 0    | 136  | 10869 | 0   | 2  | 405  | 661  | 0  | 58              | 72              |
| 3       | 60-80  | 6,46 | 5   | 41738 | 0    | 101  | 10520 | 0   | 1  | 541  | 836  | 0  | 220             | 55              |
| 3       | 80-100 | 6,01 | 5   | 28859 | 487  | 78   | 6954  | 262 | 10 | 1524 | 2065 | 0  | 0               | 123             |
| 4       | 0-10   | 4,9  | 25  | 18099 | 4    | 169  | 4304  | 55  | 3  | 528  | 334  | 7  | 1542            | 113             |
| 4       | 10-30  | 4,97 | 98  | 35030 | 7    | 61   | 7022  | 81  | 1  | 2528 | 676  | 15 | 2021            | 89              |
| 4       | 30-50  | 4,93 | 19  | 13747 | 4    | 49   | 2839  | 29  | 1  | 1832 | 228  | 1  | 257             | 83              |
| 4       | 50-90  | 5,25 | 8   | 17492 | 5    | 300  | 4979  | 90  | 1  | 3788 | 409  | 1  | 228             | 107             |
| 4       | 90-100 | 5,36 | 27  | 21319 | 7    | 542  | 6545  | 102 | 2  | 3189 | 490  | 1  | 219             | 277             |
| 5       | 0-20   | 4,46 | 217 | 12153 | 150  | 30   | 1027  | 235 | 2  | 353  | 107  | 14 | 253             | 207             |
| 5       | 20-30  | 4,57 | 120 | 17292 | 37   | 20   | 1005  | 175 | 1  | 465  | 66   | 4  | 195             | 184             |
| 5       | 30-50  | 4,79 | 83  | 16700 | 18   | 125  | 1099  | 107 | 1  | 1479 | 126  | 2  | 104             | 361             |
| 5       | 50-70  | 4,77 | 78  | 20450 | 26   | 237  | 1430  | 126 | 1  | 2052 | 170  | 2  | 132             | 664             |
| 5       | 70-100 | 5,13 | 18  | 22730 | 27   | 177  | 2168  | 80  | 3  | 1543 | 272  | 1  | 70              | 909             |
| 6       | 0-20   | 4,37 | 154 | 18065 | 3    | 16   | 766   | 91  | 1  | 686  | 50   | 5  | 349             | 104             |
| 6       | 20-50  | 4,38 | 140 | 20576 | 7    | 39   | 879   | 188 | 2  | 1416 | 78   | 3  | 274             | 186             |
| 6       | 50-70  | 3,93 | 199 | 18129 | 152  | 142  | 982   | 214 | 2  | 7076 | 206  | 8  | 71              | 388             |
| 6       | 70-80  | 5,13 | 38  | 17023 | 59   | 356  | 983   | 55  | 1  | 2098 | 188  | 0  | 17              | 557             |
| 6       | 80-100 | 5,21 | 18  | 12148 | 20   | 516  | 603   | 39  | 1  | 1618 | 215  | 0  | 14              | 702             |

## Bijlage II Foto's van bodemprofielen



**Figuur 23** Bodemprofiel van locatie 1 tot 1 meter diepte. Bovenzijde profiel aan rechterzijde foto.



**Figuur 24** Bodemprofiel van locatie 2 tot 1 meter diepte. Bovenzijde profiel aan rechterzijde foto.



**Figuur 25** Bodemprofiel van locatie 3 tot 1 meter diepte. Bovenzijde profiel aan rechterzijde foto.



**Figuur 26** Bodemprofiel van locatie 4 tot 1 meter diepte. Bovenzijde profiel aan linkerzijde foto.





**Figuur 27** Bodemprofiel van locatie 5 tot 1 meter diepte. Bovenzijde profiel aan linkerzijde foto.



**Figuur 28** Bodemprofiel van locatie 6 tot 1 meter diepte. Bovenzijde profiel aan linkerzijde foto.