

Bodemleven in het Buitenland van Rhooon

Nulmeting als basis voor de
ontwikkeling van hoogwaardige
akkernatuur

Boki Luske
Bart Timmermans
Marleen Zanen
Riekje Bruinenberg
Udo Prins



In opdracht van de Provincie Zuid Holland

© 2018 Louis Bolk Instituut

Bodemleven in het Buitenland van Rhoon - Nulmeting als basis voor de ontwikkeling van hoogwaardige akkernatuur

Ir. Boki Luske, Dr. Bart Timmermans, Ir. Marleen Zanen, Ir. Riekje Bruinenberg, Ir. Udo Prins

Publicatienummer 2018-012 LbP, versie 2.

Trefwoorden: Bodemkwaliteit, bodemleven, natuurinclusieve landbouw, nematoden, macrofauna, akkernatuur

34 pagina's

Deze publicatie is toegankelijk via www.louisbolk.nl/publicaties

www.louisbolk.nl

info@louisbolk.nl

T 0343 523 860

Kosterijland 3-5

3981 AJ Bunnik

 @LouisBolk

Louis Bolk Instituut: onafhankelijk, internationaal kennisinstituut ter bevordering van duurzame landbouw, voeding en gezondheid

Voorwoord

Voor u ligt de rapportage van de nulmeting 2017 van het bodemleven in het Buitenland van Rhoon. In het kader van de Planologische Kernbeslissing Project Mainportontwikkeling Rotterdam (PKB PMR) zal dit gebied de komende jaren omgevormd worden naar hoogwaardige akkernatuur.

Deze nulmeting van het bodemleven in het Buitenland van Rhoon sluit aan op de nulmeting van de flora in het gebied uitgevoerd door Natuurbalans (Verbeek, 2017), van de insecten uitgevoerd door EIS Kenniscentrum Insecten (Zeegers, 2018) en vogeltellingen uitgevoerd door de Werkgroep Grauwe Kiekendief waarvan alle metingen hebben plaatsgevonden in 2017.

Om een goed beeld te krijgen van de bodem, die drager is van het landschap, heeft de Provincie Zuid Holland het Louis Bolk Instituut gevraagd om de uitgangssituatie van het bodemleven in kaart te brengen. Daarbij zijn metingen verricht in de Zegenpolder, de Molenpolder en de Portlandpolder. Wij hebben daarbij de medewerking verkregen van veel mensen en organisaties. In het bijzonder willen we bedanken Rens Bergeijk, Adjan Vos, Hans Dullaert (LBI), Harm Keidel (LIOS), Metha van Bruggen (LBI) en de medewerkers van Eurofins en CBLB.

De auteurs

Boki Luske
Bart Timmermans
Marleen Zanen
Riekje Bruinenberg
Udo Prins

Inhoud

Samenvatting	7
1 Inleiding	9
1.1 Bodemleven	9
1.2 Leeswijzer	10
2 Vraagstelling en doel van het onderzoek	11
3 Materiaal en methode	12
3.1 Selecteren van bemonsteringslocaties	12
3.2 Veldwerk	12
3.3 Laboratoriumanalyses	14
3.4 Data analyse	16
4 Resultaten	17
4.1 Literatuuronderzoek	17
4.2 Profielkuilen en bodemconditiescores	20
4.3 Bodemcompactie	21
4.4 Regenwormen	23
4.5 Nematoden	25
4.6 Organisch gebonden fosfaat	28
5 Conclusies	29
6 Aanbevelingen voor vervolgonderzoek	31
Literatuur	32
Bijlage 1: Determinatietabel regenwormen	34

Samenvatting

In het Buitenland van Rhoon wordt de komende jaren een natuurinclusief landbouwsysteem ontwikkeld, waarin natuurontwikkeling, recreatie en ondernemerschap gelijk op gaan. Deze rapportage is een nulmeting en heeft als doel om de bodemkwaliteit in het gebied in beeld te brengen en daarbij de kansen en knelpunten te benoemen voor de ontwikkeling richting het beoogde natuurinclusieve landbouwsysteem.

Om een goed beeld te vormen van de huidige bodemkwaliteit en het bodemleven, hebben we ervoor gekozen op verschillende manieren te werk gegaan. De ontstaansgeschiedenis, het uitgangsmateriaal en gegevens over de bodem zijn onderzocht op basis van de literatuur. Daarna zijn er een vijftal percelen geselecteerd in de Zegenpolder en een vijftal percelen in de Molenpolder/Portlandpolder. Daar zijn kwadranten uitgezet van 25 x 25 m waarbinnen een visuele beoordeling van de bovengrond (bodemprofielkuil tot 50 cm) heeft plaatsgevonden, bodemcompactie is gemeten (penetrologger), er grondmonsters zijn genomen en bodemplaggen gestoken. De grondmonsters zijn verdeeld en door verschillende laboratoria onderzocht op fysische-chemische parameters (Eurofins), nematoden (LIOS), organisch gebonden fosfaat (CBLB) en regenwormen (LBI). Deze gegevens zijn in eerste instantie apart van elkaar geanalyseerd en daarna integraal geïnterpreteerd.

De polders in het Buitenland van Rhoon zijn ontstaan uit mariene sedimentafzettingen en zijn te typeren als poldervaaggronden, variërend van zware zavel, lichte klei tot matig zware klei. Uitgaande van gangbare akkerbouwpercelen op klei, vonden we qua bodem chemische waarden relatief hoge organische stof gehalten (2,4-3,6%), hoge pH (7,4-7,6), hoge koolzure kalk percentages (8,1-11,2%), een laag stikstof leverend vermogen (79-102 kg N/ha) en een vrij laag K-getal (9-15). De gemeten fosfaatgehalten (P-Al) zijn hoog (35-64 mg P₂O₅/100g), 1,5 tot 2 maal de landbouwadviswaarde. Tijdens de visuele bodembeoordeling zagen we over het algemeen een redelijk tot zeer goede structuur, bodemleven, beworteling en waterhuishouding. Op enkele plekken is sprake van een lichte ploegzool maar op meerdere locaties is sprake van compactie in de ondergrond. We vonden relatief hoge aantallen regenwormen (277-1266 per m²), voornamelijk bodembewonende wormen (74-93%) in het juveniele stadium (58-100%). De wormen biomassa viel niet tegen. Op enkele locaties zat deze op of boven de norm voor weidevogelgrasland. De nematodengemeenschap op de meetlocaties in de Zegenpolder leek meer in balans dan in de Molenpolder/Portlandpolder, omdat we in verhouding meer carnivore nematoden aantroffen en dat de verhouding plantparasitaire nematoden/overige nematoden kleiner was. Dit geeft aan dat de bodems in de Zegenpolder minder ziektegevoelig zijn (hogere Maturity Index en lagere Plant Parasitaire Index/Maturity Index). Ook het percentage organisch gebonden fosfaat (plant beschikbaar) was in de Zegenpolder opvallend hoog (26-34%).

Algemene knelpunten voor natuurontwikkeling en agrarisch ondernemerschap die de resultaten van dit onderzoek blootleggen zijn compactie in de ondergrond, peilbeheer/waterhuishouding, de hoge fosfaatgehalten (P-Al) en het lage aantal adulte regenwormen. Echter, de hoge percentages organisch gebonden fosfaat geven aan dat fosfaat niet persé een probleem hoeft te vormen. En ook de redelijk hoge aantallen en biomassa aan (juveniele) regenwormen geven aan dat hier een potentie zit. Met meer permanente landschapselementen zoals natuurvriendelijke oevers en hooilandranden kunnen de regenwormenpopulaties waarschijnlijk op korte termijn snel toenemen.

Om de ontwikkeling van het bodemleven in het Buitenland van Rhoon de komende te blijven volgen stellen wij voor om de metingen die in deze nulmeting hebben plaatsgevonden elke drie jaar te herhalen. Daarnaast stellen wij voor om in 2018 de nulmeting uit te breiden naar meer percelen en daarbij de agrarische ondernemers te betrekken. Wij stellen voor om van elke agrarische ondernemer in het gebied ten minste twee percelen te bemonsteren volgens de huidige methodiek. Aangezien de lokale verschillen in bodemleven tussen de percelen en de polders aanzienlijk waren, kan dit interessante informatie opleveren. Door dit te doen verkrijgen we ook inzicht in de uitgangssituatie van de polder boven de Essendijk (de oudste polder 'Buitenland van Rhoon'), waar nu nog geen metingen zijn verricht. Tevens kunnen we daarmee in vervolgmetingen zien wat verschillende beheersmaatregelen (niet kerende grondbewerking, meer maaivruchten, etc.) en natuurmaatregelen die de ondernemers gaan treffen, op termijn voor effect hebben op het bodemleven.

1 Inleiding

1.1 Bodemleven

In deze studie leggen we de nul-situatie vast van de bodemkwaliteit in het Buitenland van Rhon. In dit gebied zal de komende jaren hoogwaardige akkernatuur worden gerealiseerd. De natuurdoelen richten zich voornamelijk op het ontwikkelen van vitale vogelpopulaties van o.a. Veldleeuwerik, Gele Kwikstaart, Kneu en Kievit. Voor de akkerflora gaat het om het ontwikkelen van sterk bedreigde akkerplanten zoals Rood Guichelheil, Spiesleeuwenbek en Akkerboterbloem. Aangezien de bodem de basis is voor het ontwikkelen van flora en indirect ook voor de fauna, is de bodem bepalend voor de termijn en voor de realiseerbaarheid van de natuurdoelen die beoogd zijn in het gebied.

Om de bodemkwaliteit te kunnen beoordelen zijn verschillende indicatoren van belang. Naast de fysische en chemische eigenschappen, zegt het aanwezige bodemleven iets over de kwaliteit van de bodem (Breure et al. 2003). De bodem is een zeer dynamisch en complex ecosysteem. Bodemchemische, -fysische en -biologische eigenschappen kunnen daarbij niet los van elkaar worden gezien. Daarnaast spelen ontstaansgeschiedenis en het bodemgebruik en beheer een belangrijke rol bij de samenstelling van het bodemleven. Iedere bodem is wat dat betreft uniek.

Tabel 1 geeft een idee van de aantallen en groepen bodemleven, verdeeld op basis van grootte, die men kan aantreffen onder één voetstap op een gezonde landbouwgrond. De meeste van deze bodemorganismen leven in de micro- en macroporiën van de bodem. Het volume van minerale bodems kan voor wel 50% uit poriën bestaan in kleigrond en neemt af met een toenemende hoeveelheid silt en zand.

Tabel 1. Het bodemleven onder één voetstap op een gezonde landbouwgrond.

Groep	Aantal	Biomassa (g/m ²)
Microfauna/flora		
Bacteriën	10-1000 biljoen	100-700
Schimmels	10 miljard-10 biljoen	100-500
Protozoën	100 miljoen-10 miljard	6-30
Nematoden	100 duizend-10 miljoen	5-50
Mesofauna		
Mijten	2100-41000	0,2-4
Springstaarten	2100-41000	0,2-4
Macrofauna		
Insectenlarven	<50	<4,5
Regenwormen	<50	30-200

Omdat het niet mogelijk is om alles te meten, hebben we keuzes gemaakt. Hierbij hebben we ons gericht op de bodemchemie (organische stof, N, P, K), de bodemstructuur en in het levende deel op regenwormen en nematoden. Regenwormen hebben een directe relatie met vogels (voer voor o.a. kievit) en met de mineralisatie en het beschikbaar maken van nutriënten in de bodem. De aanwezige nematoden spelen op verschillende plekken in het bodemvoedselweb een rol: bepaalde groepen voeden zich met bacteriën, anderen met schimmels. Ook zijn er carnivore nematoden die zich voeden met bodemfauna of met andere nematoden. Een grote groep voedt zich op de wortels of andere delen van planten. Daardoor is de nematodengemeenschap een afspiegeling van het functioneren van het voedselweb en dus een indicator voor de bodemkwaliteit.

Aanvullend hebben we ons gericht op organische gebonden fosfaat, een experimentele methode die wellicht meer uitleg behoeft. Fosfaat is een van de meest in de bodem 'vastzittende' voedingsstoffen. Nederland heeft wat fosfaat betreft een jarenlange geschiedenis van zware overbemesting op veel (zo niet de meeste) landbouwgronden. Een groot gedeelte van die aanwezige fosfaat is anorganisch gebonden, en daarom niet beschikbaar voor planten. Daarbij gaat een gedeelte van de fosfaat jaarlijks steeds 'vaster' zitten en wordt er steeds minder beschikbaar voor planten. Door te kijken naar de organisch gebonden fosfaat, wordt inzichtelijk hoeveel van het aanwezige fosfaat in het bodemecosysteem op een natuurlijke manier beschikbaar is voor plantengroei. Organisch gebonden fosfaat is daarmee een graadmeter voor de intrinsieke productiviteit van de bodem, onafhankelijk van externe inputs.

1.2 Leeswijzer

Na uitleg over het doel en de onderliggende onderzoeksvraag van deze studie (hfst 2) worden de toegepaste meet en analysemethodes toegelicht (hfst 3). Op basis van de deelresultaten (hfst 4) wordt in de conclusie een integraal beeld van de bodemkwaliteit geschetst (hfst 5). Vervolgens doen we aanbevelingen voor vervolgonderzoek om de ontwikkeling van het bodemleven in het Buijtenland van Rhooon de komende jaren te volgen (hfst 6).

2 Vraagstelling en doel van het onderzoek

Dit onderzoek heeft als doel om de nul-situatie van het bodemleven in de het Buitenland van Rhoon vast te leggen. De focus was in eerste instantie alleen gericht op de Zegenpolder, maar omdat er gelijktijdig ook informatie is verzameld in de Molenpolder omdat ook daar natuurmaatregelen zullen worden genomen is die informatie ook in deze rapportage uitgewerkt.

Het onderzoek is opgebouwd uit verschillende onderdelen

- Literatuuronderzoek
- Veldonderzoek
- Laboratoriumanalyses
- Data analyses

Op basis van die stappen willen we de volgende onderzoeksvraag beantwoorden:

Wat is de nul-situatie van het bodemleven in het Buitenland van Rhoon (Zegenpolder en Molenpolder/Portlandpolder) en wat zegt dit over de bodemkwaliteit voor het behalen van de natuurdoelen in het gebied?

3 Materiaal en methode

3.1 Selecteren van bemonsteringslocaties

In de Zegenspolder zijn vijf locaties geselecteerd om de nulsituatie van de bodem in kaart te brengen (Zp1 t/m Zp5). De selectie is gedaan op basis van de ligging in het gebied, de verwachte spreiding in bodemgesteldheid en afstemming met eerder gekozen transecten voor de insectenmonitoring. Tevens is rekening gehouden met natuurmaatregelen die reeds getroffen waren in het gebied. Locatie 1 t/m 3 liggen op akkers met zomergraan, locatie 4 op een vogelakker (in een luzer-nestbrook) en locatie 5 op een flora-akker (beiden aangelegd in het voorjaar van 2017).

Tevens zijn er op basis van dezelfde criteria ook vijf locaties geselecteerd in de Portlandpolder en de Molenpolder (R1, R3, R4, R6, R7) (Figuur 1). Deze locaties zijn nog in landbouwkundig gebruikt, zonder dat er natuurmaatregelen zijn getroffen. De gewassen op de bemonsteringslocaties in de Molenpolder/Portlandpolder waren aardappel (R1), suikerbiet (R3 en R7), tarwestoppel (R4 en R6).

3.2 Veldwerk

3.2.1 Grondmonsters

Op 2 oktober 2017 zijn er grondmonsters van 40 steken genomen tot een diepte van 25 cm. Monsters werden gestoken met een 2 cm brede guts. De grondmonsters zijn vervolgens gemengd, verdeeld en verstuurd naar verschillende laboratoria om metingen te verrichten aan de bodemchemie, nematoden en organisch bodemfosfaat.

3.2.2 Bodemconditiescore

Op de tien locaties is op 15 september 2017 een profielkuil gegraven van minimaal 50 cm diep. De locatie van de kuil is vastgelegd m.b.v. GPS. Op basis van visuele waarneming zijn structuur, bodemleven, beworteling en waterhuishouding beoordeeld. Daarbij is gewerkt met een aangepaste versie van de beoordeling zoals beschreven door Koopmans et al. 2015. Bodemstructuur is beoordeeld voor zowel de bouwvoor (0-25 cm) als de laag daaronder (25-50 cm). Bodemleven en beworteling zijn beoordeeld in de bouwvoor en waterhuishouding is beoordeeld voor de gehele laag (0-50 cm). De beoordeling bestaat uit een rapportcijfer van 0-10.

3.2.3 Bodemcompactie boven- en ondergrond

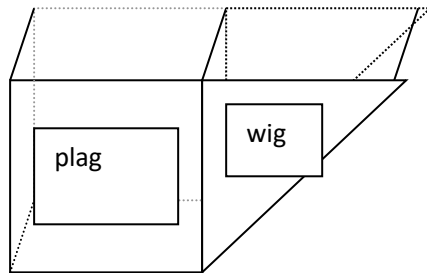
Tijdens de visuele bodembeoordeling is ook de indringingsweerstand van de bodem gemeten m.b.v. een penetrologger. Deze meting geeft zicht op eventueel compacte en storende lagen tot 80 cm diepte. Door op 10 plekken in het perceel te meten ontstaat tevens een beeld van de homogeniteit binnen het perceel en kan de visuele waarneming van de profielkuil beter in de context van het hele perceel geplaatst worden.



Figuur 1. Ligging van de vijf locaties in de Zegenpolder (links van de Schenkeldijk, zwarte rand) en de vijf locaties in de Portlandpolder en Molenpolder (rechts van de Schenkeldijk, witte rand) waar de bodembemonsteringen hebben plaatsgevonden. De locaties in de Zegenpolder komen overeen met een aantal transecten waar insectenbemonsteringen hebben plaatsgevonden (1 = transect 28; 2= transect 15; 3=transect 13; 4= transect 4 in vogelakker; 5 = transect 10 in flora-akker). Locatie 4 in de Molenpolder ligt naast de leidingstraat. Op locatie 6 in de Portlandpolder wordt een flora-akker gerealiseerd.

3.2.4 Regenwormen

Op 18 september 2017 zijn er op de tien locaties drie 'wormenplaggen' per kwadrant uitgestoken. De plaggen hadden een grootte van 20x20x20 cm er werden uitgestoken met behulp van een veldpunaise van 20x20 cm en een spade. De onderkant van de plag werd gestoken door eerst met de spade een wig naast de plag weg te steken (zie tekening). De plaggen werden meegenomen in een gelabelde plastic zak. Op het laboratorium werden de aanwezige regenwormen geteld, gewogen en gedetermineerd tot op soort.



Figuur 2. Tekening van hoe de wormenplaggen worden gestoken.

3.3 Laboratoriumanalyses

3.3.1 Metingen aan de bodemchemie

De bodemchemische metingen zijn uitgevoerd door Eurofins en betreffen het lutumgehalte (kleideeltjes kleiner dan 2 μm), de zuurgraad (pH- KCl) en koolzure kalk, organische stof gehalte (via C-organisch), totale bodemvoorraad stikstof, kali (K-HCl), totaal bodemfosfaat en plantbeschikbaar bodemfosfaat P-Al (ammoniumlactaatextractie).

3.3.2 Organisch bodemfosfaat

Plant beschikbaar fosfaat is er via twee wegen: (1) enerzijds de loszittende fractie van het organisch gebonden bodemfosfaat, (2) anderzijds via mineralisatie van fosfaat uit bodemorganische stof door het bodemleven. Deze tweede weg is in de wetenschap bekend en bewezen (bv. Fox & Comeford, 1992; Oehl *et al.*, 2001; Steffens *et al.*, 2010), echter moeilijk te kwantificeren en wordt in de standaard fosfaatbeschikbaarheidsmetingen niet meegenomen (Steffens *et al.*, 2010). Het Louis Bolk Instituut heeft om deze reden gezocht naar een methode om het organisch gebonden fosfaat in bodems te meten, en zet deze sinds enkele jaren in. Het Chemisch Biologisch Laboratorium Bodem (CBLB, laboratorium van WUR) kan de fractie organisch en anorganisch gebonden fosfaat in een totaal fosfaatmeting vaststellen. Men kan het zien als een graadmeter voor de mate waarin het levende deel van de bodem de fosfaatvoorziening op zich neemt.

Deelsamples zijn verstuurd naar het CBLB. Het gedeelte van het totale fosfaat dat organisch gebonden in de bodem zit wordt hierbij bepaald volgens de methode van Kuo (1996) door een meting van het ortho-fosfaat na destructie van een gedeelte van de bodem met 0.5M H_2SO_4 , waarna het overige deel wordt gegloeid, waarna ook hieraan eenzelfde destructie en meting plaatsvindt. Het verschil van deze twee metingen is het organisch gebonden fosfaat.

3.3.3 Nematoden

Deelsamples (100 gram) van de grondmonsters zijn verstuurd naar LIOS (Harm Keidel) waar ze onderzocht zijn op aantallen en soorten nematoden. De nematoden zijn gescheiden van de grond met de Oostenbrinktrechter (Oostenbrink, 1960). Vervolgens zijn van elk mengmonster in 10 ml suspensie alle nematoden geteld en gedetermineerd volgens Bongers (1988), aangevuld met nieuwe inzichten uit vakliteratuur. De aangetroffen aantallen en soorten nematoden in de bodemmonsters zijn gebruikt voor het berekenen van verschillende bodemkwaliteitswaardes:

- Totale aantallen nematoden per 100 g grond
- Verdeling over de trofische groepen (Yeates et al. 1993)
 - De aangetroffen nematodensoorten zijn ingedeeld op ecologische groep op basis van de voedselbronnen waar de soorten van leven (gildes). Daarmee is het percentage bacterie-, plant-, prooi- en schimmeleeters bepaald.
 - Ook zijn aantallen dauerlarven vastgesteld. Dauerlarven zijn nematoden die als diaspore aanwezig zijn en in een rusttoestand in de bodem moeilijke omstandigheden kunnen overleven. Dauerlarven behoren tot de orde van de Rhabditidae. Omdat deze lastig te determineren is, zijn ze niet ingedeeld op CP klasse of trofische groep.
 - Aantallen roofaaltjes in de familie van de Dorylaimida en de Mononchida zijn uitgelicht, omdat deze een mogelijke indicator zijn voor bodemkwaliteit (Keidel en Zanen, 2012).
- Colonisator Persistor klasse 1-5
 - Nematodensoorten in een CP klasse reageren vergelijkbaar op veranderingen in de bodem. CP1 staat voor nematoden die snel reageren op veranderingen in de bodem en nematoden in klasse CP5 reageren juist traag en zijn daarbij gevoelig voor veranderingen. Een hoog aantal CP5 nematoden duidt dus op een stabiel bodemecosysteem (Ferris en Bongers 2009).
- Maturity Index (Bongers 1990)
 - De Maturity Index voor vrij levende nematoden (MI) is een maat voor bodemverstoring. De MI wordt berekend op basis van de CP klassen op basis van alle aanwezige nematoden. Lagere waarden zijn indicatief voor een meer verstoorde bodem en hogere waarden voor een minder verstoorde bodem. De MI neemt af met meer bacteriële activiteit en vervuiling die stress veroorzaakt in het bodemecosysteem.
 - De MI is berekend op drie verschillende manieren. Het verschil is dat er bepaalde groepen uit zijn gehaald. In de MI(2-5) zijn bacterie-etende aaltjes niet meegenomen in de MI berekening. In de MI (1d-5) is slechts een deel van deze bacterie-etende aaltjes niet meegenomen in de berekening van de MI.
- De Plant Parasitaire Index (Neher et al. 2004)
 - De Plant Parasitaire Index (PPI) is een maat voor de ziekteverendheid van de bodem en wordt berekend met het aandeel plant-etende nematoden ten opzichte van alle nematoden.
 - De verhouding tussen de PPI en de MI(2-5) is een aanvullende maat voor ziekteverendheid. PPI/MI(2-5) geeft aan in hoeverre het aandeel plant parasitaire nematoden in verhouding staat met nematoden uit hogere trofische niveaus, waaronder carnivore nematoden. Hoe kleiner de verhouding PPI/MI(2-5) is, des te minder schade aan gewassen te verwachten is door plant parasitaire nematoden.

3.3.4 Determinatie regenwormen

De dag na monsternamen zijn de wormenplaggen uitgezocht in het laboratorium van het Louis Bolk Instituut. Alle aanwezige wormen werden hierbij uit de plaggen gezocht, overgebracht in een grove zeef en gewassen onder de kraan. Daarna werden ze voorzichtig drooggedept met tissues. Deze methode is geschikt voor het bemonsteren van strooiselbewoners en bodembewonende wormen.

Pendelaars worden met deze methode niet vaak gevangen. Het totaal aantal wormen per plag werd gewogen en in 70% alcohol bewaard in de koeling. Op een later moment zijn deze op soortniveau gedetermineerd, ingedeeld in ecologische niches en in groepen juveniele en adulte wormen. De gevonden aantallen en biomassa per sample (0,04 m²) werden daarbij omgerekend naar aantallen vierkante meter bodemoppervlak.

Het determineren van regenwormen is specialistisch werk. De enige publicatie over Nederlandse regenwormen soorten is die van Van Rhee (1970). Er worden echter steeds vaker soorten aangetroffen die hier niet in vermeld staan. Daarom heeft het Louis Bolk Instituut een eigen determinatietabel gemaakt (zie bijlage 1), die gebruikt wordt voor de determinatie van adulte regenwormen. Hierin zijn ook determinatietabellen verwerkt uit België en Engeland (Edwards en Lofty 1972; Sims en Gerard 1985; Paliwal 2008, Valcks et al. 2009; De Goede en van Vliet 2017; Jonsens en Hidgevi in prep.). De juveniele exemplaren worden alleen door ervaren medewerkers gedetermineerd en anders alleen getypeerd als strooisel- of bodembewoner.

3.4 Data analyse

Alle gegevens verkregen met de veldwaarnemingen, en de verschillende laboratoriumanalyses zijn in eerste instantie los van elkaar bekeken door de onderzoekers. Vervolgens zijn alle resultaten uitgewerkt en naast gegevens uit de literatuur gelegd om de gegevens integraal te interpreteren.

4 Resultaten

4.1 Literatuuronderzoek

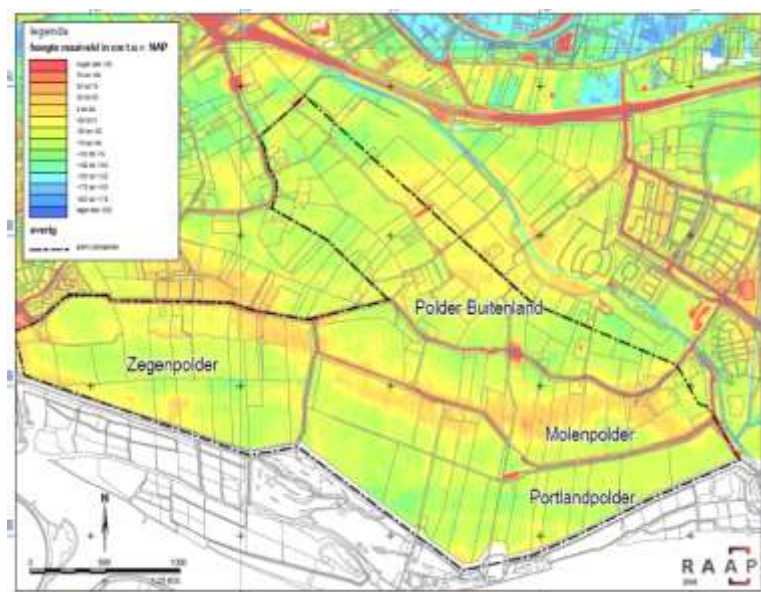
4.1.1 Ontstaansgeschiedenis en historisch kader

De Zegenspolder, Molenpolder en Portlandpolder en het Buitenland van Rhoon liggen in het plangebied van Midden-IJsselmonde. De polders kennen een rijke geschiedenis.

De oudste polder is het Buitenland van Rhoon, gevormd in 1650. Daarna zijn door de aanleg van verschillende dijken de Molenpolder (1660), de Zegenspolder (1676) en de Portlandpolder (1769) ontstaan. De polders bestaan grotendeels uit kalkrijke mariene afzettingen. De gronden variëren van matig zware zavel tot matig zware klei (15%-40% lutum). Over het algemeen is er een patroon terug te vinden in elk van de polders waarbij de gronden lichter zijn naar het zuiden (dichter bij de Maas) en zwaarder worden naar de noordkant. Dit komt omdat de meeste polders aanwasolders zijn die jaarlijks in de winter overstromden en dan door slibafzetting steeds hoger kwamen te liggen.

4.1.2 Bodemtype en maaiveldhoogte

De polders bestaan uit typische poldervaaggronden. Onder vaaggronden verstaat men alle minerale gronden zonder duidelijke ontwikkeling van horizonten. Een vaaggrond heeft geen duidelijke humusrijke bovengrond (minerale eerdlaag, een Ap-of Ah-horizont) maar een geleidelijke overgang naar de diepte toe. Poldervaaggronden zijn ontstaan onder invloed van water, door getijdenafzettingen. Door de polders liep van west naar oost een getijdengeul. Bij hoog tij kwam water de polders binnen via deze geul. Sediment bestaande uit zand en klei werd daarbij achtergelaten. De kleinste kleideeltjes kwamen bij overstromingen verder te liggen van de geul, terwijl de grovere sedimenten achterbleven in de geul. De kleigrond is in de loop der tijd meer ingeklonken dan de iets grovere zandige sedimenten (inversielandschap). De kreekrug ligt 0,5-1,0 m boven het grootste deel van de polder waardoor op de hoogtekkaart van nu nog steeds een iets hoger gelegen stroomrug te zien is (Figuur 3). De huidige maaiveldhoogte in het gebied bedraagt tussen NAP -0,5 m en 0,3 m, met incidenteel lagere waarden (NAP -1,1 m). De hoogste delen bevinden zich in de Molenpolder waar vroeger de getijdengeul heeft gelopen. De dijken binnen het plangebied variëren in hoogte van NAP +1,9 m tot 2,8 m. Alleen de Zegenspoldersedijk en de Zeedijk langs de Oude Maas zijn hoger: NAP +4,7 m tot 5,0 m.



Figuur 3. Hoogteligging van de polders.

4.1.3 Cultuurhistorie

Op historische kaarten (Kadaster, 2018) is te zien dat de laagste delen van het gebied in gebruik waren als grasland. Ten oosten van de Schenkeldijk heeft een griend gelopen en ten westen van de Schenkeldijk een oud wiel (op kaarten van 1850 tot 1937 terug te vinden). Ook waren in het verleden de percelen kleiner met meer ontwateringsloten ertussen. In de grotere polders (Zegenpolder en Molenpolder) stonden twee molens om de polders te ontwateren. Via sloten en een spui werd het overtollige water afgevoerd (Binder, 2016).



Figuur 4. Topografische kaart uit 1893 (Kadaster, 2018).

4.2 Bodemchemie

De resultaten van de bodemchemische metingen in de Zegenpolder en de Molenpolder zijn weergegeven in Tabel 2.

Tabel 2. Resultaten van de bodemchemische analyses op de monsterlocaties in de Zegenpolder en de Molenpolder/Portlandpolder.

Locatie	Lutum (<2µm) %	Zuur-graad pH-KCl	Koolzure kalk %	Organische stof %	N-totaal mg N/kg	NLV kg N/ha	K-HCl mg K ₂ O/100	K-getal -	P-totaal mg P ₂ O ₅ /100 g	P-AI mg P ₂ O ₅ /100 g
Zegenpolder										
ZP1	37	7.4	9.6	3.2	2020	102	16	15	163	51
ZP2	28	7.5	10.9	2.7	1600	87	13	13	136	38
ZP3	28	7.5	10.1	2.9	1590	87	13	13	156	40
ZP4	33	7.4	8.9	2.8	1700	91	14	13	149	42
ZP5	27	7.4	10.1	3.6	1940	99	12	12	160	35
Molenpolder										
R1	26	7.5	8.9	2.7	1610	88	12	12	189	62
R3	16	7.6	8.1	2.4	1370	79	8	9	196	62
R4	19	7.6	8.8	2.4	1380	80	10	11	171	64
R6	27	7.5	10.7	2.9	1590	87	14	14	172	60
R7	28	7.6	11.2	3	1710	91	13	13	196	45

In de Zegenpolder is er op alle locaties sprake van kleigrond (in de meeste gevallen lichte klei, maar op locatie 1 matig zware klei). In de Molenpolder/Portlandpolder is dit niet het geval, locaties R3 en R4 hebben een te laag lutumgehalte voor lichte klei en hier hebben we te maken met zavelgrond.

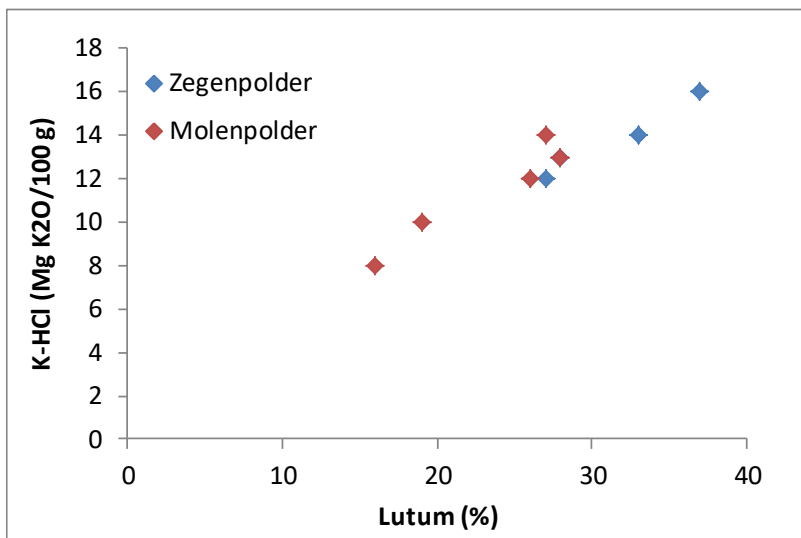
De gronden in beide polders zijn kalkrijk. Dit zien we terug in de zuurgraad van alle bemonsterde bodems die hoog is (vuistmaat: bij pH waarden lager dan 5.8 begint men van verzuurde gronden te spreken). Het blijkt ook uit de gemeten koolzure kalk: deze varieert in Nederland van 0% tot boven de 10%. In de bodems in de polders is deze rond de 10% (8.1 – 11.2% in de metingen) en dat is

hoog. Als het gaat om het ontwikkelen van verschillende natuurdoeltypen is dit van belang: zo is er voor Glanshaverhooilanden kalk in de bodem nodig.

Het organische stof percentage van de bodems in beide polders is in overeenstemming met wat te verwachten valt op zware zavel tot lichte klei. Voor goed bodembeheer wordt vaak een (grove) streefwaarde van 3% organische stof genomen. In onze metingen varieerde het percentage van 2.4 tot 3.6 %. Jonge kleigronden, gronden waarin nog geen bodemvorming heeft plaatsgevonden (bv. na verwijderen van de bovenlaag) of lichte zandgronden zitten vaak lager. Natte, moerige bodems of veengronden hoger. Dit is in de bemonsterde bodems niet het geval.

Het gehalte aan totaal stikstof en het stikstof leverend vermogen (NLV) dat hieruit berekend kan worden is in de bemonsterde bodems niet al te hoog. We zien stikstof leverende vermogens van 80 – 102 kg N per ha per jaar (vuistmaat: NLV < 120 kg N/ha per jaar is laag, 120-150 kg N/ha per jaar is matig hoog, >150 kg N/ha per jaar is hoog en >200 kg N/ha per jaar zien we alleen bij veengronden). Dit betekent dat er geen overmatige mineralisatie van stikstof te verwachten is, en dat bv. inzaai van klavers in graslanden niet problematisch wordt.

Het kali gehalte (gemeten als K-HCl) kan worden gebruikt om daaruit een maat voor plantbeschikbaar kalium, het K-getal, te berekenen. Voor zeekleigronden met minder dan 10% organische stof is dit laag als het lager is dan 13. In de onderzochte polders hangen zowel K-HCl als het K-getal samen met het kleigehalte. Bodems met meer klei waren ook kaliumrijker. Dit is weergegeven in Figuur 5. Omdat de Molenpolder/Portlandpolder daarbij wat lichtere bodems had, zien we dat hier het K-getal varieerde van laag (R1, R3 en R4) tot voldoende (R6 en R7). In de Zegenpolder is er alleen op locatie 5 sprake van een laag K-getal en op de overige locaties is dit voldoende.



Figuur 5. De relatie tussen k-HCl en het lutum (=klei) percentage in de onderzochte bodems.

De gehalten aan totaal en beschikbaar bodemfosfaat in de bemonsterde gronden in beide polders waren hoog (vuistmaat: P-Al voor landbouwadvis is 30 mg P₂O₅/100 g). In de Zegenpolder varieerde de P-Al concentratie van 35 tot 51 en zit daarbij boven de landbouwadviswaarde. In de Molenpolder/Portlandpolder is de P-Al concentratie nog wat hoger, deze varieerde van 45 tot 64 en was gemiddeld bijna twee maal de landbouwadviswaarde. Om een indruk te krijgen wat dit betekent voor bv. de ontwikkeling van diverse graslanden, hebben we met deze waarden uitmijntijden berekend (Tabel 3) in jaren, tot de bovengrens voor kwalitatief mooi kruidenrijk grasland en tot glanshaverhooiland.

Tabel 3. Berekende uitmijntijden (jaren) op grond van P-totaal en P-AI (Eurofins, 2017) voor de monsterlocaties in de beide polders.

Locatie	Uitmijntijden (jaren)	
	Kruidenrijk grasland	Glanshaverhoiland
Zegenpolder		
ZP1	29	38
ZP2	19	29
ZP3	23	34
ZP4	23	33
ZP5	20	33
Molenpolder		
R1	37	46
R3	38	47
R4	34	42
R6	33	41
R7	31	44

4.2 Profielkuilen en bodemconditiescores

De bodemconditiescores laten over het algemeen genomen goede bodems zien (Tabel 4). Op alle locaties is er tenminste 'voldoende' gescoord op de punten structuur, bodemleven, beworteling en waterhuishouding. Van de percelen in de Zegenpolder liet met name de luzerne op de vogelakker (ZP4) liet een mooi bodemprofiel zien met een poreuze ondergrond vanaf 40 cm diepte en beworteling tot meer dan 50 cm diepte. De graanpercelen ZP2 en ZP3 waren opvallend nat. In ZP3 liepen twee profielkuilen al op 10 cm diepte helemaal vol met water! Het perceel had ook opvallend weinig draagkracht. De natheid heeft met name de beoordeling van de ondergrond bemoeilijkt. Ook perceel ZP2 was erg nat, maar het water leek hier iets beter weg te kunnen. De natte ondergrond (vanaf ca. 15 cm) roept vragen op over het peilbeheer in deze polder.

In de Portlandpolder en de Molenpolder kregen perceel R1 en R4 de hoogste score. R1 was een aardappelrug na tarwe. R4 was een tarwestoppel na uien. Er leek ook organische mest toegevoegd. Het bodemleven was hier opvallend goed. Op perceel R7 was de beoordeling het laagst. De bouwvoor was mooi tot 12 cm, maar daaronder al compacter. Ook de structuur van de ondergrond (25-50 cm) was compact en het bodemleven was matig.

Tabel 4. Resultaten van de bodemconditiescores

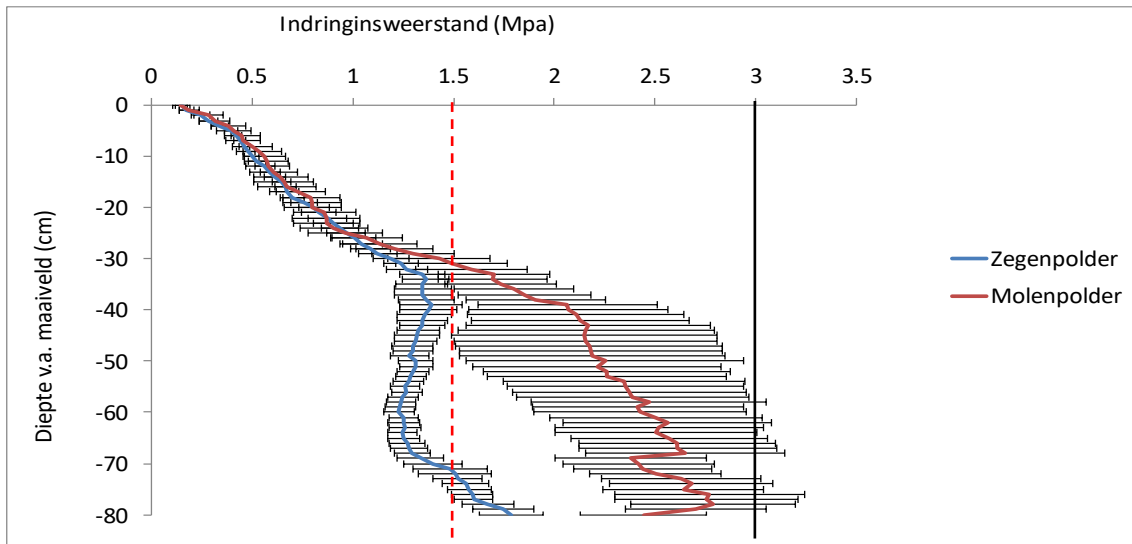
Locatie	Structuur		Bodemleven		Beworteling	Waterhuishouding	Gemiddeld cijfer
	0-25	25-50	0-25	0-25	0-25	0-50	
ZP 1	8	7	8	7	8	8	7.6
ZP 2	8	7	8	7	7	7	7.4
ZP 3	7	6.5	8	7	6	6	6.9
ZP 4	9	8	8	8	8	8	8.2
Zp 5	8	8	8	8	8	7	7.8
R 1	9	8	8	8	8	8	8.2
R 3	8	8	8	7	7	7	7.6
R 4	9	8	9	8	7	7	8.2
R 6	8	7	8	8	8	8	7.8
R 7	7	6	6	7	7	7	6.6



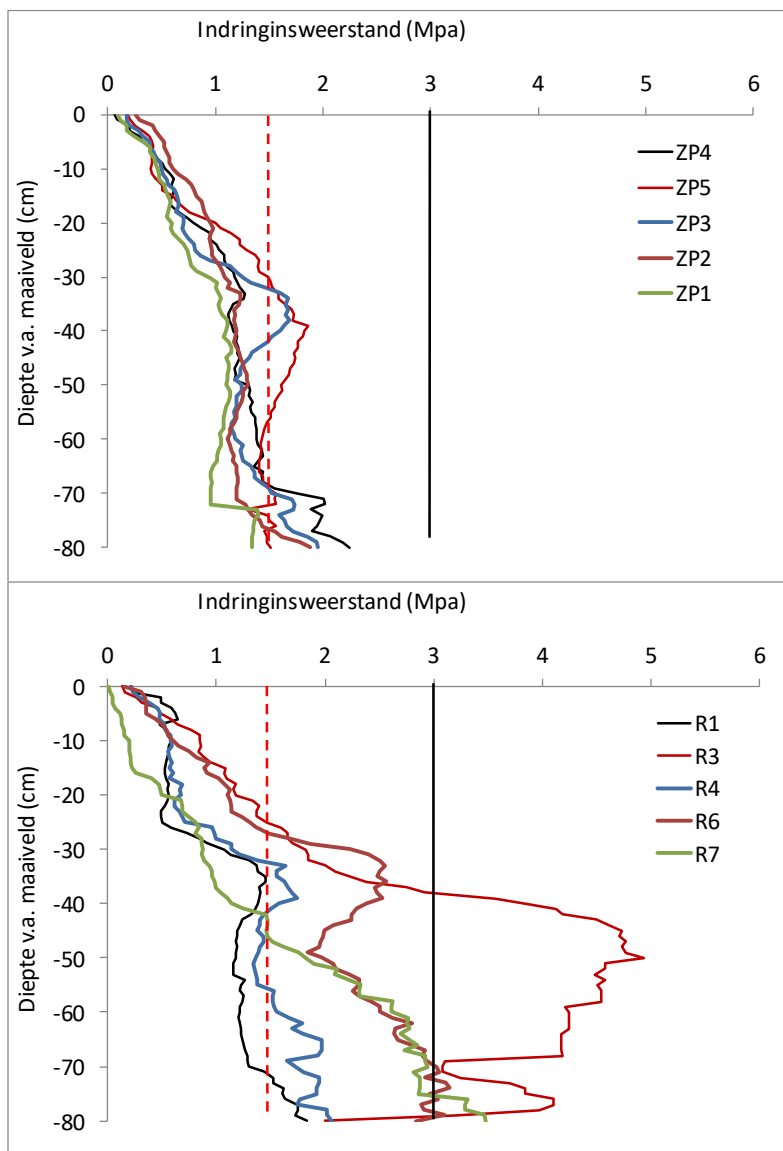
Figuur 6. Foto's van de bouwvoor van de bodemprofielen op locatie ZP4 (links) en locatie R7 (rechts).

4.3 Bodemcompactie

De penetrologger meet de indringingsweerstand van de bodem tot ca. 80 cm diepte. Een hogere weerstand kan duiden op compacte en storende lagen. De weerstand hangt sterk samen met het vochtgehalte van de bodem. Uit de resultaten blijkt dat er op de bemonsterde percelen geen sprake is van verhoogde weerstand in de bouwvoor (0-25 cm). Dit beeld komt overeen met de visuele waarnemingen aan de bodemstructuur (Tabel 4). Onder de bouwvoor is de weerstand op een aantal percelen groter dan 1,5 MPa, de waarde waarbij wortelgroei last kan gaan ondervinden van de compactheid. Boven 3 MPa is wortelgroei bijna niet meer mogelijk (rode stippellijn en zwarte lijn in Figuur 7 en 8). Gemiddeld is de indringingsweerstand onder de bouwvoor hoger in de Molenpolder dan in de Zegenpolder (Figuur 7). In de Zegenpolder is vooral op perceel ZP3 en ZP5 sprake van een enigszins verdichte laag tussen de 30 en 45 cm diepte. Het hoge gemiddelde in de Molenpolder/Portlandpolder wordt vooral veroorzaakt door de percelen R3, R6 en R7 en zit vooral in de diepere ondergrond, onder de 50 cm. Perceel R3 (suikerbieten) laat een opmerkelijke verdichting zien vanaf 35 cm diepte die niet overeenkomt met de visuele beoordeling.



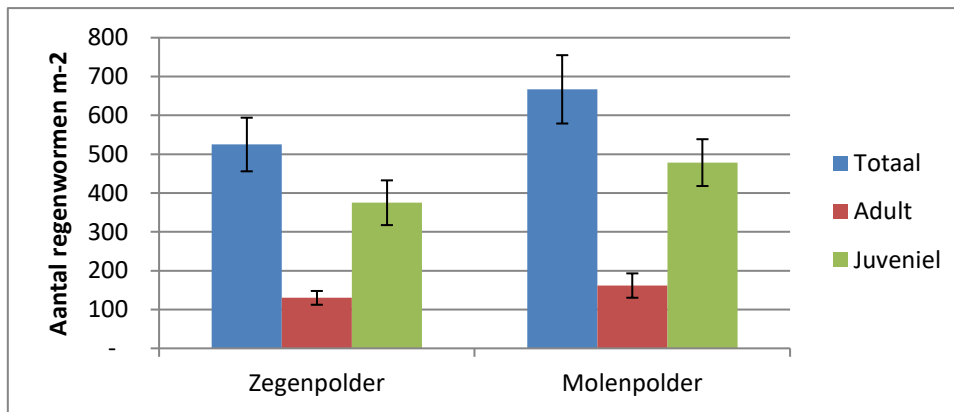
Figuur 7. Indringingsweerstand van de locaties in de Zegenspolder en de Molenpolder, gemiddeld (error bars: standaard error van het gemiddelde).



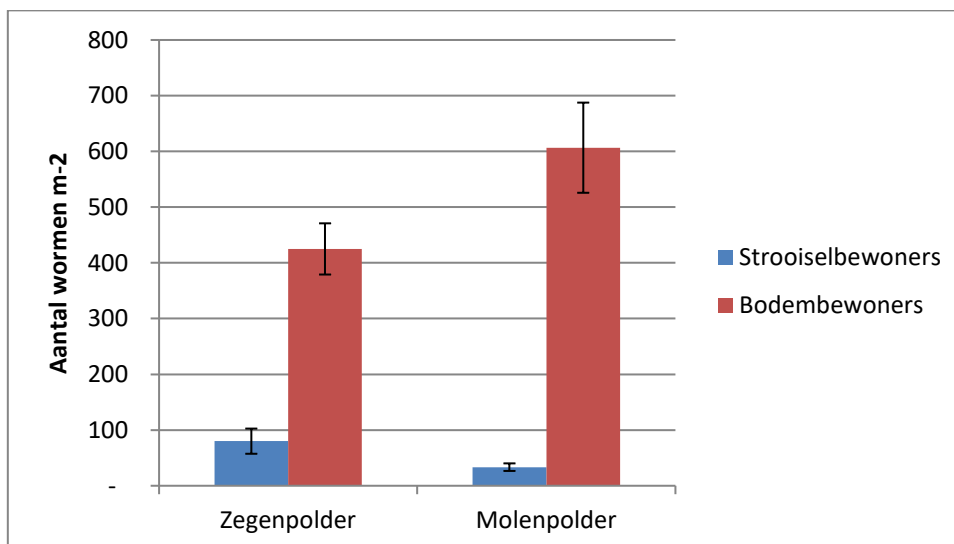
Figuur 8. Indringingsweerstand per locatie voor de Zegenspolder (boven) en de Molenpolder/Portlandpolder (onder). Elke lijn geeft het gemiddelde van tien metingen weer.

4.4 Regenwormen

Het gemiddeld aantal wormen per vierkante meter was rond de 500 en 650 in de Zegenpolder en de Molenpolder/Portlandpolder, respectievelijk (Figuur 9). Dit is zeer hoog voor akkerbouw op klei, waarvan het landelijk gemiddelde rond de 200 ligt (Rutgers et al. 2007). Het grootste deel van de wormen bevindt zich in het juveniele stadium en veruit het grootste aantal behoort tot de bodembewonende regenwormen (Figuur 10). Het is vrij normaal voor bouwland dat het grootste deel van de wormen juvenielen zijn, omdat door bodembewerkingen de regenwormen vaak niet het adulte stadium bereiken. Ook is het normaal voor bouwland dat er weinig strooiselbewoners aanwezig zijn, door het ontbreken van een strooisellaag. De enige strooiselbewoners aangetroffen in de plagen uit de Zegenpolder zijn *L. rubellus*, en *L. castaneus* (Savigny). Op twee locaties in de Molenpolder werd nog een derde strooiselbewoner aangetroffen (*Eiseniella tetraedra*, Savigny). Het grootste aantal strooiselbewoners werd aangetroffen op de flora-akker (ZP5), die het voorgaande seizoen (2016) nog in gebruik was als graslandperceel en op locatie R4. Er zijn geen pendelaars gevonden in de bodemplaggen, maar daartoe was de bemonsteringsmethode ook niet geschikt.



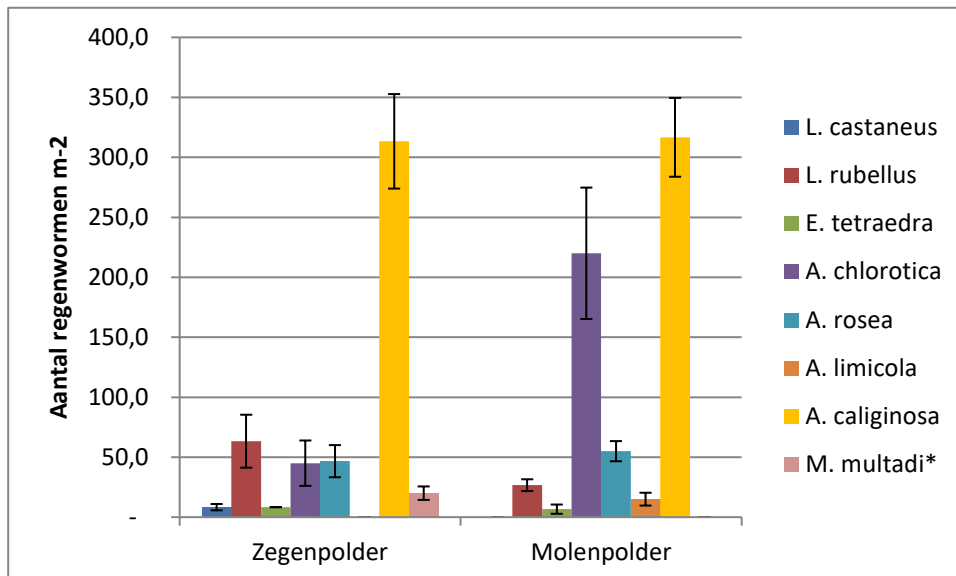
Figuur 9. Gemiddeld aantal regenwormen per vierkante meter opgesplitst in het adulte en het juveniele stadium.



Figuur 10. Aantal regenwormen per ecologische niche in de Zegenpolder en Molenpolder/Portlandpolder.

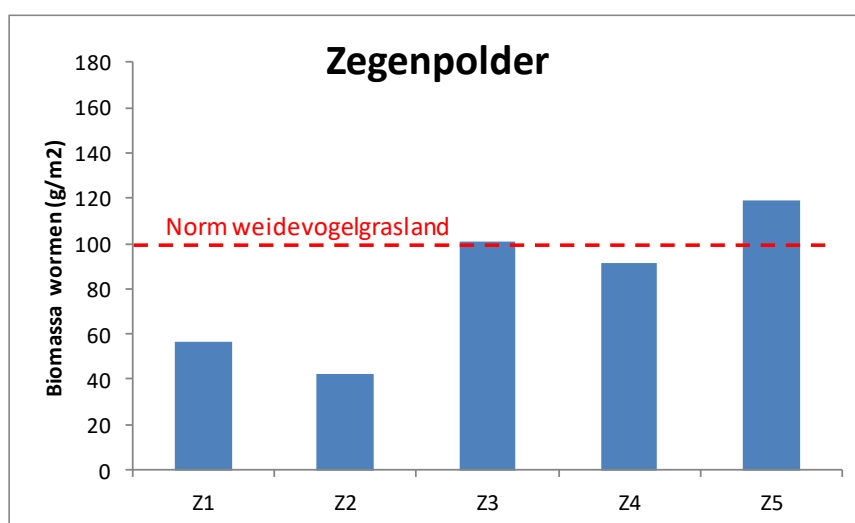
In totaal zijn er zeven soorten adulte wormen gevonden in de bodemplaggen en acht soorten juveniele wormen (Figuur 11). Dit aantal is ook hoger dan het landelijk gemiddelde voor akkerbouw op

klei (4.2 taxa). De adulte soorten met de hoogste abundantie aangetroffen zijn *Aporrectodea caliginosa* (Savigny 1826), *A. chlorotica* (Savigny 1826) en *A. rosea* (Savigny 1826) (Figuur 11). In het juveniele stadium waren dat vooral *A. caliginosa*, *Lumbricus rubellus* (Hoffmeister 1843) and *A. chlorotica* (Figuur 4). Eén worm (*Murchieona multadi*) wordt volgens de literatuur niet als Nederlandse soort gezien, maar wordt sinds enkele jaren wel regelmatig aangetroffen.

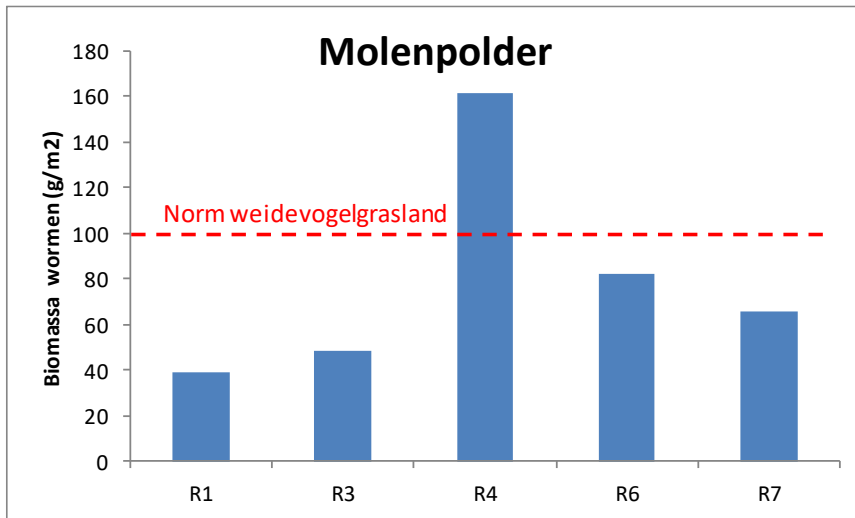


Figuur 11. Gemiddeld aantal wormen (adult + juveniel) per vierkante meter op soortniveau gedetermineerd. *Niet eerder erkend als in Nederland voorkomend

In Figuur 12 en 13 is de wormen biomassa (g/m²) voor de monsterlocaties in de Zegenpolder en in de Molenpolder aangegeven. In deze figuren is ook een grove norm voor weidevogelgrasland weer gegeven (rode stippellijn) om de hoeveelheden functioneel te kunnen duiden. We zien dat in de Zegenpolder de wormenhoeveelheid op de locaties ZP3 t/m ZP5 rondom de norm voor weidevogelgrasland zit, terwijl de hoeveelheid wormen om locaties ZP1 en ZP2 lager is. De oorzaak van de lage aantallen is onduidelijk. In de Molenpolder zien we dat met name locatie R4 er positief uitspringt met een hoge totale wormenbiomassa, ook tijdens de visuele bodembeoordeling was het bodemleven hier al opvallend goed. In zijn algemeenheid is het gewicht per regenworm ca 30% hoger in de Zegenpolder dan in de Molenpolder/Portlandpolder.



Figuur 12. Wormenbiomassa (g/m²) voor de monsterlocaties in de Zegenpolder.

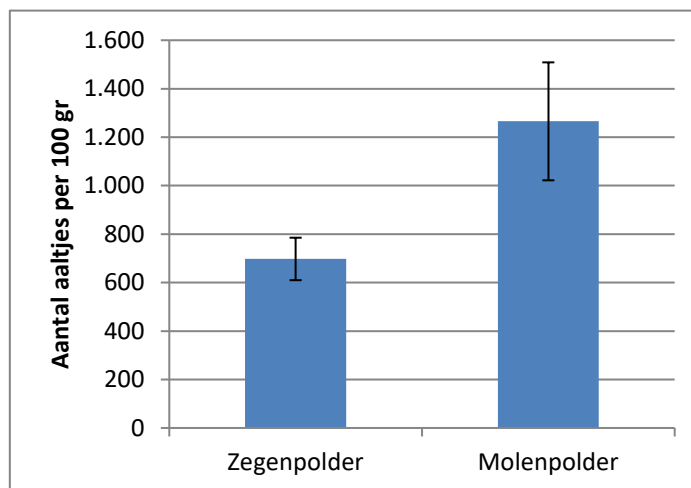


Figuur 13. Wormenbiomassa voor de monsterlocaties in de Molenpolder/Portlandpolder.

4.5 Nematoden

4.5.1 Aantallen nematoden

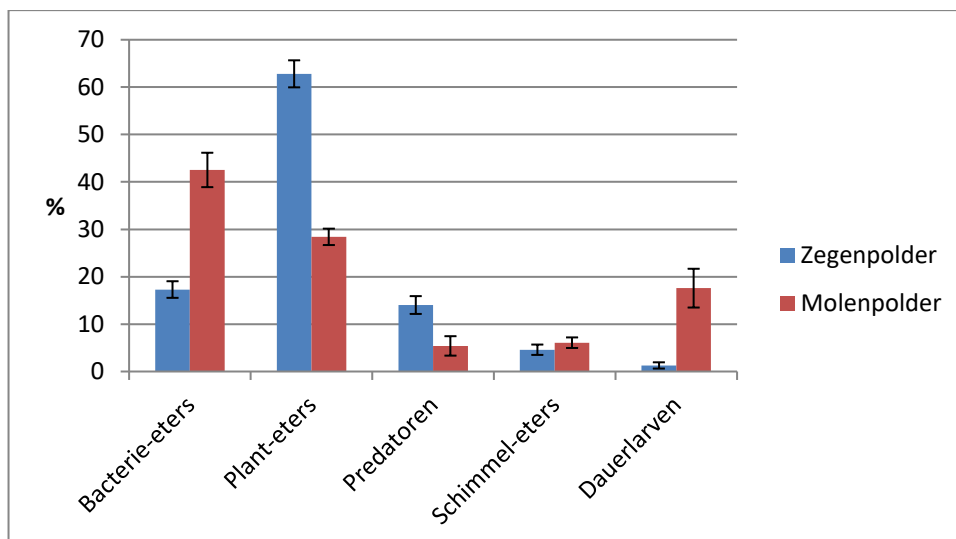
De aantallen nematoden per honderd gram grond in de Zegenpolder zijn lager dan in de Molenpolder/Portlandpolder. De variatie was in de Zegenpolder ook kleiner. In de Zegenpolder vonden we aantallen van 256 tot 997 nematoden per honderd gram grond, terwijl dit in de Molenpolder tussen de 553 en de 2036 lag (Figuur 14). Opvallend was het grote aantal nematoden op locatie R4.



Figuur 14. Gemiddeld aantal aaltjes per 100 gram grond.

4.5.2 Verdeling over trofische groepen

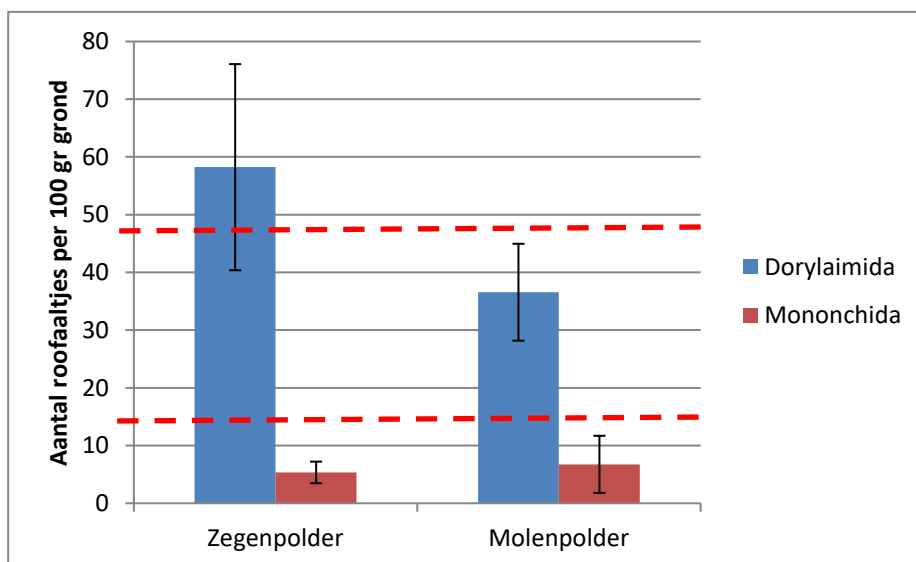
Er is een duidelijk verschil te zien in de aanwezige trofische groepen van nematoden in de Zegenpolder en Molenpolder/Portlandpolder (Figuur 15). In de Zegenpolder is het aandeel plant-etters meer dan twee keer zo hoog als in de Molenpolder/Portlandpolder. Ook is er een hoger aandeel carnivore nematoden in de Zegenpolder. Voor de bacterie-etters en de dauerlarven is het omgekeerde het geval.



Figuur 15. Gemiddelde percentage bacterie-, plant-, carnivore- en schimmeleeters en dauerlarven in de grondmonsters van de Zegenspolder en de Molenpolder/Portlandpolder.

4.5.3 Roofaaltjes

De aantallen carnivore nematoden ('roofaaltjes) in de groep van de Dorylaimida is in de Zegenspolder iets boven het Nederlandse gemiddelde voor akkerbouwgrond op klei, 58 per 100 gr grond. De aantallen in de Molenpolder/Portlandpolder zijn iets aan de lage kant, gemiddeld waren dit er 37 per 100 gram grond. De stippellijnen geven de gemiddelden aan voor Nederland op klei (Keidel en Zanen, 2013). Voor beide polders is het aantal carnivoren uit de groep van de Mononchida iets lager dan het landelijk gemiddelde op kleigrond (Figuur 16).

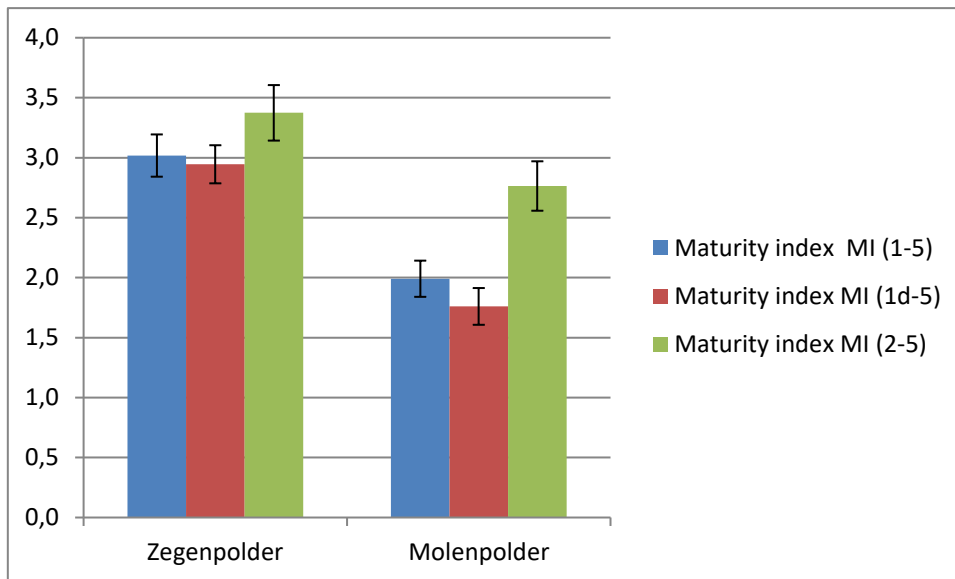


Figuur 16. Aantal roofaaltjes uit de families Dorylaimida en Mononchida in 100 gram grond in de Zegenspolder en de Molenpolder/Portlandpolder.

4.5.4 Maturity Index

De MI (1-5) op de percelen in de Zegenspolder ligt tussen de 2,4 en 3,5. Het gemiddelde is aan de hoge kant voor Nederlandse akkerbouwbodems (gemiddeld tussen de 2 en de 3). De MI (1-5) in de Zegenspolder ligt significant lager tussen de 1,7 en de 2,5. De drie berekeningsmethode van de MI

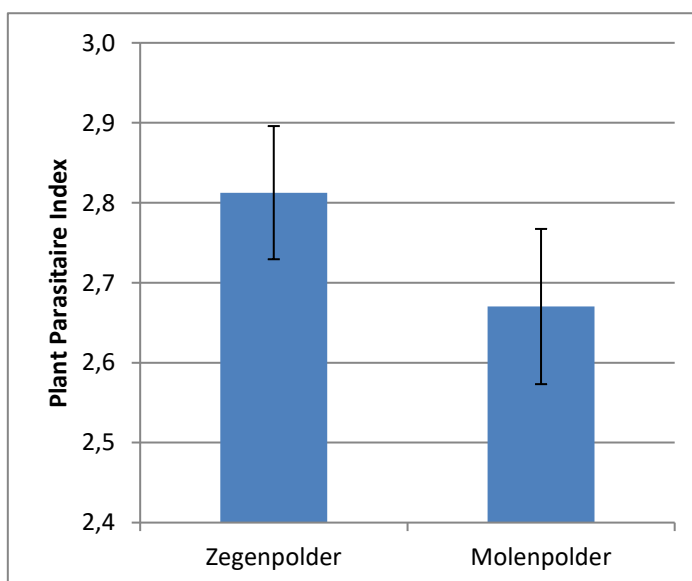
laten een vergelijkbaar beeld zien (Figuur 17), al komt de gemiddelde MI van de Molenpolder relatief iets hoger uit wanneer de groep van bacterie-etende nematoden niet worden meegenomen in de berekening (MI 2-5).



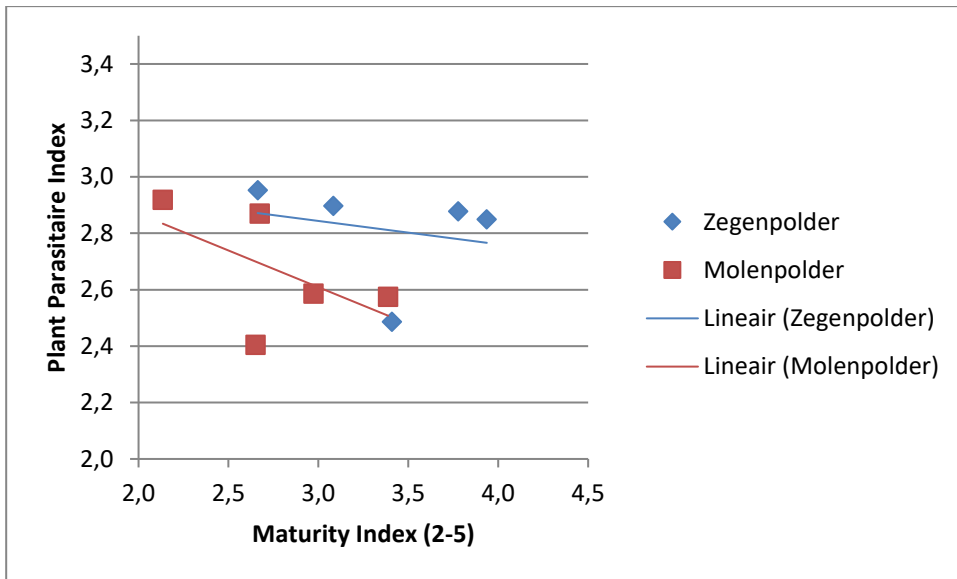
Figuur 17. De gemiddelde waarde van de Maturity Index in de Zegenpolder en de Molenpolder/Portlandpolder.

4.5.5 Plant Parasitaire Index

De PPI in de Zegenpolder ligt tussen de 2,5 en de 3,0 en die in de Molenpolder/Portlandpolder ligt tussen de 2,4 en 2,9 (Figuur 18). Dit heeft te maken met het aandeel plant parasitaire nematoden dat in de Zegenpolder groter is dan in de Molenpolder. Echter, de verhouding PPI/MI (2-5) is in de Zegenpolder gemiddeld 0,85 terwijl deze in de Molenpolder/Portlandpolder gemiddeld precies 1,0 is. Dit geeft aan dat er in de Zegenpolder een betere balans aanwezig is tussen de aanwezige plant parasitaire nematoden en nematoden uit hogere trofische niveaus (Figuur 19). Dit geeft aan dat de bodems in de Zegenpolder minder ziektegevoelig zijn (hogere Maturity Index en lagere Plant Parasitaire Index/Maturity Index).



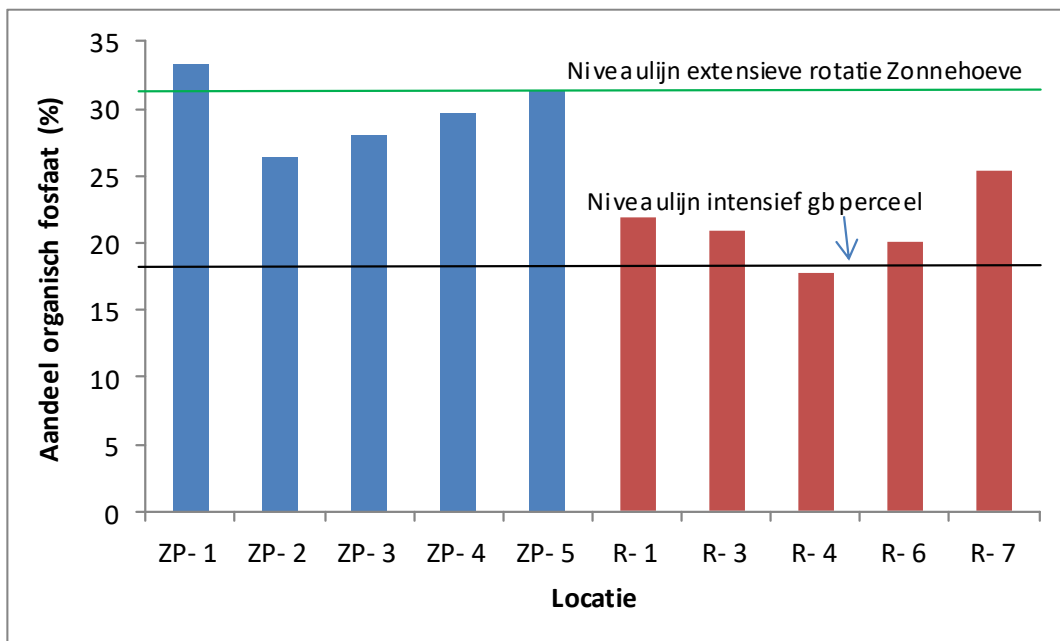
Figuur 18. Gemiddelde waarden van de Plant Parasitaire Index voor de Zegenpolder en de Molenpolder/Portlandpolder.



Figuur 19. Verhouding tussen PPI en MI(2-5) voor de Zegenpolder en de Molenpolder/Portlandpolder.

4.6 Organisch gebonden fosfaat

Figuur 20 toont het aandeel organisch gebonden fosfaat voor de onderzochte locaties in de Zegenpolder en de Molenpolder/Portlandpolder. Als vuistmaat zien we twee niveaulijnen, een groene met het gehalte aan organisch fosfaat in de extensieve rotatie van boerderij de Zonnehoeve (Zeevolde), waar dit vrij hoog is voor Nederlandse akkerbouw op klei, en een zwarte voor een gangbaar perceel in dezelfde regio, waar dit rond of net onder de 20% zit en de laatste 30 jaar steeds meer daalde. We zien dat de locaties in de Zegenpolder relatief hoog tot zeer hoog zitten in hun fractie organisch gebonden bodemfosfaat, en dat de locaties in de Molenpolder lager zitten. Dit is niet het gevolg van het huidige beheer, maar van het beheer in de afgelopen decennia. De resultaten duiden op een intensiever beheer van de Molenpolder/Portlandpolder (b.v. meer hakvruchten in het bouwplan) dan de Zegenpolder.



Figuur 20. Het aandeel organisch gebonden fosfaat op de meetlocaties in het gebied.

5 Conclusies

De resultaten van alle metingen laten een redelijk eenduidig beeld zien (Tabel 5). De kwaliteit van de bovengrond (0-50 cm) van de zware zavel tot lichte klei bodem in het Buitenland van Rhooon is redelijk goed te noemen. Dit heeft te maken met het type uitgangsmateriaal waar de polders uit opgebouwd zijn (kalkrijke mariene afzettingen).

Met name de percelen in de Zegenspolder, maar ook de percelen in de Molenpolder/Portlandpolder laten een redelijk tot goede bodemkwaliteit zien in de bovengrond. De percelen hebben voor een bodem die decennialang als akker in gebruik is, een hoog organisch stof gehalte, zijn kalkrijk en hebben een hoge pH, met grote aantallen regenwormen en een hoge biomassa aan regenwormen in de bovengrond. De visuele bodembeoordelingen ondersteunen deze metingen waarin het aanwezige bodemleven, worteling en waterhuishouding redelijk tot zeer goed werden beoordeeld. Daarbij moet opgemerkt worden dat een aantal percelen, met name in de Zegenspolder, zeer nat was. Peilbeheer/ontwatering lijkt hier een aandachtspunt.

Op basis van onze meetgegevens lijkt de bodemkwaliteit in de Molenpolder/Portlandpolder iets minder goed te zijn als in de Zegenspolder. Dit heeft te maken met minder beschikbare kalium (gerelateerd aan lager lutum gehalte), meer compactie in de ondergrond, een iets lagere biomassa aan regenwormen, minder roofoaltjes en minder balans in de aaltjespopulaties in de verschillende trofische niveaus (lagere MI en PPI). We vermoeden dat de boer die tot voor kort in de Zegenspolder werkte iets extensiever te werk ging, al is ook daar op sommige locaties sprake van een lichte ploegzool (verdichting in de ondergrond). Daarbij moet opgemerkt worden dat alle metingen zeer lokaal kunnen verschillen, dus dat het ook net aan de locatieselectie kan liggen.

We voorzien mogelijke problemen voor natuurontwikkeling bij de hoge fosfaatgehalten in het gebied. In alle grondmonsters vonden we zeer hoge fosfaatgehalten (P-Al). In de Zegenspolder ca 1,5 maal de landbouwadvieswaarde en in de Molenpolder/Portlandpolder was dit zelfs twee maal zo hoog. In de Zegenspolder was van de P-Al wel een hoog percentage organisch gebonden fosfaat en dus plant beschikbaar. In de Molenpolder/Portlandpolder was dit percentage lager. Voor de inzet van vlinderbloemigen voor het mobiliseren van vastzittend fosfaat in de bodem is een lange adem nodig. De uitmijntijden die we berekenden beslaan meerdere decennia. Echter, uit ervaringen van eerdere natuurontwikkeling op dit type gronden blijken hoge P waarden niet altijd belemmerend te zijn voor het behalen van floristische doelen (pers. med. Peter Verbeek).

Een tweede aandachtspunt is het lage percentage aan adulte regenwormen in het gebied. De aantallen regenwormen laten zien dat er wel een groot potentieel ligt om de populaties op redelijk korte termijn nog verder te laten toenemen. Het treffen van permanente natuurmaatregelen in het gebied (zoals hooilandranden, natuurvriendelijke oevers en permanente akkerranden) zal ten goede komen aan de populaties regenwormen. Door meer oppervlakte in het gebied niet te ploegen, zullen meer individuen het adulte stadium bereiken en voor meer jongen zorgen. Ook zullen naar verwachting de aantallen strooiselbewoners toenemen. Dit zal ten goede komen aan vogelsoorten in het gebied die regenwormen als belangrijke voedselbron hebben (o.a. Kievit). Het zal daarom interessant zijn om de komende jaren de regenwormen populaties te volgen om te kijken in hoeverre onze verwachtingen uitkomen en op welke termijn.

Een derde aandachtspunt is de compactie van de ondergrond op een aantal locaties. Deze was behoorlijk, zelfs al op een diepte van 30 cm.

Tabel 5. Kwalitatieve beoordeling van de verschillende bodemkwaliteitsindicatoren voor het ontwikkelen van hoogwaardige akkernatuur.

	Zegenpolder				Molenpolder/Portlandpolder					
	ZP1	ZP2	ZP3	ZP4	ZP5	R1	R3	R4	R6	R7
Fysisch-chemisch										
Zuurgraad	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++
Kalk gehalte	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++
Organische stof gehalte	++	+	++	++	++	+	+	+	++	++
Lutumgehalte	+	+	+	+	+/-	+/-	+/-	+/-	+	+
Stikstof NLV	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Kali K-getal	+	+	+	+	-	-	-	-	+	+
Structuur										
Visueel bovengrond	+	+	+/-	++	+	++	+	++	+	+/-
Compactie ondergrond	-	+	-	+	+	+	--	+	-	-
Regenwormen										
Aantal wormen	+	+	++	++	++	+	++	++	++	++
Adulte wormen	-	--	--	-	-	--	-	-	+/-	-
Biomassa wormen	-	-	+	+/-	++	--	--	++	+/-	-
Nematoden										
Roofaaltjes	+	-	++	+	+/-	+	--	--	+	+
Maturity Index	+	++	++	++	+/-	--	+	--	+	+
Plant Parasitaire Index	++	++	++	+	++	++	++	++	--	--
Fosfaat										
P-AI	-	-	-	-	-	--	--	--	--	--
% organisch gebonden	++	+	+	+	+	-	-	--	-	+/-

6 Aanbevelingen voor vervolgonderzoek

Om de ontwikkeling van het bodemleven in het Buitenland van Rhooon de komende te blijven volgen stellen wij voor om de metingen die in deze nulmeting hebben plaatsgevonden elke drie jaar te herhalen.

Daarnaast stellen wij voor om in 2018 de nulmeting uit te breiden naar meer percelen en daarbij de agrarische ondernemers te betrekken. Wij stellen voor om van elke agrarische ondernemer in het gebied ten minste twee percelen te bemonsteren volgens de huidige methodiek. Aangezien de lokale verschillen in bodemleven tussen de percelen en de polders aanzienlijk waren, kan dit interessante informatie opleveren. Door dit te doen verkrijgen we ook inzicht in de uitgangssituatie van de polder boven de Essendijk (de oudste polder 'Buitenland van Rhooon'), waar we nu nog geen metingen hebben verricht. Tevens kunnen we daarmee in vervolgmetingen zien wat verschillende beheersmaatregelen (niet kerende grondbewerking, meer maaivruchten, etc.) en natuurmaatregelen (permanente structuren, natuurvriendelijke oevers en akkerranden) die de ondernemers gaan treffen, op termijn voor effect hebben op het bodemleven.

Literatuur

- Binder, T (2016). Erfgoed van Rhoon.
- Bongers, T. (1988). De nematoden van Nederland. Stichting Uitgeverij Koninklijke Nederlandse Natuurhistorische Vereniging. Uitgeverij Pirola, Schoorl.
- Breure A.M., M. Rutgers, J. Bloem, Brussaard L, W. Didden, G. Jagers op Akkerhuis, Ch. Mulder, A.J. Schouten en H.J. van Wijnen (2003). Ecologische kwaliteit van de bodem. RIVM rapport 607604005.
- De Goede R., van Vliet P., Salanki T. (2007) Macrofauna- Regenwormen: sleutel tot de algemene soorten van Nederlandse regenwormen. Niet gepubliceerd
- Edwards, C. A., J. R. Lofty (1972). Biology of earthworms. Chapman and Hall Ltd., London.
- Ferris, Bongers (2009) Indices for Analysis of Nematode Assemblages. CAB International 2009. Nematodes as Environmental Indicators (eds M.J. Wilson and T. Kakouli-Duatre).
- Fox, T.R. & N.B.V. Comeford (1992) Rhizosphere phosphatase activity and phosphatase hydrolysable organic phosphorus in two forested spodosols. *Soil Biology and Biochemistry* 24: 579-583.
- s' Jacobs, J.J. en J. van Bezooijen (1986). A manual for practical Work in Nematology. Practicum-handleiding vakgroep Nematologie. Landbouwniversiteit Wageningen.
- Josens G., Hidvegi F., (in prep) Clé des lombriciens adultes de Belgique.
- Kadaster (2018). www.topotijdreis.nl , gevonden op 22-02-018.
- Keidel, H. en Zanen M. (2013) De ontwikkeling van een indicator voor het bodemleven en de bodemkwaliteit van akkergronden op basis van overige aaltjes. BLGG AgroXpertus & Louis Bolk Instituut.
- Koopmans C, Zanen M. en C. ter Berg (2015) Bodemscan zand en dalgronden. Louis Bolk Instituut, Driebergen.
- Kuo S. (1996). Phosphorus. In: Sparks DL, editor. *Methods of soil analysis: Chemical methods*. Madison: Soil Science Society of America; 1996. Part 3. p.869-920.
- Neher, Bongers en Ferris (2004). Computation of Nematode community indices. Society of Nematologists Workshop, Colorado.
- Oehl, F., A. Oberson, S. Sinaj, & E. Frossard (2001) Organic phosphorus mineralization studies using isotopic dilution techniques. *Soil Science Society of America Journal* 65: 780-787.
- Paliwal R., (2008). Earthworms of Hemis national park, Jammu & Kashmir, India. *Rec zool. Surv. India*: 108 (part -3): 77-80.
- Rhee, J.A. van (1970) De regenwormen (Lumbricidae) van Nederland. KNNV Wetenschappelijke Mededelingen nr. 84.
- Rutgers M, Mulder C, Schouten AJ, Bloem J, Bogte JJ, Breure AM, Brussaard L, de Goede RGM, Faber JH, Jagers op Akkerhuis GAJM, Keidel H, Korthals GW, Smeding FW, ten Berg C, van Eekeren N (2007). Typering van bodemecosystemen in Nederland met tien referenties voor biologische bodemkwaliteit. RIVM Rapport 607604008.
- Sims, R.W., Gerard B.M., (1985). *Earthworms. Synopsis of the British Fauna (New Series)* 31: 171 pp. Linnean Society London.
- Steffens, D., T. Leppin, N. Luschin-Ebengreuth, Z. Min Yang, and S. Schubert (2010) Organic soil phosphorus considerable contributes to plant nutrition but is neglected by routine soil/testing methods. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 173: 765-771.

- Valcks J., Govers G., Hermy M., Muys B., (2009) Dieper graven naar het belang van Regenwormen in duurzaam akkerbeheer -een toolkit voor ecologische erosiecontrole. Departement Aard- en omgevingswetenschappen, K.U. Leuven, 34p.
- Verbeek P. (2017) Flora inventarisatie Buitenland van Rhooon. Vastleggen nulsituatie en inventarisatie potenties 2017. Natuurbalans-Limes Divergens BV, Nijmegen.
- Yeates, G. W., T. Bongers, R.M.G. de Goede, D.W. Freckman en S.S. Georgieva (1993). Feeding Habits in Soil nematode Families and Genera. An Outline for Soil Ecologists. *Journal of Nematology* 25: 315-331.
- Zeegers T. en J. Noordijk (2018). Insecten in het Buitenland van Rhooon 2017: patronen in soorten en biomassa in de Zegenpolder. EIS Kenniscentrum Insecten, Leiden.

Bijlage 1: Determinatietabel regenwormen

naam	BRON					prostobium	pigment	satea	dp	male pore	clitellum	tp	lengte	segm	diameter		
	Gerard, 1985.	Valdks J. Covers G., Vliet P., Szeleni T., Gerard and Sims	Rhee, J.A. van, 1970.	HIDVEGI													
Lumbricus terrestris						ep-an	tan	ja	DG	(7/8) 8/9	(14)-15-(16)	31,32-37	33-36	90-350	140-155	6-10	
Lumbricus rubellus						ep	tan	ja	DG	(6/7) 7/8 (8/9)	geen	26,27-32	28-31	60-130	101-119	3-4	
Lumbricus castaneus						ep	tan	ja	DG	6/7	geen	28-33	29-32	30-45	85-90	2-4	
Lumbricus festivus						ep	tan	ja	DG	5/6 (6/7)	14-16	34-40	35-38	50-110	100-120	3,5-6	
Lumbricus eiseni						ep	tan	ja	DG	5/6	15	24-32,(33)	geen	30-65	70-115	2-5	
Lumbricus improvisus						ep						26-31	27-31	50-70			
Lumbricus friendi						ep	tan	ja	DG	6/7	15	(33)34-37	34-36	45-120	70-130	4-8	
Eisenia fetida						ep	epi	ja	DG	(3/4) 4/5	15	(24)25,26-32,33, 34	28-30,(31) (32)	30-130	80-120	3-6	
Eisenia andrei						ep	epi	ja	DG		15	(25)26-32(33)	(27)28-30(31)	60-120			niet te onderscheiden van fetida behalve kleur, andrei meer intens gepigmenteerd, geen lichte strepen
Eisenia hortensis						ep	epi/tany	ja	WG	5/6	15 groot	(26) 27-33	30-31	20-50	42-130	1,5-5	
Eisenia veneta							pro/epi/tar	ja	WG	5/6	15	(26)27-32 (33)	30-31(32)	50-155	86-255	4-8	
Eiseniella tetraedra						ep	epi	groenroo	DG	4/5	13	(22)23-26(27)	(23)1/2 23-25(26)	20-65	70-90	1,5-4	
Dendrodrilus rubidus rubidus						ep	epi	ja	WG tot U	5/6	15	26,27-31,32	29-30	20-100	50-120	2-5	
D. rubidus subrubicundus						ep	epi	ja	WG tot U	5/6	15	25,26-31,32	28-30	27-90	60-110		
D. rubidus tenuis						ep	epi	ja	WG	5/6	15	25,26,27-30,31,32,33	vezig of 28,29, 1/2 29-30,	20-85	90-120		
Dendrobaena attemsi						ep	epi	dorsaal	U	(4/5/6/7)(7/8	15	(28) 29-34	30-32	26-70	125-145	1-3	
Dendrobaena octaedra						ep	epi	ja	U	(4/5) 5/6	15	(27) 28,29-33,34	31-33 (34)	17-70	70-105	2-5	
Dendrobaena pygmea						ep	epi	beetje	WG	(*4/5) 5/6 (6/7)	(14)15(16)	33-37	geen	20-40	90-110	0,5-1,2	
Satchellius mammalis							epi	ja	U	(4/5) 5/6 (6/7)	14-16	31-36	33-34	24-41	83-100	1,5-3	
Aporrectodea longa						an	epi	nee	DG	9/10) 12/13 (14/15)	14-16	(27) 28-35 (36)	(31)32-34	90-170	170-190	4-9	
A. caliginosa f. typica						en	epi	nee	DG		14-16	26,27,28-34,35	31-33	40-130	100-250		
A. caliginosa f. trapezoides						en	epi	nee	DG		14-16	26,27,28-34,35	31-33	80-140	100-250		male sterile
A caliginosa f nocturna						en	epi	ja	DG		14-16	(27)28-34(35)	31-33	90-180	200-246		
A. caliginosa f. tuberculata						en	epi	nee	DG		14-16	(27)28-34	1/2 30 31-33 1/2 34	90-150	152-194		30 32 34
A. caliginosa ss						en	epi	nee	DG		14-16	(27)28-34	31-33	60-85	120-150		
Aporrectodea caliginosa						en	epi	nee	DG	7) 9/10-12/13 (14/1	14-16	(27) 28-34 (35)	31-33	40-180	120-246	3,5-7	30 32 33
Aporrectodea limicola						en	epi	nee	DG	4/5 (5/6)	14-16	(28)29-35(36)	33-34	40-100	86-146	3-4	
Aporrectodea rosea						en	epi	nee	DG	4/5 (5/6)	15	(25)26-32 (33)	29-30,31	25-85	120-140	2-6	
Aporrectodea icterica						en	epi	nee	DG	4/5 (5/6)	14-16	(32,33,34)35-1/2 43(1/2 43-44)	35,36,37)38-41(42,43,44)	50-140	150-170	3-6	
Allolobophora chlorotica						en	epi	nee	DG	4/5	14-16	(28)29-37	31,33,35	30-80	80-138	3-7	
Allolobophora cupulifera						en	epi	nee		5/6	14-16	26-32	28, 30	20-60	80-120		
Allolobophora antipae						en	epi	nee		4/5	14-16	26-33	30-31	50-90	100-130		
Allolobophora parva						en	epi	ja	DG	5/6	15	(23)24-30	(25)26-29(30) absent	25-52	95-104	1,5-2,5	
Octolasion cyaneum						en	epi	nee	oraan, WG0)	(10/11) 11/12 (12	15	29-34	29,30-33,34	50-180	90-165	5-8	
Octolasion lacteum						en	epi2**	nee	WG tot U		14-16	30-35	1/2 30, 31-34,1/2 35	30-160	85-165		
Octolasion tyrtaeum						en	epi	nee	WG	8/9, 10/11, 12/13	14-16	30-35	30-35	35-160	100-135	2,5-6	
Microcolex phosphoreus							epi	phospore	4 paar	absent	17	13-17	10-35	73-88	1,0-1,5		
Haplotaxis gordioides						en	epi	nee	4! WG		11-12	9-28	niet aanwezig	400!			
Helodrilus oculatus						en	epi	nee	DG	4/5	13)14-16(17	(21,22)23-32	29-30	40-80	90-150	1-2	
Sparganophilus tamesis						en	tan	?	DG	absent	18-19	(15)16-25(26)	16-24	70-200	125-260	1-5	
Murchieona minuscula						en	epi	nee	DG	11/12 12/13	14-16	26-32	29-31	20-22	84-87		
Murchieona muldali						en	epi	nee	DG		14-16	27-33		30-50	84-106	1,2-2	
Nicodrilus giardi giardi						an		ja			15	(26)27-35(36)	32, 34	150-250			