Bodemecologisch onderzoek volgens de Triade-benadering

In recreatiegebied en voormalig baggerspeciedepot Broekpolder te Vlaardingen

Definitief

In opdracht van:
DCMR Milieudienst Rijnmond
Bureau Bodem Ontwikkeling
Postbus 843
3100 AV SCHIEDAM

Grontmij | AquaSense
Amsterdam, 19 juni 2009

Grontmij | AquaSense

I&M-1007086-RJ, revisie D

Verantwoording

Titel	:	Bodemecologisch onderzoek volgens de Triade-benadering
Subtitel	:	In recreatiegebied en voormalig baggerspeciedepot Broekpolder te Vlaardingen
Projectnummer	:	256581
Referentienummer	:	I&M-1007086-RJ
Revisie	:	D
Datum	:	19 juni 2009
Auteur(s)	:	Dhr. drs. M.J. (Thijs) de Kort, mevr. ir. J.G.M. (Anja) Derksen, dhr. drs. P. (Peter) Spannenburg, dhr. drs. A. (Arthur) van Dulmen
E-mail adres	:	thijs.dekort@grontmij.nl, anja.derksen@grontmij.nl
Gecontroleerd door	:	Mevr. ir. J.G.M. Derksen
Paraaf gecontroleerd	:	
Goedgekeurd door	:	Dhr. drs. R.R. Jonker
Paraaf goedgekeurd	:	
Contact	:	Science Park 116 1098 XG Amsterdam Postbus 95125 1090 HC Amsterdam T +31 20 592 22 44 F +31 20 592 22 49 info@aquasense.nl www.aquasense.nl

Verantwoording

Dit bodemonderzoek naar de ecologische risico's van de verontreinigingen in de voormalige baggerspeciestort Broekpolder te Vlaardingen is uitgevoerd in opdracht van DCMR Milieudienst Rijnmond. Er is aangewerkt door een team van ecologen en ecotoxicologen van Grontmij|AquaSense waarbij voor enkele specialistische chemische en biologische analyses externe laboratoria zijn ingehuurd.

Omdat er vele partijen directe of indirecte belangen hebben bij het onderzoek naar de ecologische risico's in de Broekpolder heeft DCMR de projectgroep Broekpolder ingesteld, bestaande uit de volgende partijen en personen:

- Dhr. M.D. Krieger (Stichting Ipse de Bruggen)
- Mevr. M.M.L.C.T. Eyck (Golfclub Broekpolder)
- Dhr. G. Bartels (Golfclub Broekpolder)
- Dhr. M. van Paassen (gemeente Vlaardingen)
- Dhr. R. van Zanten (gemeente Vlaardingen)
- Mevr. J.S. Gendronneau (Groenservice Zuid-Holland)
- Dhr. J. van Gijn (tennisvereniging VLTC)
- Dhr. B. Vermaat (gemeente Midden-Delfland)
- Mevr. H. Tetteroo (gemeente Midden-Delfland)
- Mevr. Y. Batenburg (Stichting Federatie Broekpolder)
- Dhr. J. Beerthuis (Stichting Federatie Broekpolder)
- Dhr. M. van den Berg (Dienst Landelijk Gebied)
- Dhr. D.J.P. Kunst (Vereniging Natuurmonumenten; agendalid)
- Dhr. S. Soede (Vereniging Natuurmonumenten; agendalid)
- Dhr. T. de Kort (Grontmij|AquaSense)
- Mevr. J.G.M. Derksen (Grontmij|AquaSense)
- Dhr. A.B. Roeloffzen (DCMR Milieudienst Rijnmond)
- Dhr. E.P.H. Jager (DCMR Milieudienst Rijnmond, voorzitter)

Samenvatting

De Broekpolder is een ruim 350 ha groot groen- en recreatiegebied in het noordwesten van de gemeente Vlaardingen. Van 1958 tot 1976 is een groot gedeelte van de Broekpolder opgespoten met enkele meters baggerspecie uit de Rotterdamse havens. Dit heeft voor een ernstige bodemverontreiniging gezorgd in het gebied. Om te onderzoeken of deze bodemverontreiniging ecologische risico's met zich meebrengt heeft Grontmij | AquaSense in opdracht van DCMR een bodemecologisch onderzoek uitgevoerd volgens de Triade-methodiek. Hierbij is het ecologische risico bepaald aan de hand van drie sporen:

- Chemie: totaalgehalten, biologisch beschikbare gehalten, gehalten in regenwormen;
- Laboratoriumtesten met organismen en gebiedseigen bodembacteriën (zogenoemde bioassays);
- Veldinventarisaties: vegetatie, nematoden, regenwormen, mollen en overige bodemfauna.

De risicobeoordeling wordt gebaseerd op de geïntegreerde resultaten van deze studies.

Het onderzoek heeft zich toegespitst op de ecologisch meest relevante bovenste 20 cm van de bodem in de drie voornaamste vegetatietypen in de Broekpolder: bos, ruigtes en grasland. De bodem in de Broekpolder is relatief kleiig, voedselrijk en ten tijde van het onderzoek relatief droog. Er zijn echter ook enkele zandige plekken. Een belangrijk bodemkenmerk is de hoge pH die zich in het gehele gebied rond de 8 bevindt.

De achtergrondwaarden voor metalen en/of organische microverontreinigingen worden in vrijwel de gehele Broekpolder overschreden. Interventiewaardenoverschrijdingen zijn er op 16 van de 25 onderzochte locaties voor met name de metalen barium, cadmium, chroom en zink en voor de organische verontreinigingen PCB's, drins (insecticiden) en dioxines. Door de hoge pH en het over het algemeen kleiige karakter van de bodem is de beschikbaarheid van metalen erg laag. De beschikbaarheid van drins is daarentegen zeer hoog: ongeveer driekwart van het totaalgehalte blijkt beschikbaar te zijn voor bodemorganismen. De drin die het meest gevonden is, is dieldrin.

De chemische analyseresultaten zijn vergeleken met eerdere onderzoeken (vanaf 1974). Hieruit blijkt dat de metaalgehalten en bodemeigenschappen als organische stof- en lutumgehalte over het algemeen vergelijkbaar zijn. Dringehalten zijn echter aanzienlijk lager. Mogelijke verklaringen hiervoor zijn verschillen in bemonsteringsdiepte, afbraak en/of de heterogeniteit van het gebied.

Theoretisch worden op basis van worst case scenario-berekeningen op 19 van de 25 locaties acuut toxische effecten verwacht voor de helft van de organismen. Deze berekeningen zijn per locatie gebaseerd op totaalgehalten van het mengsel van verontreinigingen. Vooral metalen zouden een rol spelen bij deze voorspelde toxiciteit. Op zeven locaties dragen theoretisch ook drins substantieel bij aan dit theoretische risico.

Deze verwachte hoge toxiciteit wordt echter niet teruggevonden in de bioassays. In geen van de bioassays zijn aanwijzingen voor toxicologische effecten aangetoond. De verschillen die er tussen de monsters bestaan kunnen verklaard worden door verschillen in bodemeigenschappen. Bioassays met insecten zijn echter niet uitgevoerd. Gezien de hoge beschikbaarheid van drins – een insecticidengroep – zou dit wel raadzaam zijn.

Ook in het veld zijn geen eenduidige aanwijzingen gevonden voor effecten van de verontreinigingen. De aangetroffen planten en (bodem)fauna zijn op bijna alle locaties (zeer) algemeen. Aan- of afwezigheid van soorten was niet te relateren aan beschikbare en/of totaalgehalten van verontreinigende stoffen. Verschillen tussen de locaties kunnen verklaard worden door bodemeigenschappen, voedselaanbod en/of algemene vormen van stress, zoals bijvoorbeeld droogte. Opmerkelijk is wel dat op de meest verontreinigde locaties (07R en 07B) geen of weinig regenwormen zijn aangetroffen. Het is niet uit te sluiten noch aan te tonen dat verontreinigingen hierbij een rol spelen.

Theoretisch zouden zink, cadmium en kwik doorvergiftigingsrisico's kunnen veroorzaken in de Broekpolder, bijvoorbeeld door verhoogde opname in regenwormen. Echter, metingen van de gehalten van deze metalen in regenwormen wijzen uit dat deze doorvergiftigingsrisico's er niet zijn. Door de zeer lage beschikbaarheid worden de metalen namelijk nauwelijks opgenomen in regenwormen.

Naast opname van metalen is ook de opname van de drins in de regenwormen gemeten. Deze bestrijdingsmiddelen, en dan met name het slecht afbreekbare dieldrin, veroorzaken wel een doorvergiftigingsrisico. Dit risico bestaat voor de Broekpolder vanaf een concentratie van ongeveer 0,2 mg/kg ds dieldrin in de bodem bij het hoogste beschermingsniveau. Hierbij moet wel de kanttekening gemaakt worden dat er bij berekening van de doorvergiftigingsrisico's vanuit is gegaan dat wormetende organismen al hun voedsel halen uit met drins verontreinigde vakken. In de praktijk is dit onwaarschijnlijk. Ook is er geen rekening gehouden met de heterogeniteit van de verontreiniging. Afhankelijk van het beschermingsniveau (hoog, gemiddeld of matig) zouden op basis van beschikbare gehalten aan drins in de bodem respectievelijk 7, 6 of 4 van de 25 locaties aangewezen worden als locaties waar doorvergiftigingsrisico's aanwezig zijn. In oplopende mate van verontreinigingsgraad zijn dit locaties 05C, 10, 05B, 12, 07R, 11A en 07B.

Wanneer de risico's op basis van chemie, bioassays en veldwaarnemingen gecombineerd worden, dan blijkt dat het ecologische risico in de Broekpolder op basis van het huidige onderzoek uitsluitend bepaald wordt door de doorvergiftigingrisico's van drins, en met name dieldrin op basis van gehalten in regenwormen. De maatregelen in de Broekpolder zouden zich moeten richten op het wegnemen van deze doorvergiftigingsrisico's. Hierbij kan voor locaties met hoge dringehalten gedacht worden aan het verlagen van de beschikbaarheid of verhogen van de afbraak van drins dan wel door de omstandigheden voor regenwormen en/of regenwormeters minder gunstig maken. Dit is te realiseren door middel van beheersmaatregelen. Ook kan er gekozen worden voor een (deel)sanering van de sterk verontreinigde vakken.

Restonzekerheid bestaat er nog over het effect van drins op insecten en insecteneters en de bioaccumulatie van dioxines in regenwormen en wormeneters. Dit aspect zou nog nader onderzocht kunnen worden. Hierbij kan bijvoorbeeld gedacht worden aan het analyseren van organen van wormeneters (bijvoorbeeld mollen of spitsmuizen) op locaties met sterke drinverontreinigingen en het analyseren van regenwormen op locaties met sterke dioxineverontreinigingen.

Inhoudsopgave

Verantwoording 3

Samenvatting 4

1 Inleiding 9
1.1 Achtergrond 9
1.2 Doelstellingen en algemene aanpak 9
1.3 Leeswijzer 10

2 Methoden 11
2.1 Onderzoeksparameters en motivatie 11
2.2 Veldwerk en monstername 13
2.3 Fysisch-chemische analyses 16
2.4 Toxische druk berekeningen 18
2.5 Bioassays 18
2.5.1 CLPP (Biolog) 18
2.5.2 Bepaling bacteriële groeisnelheid 18
2.5.3 Microtox 19
2.5.4 Plantenkiemings- en groeitest met Engels raaigras 19
2.6 Veldinventarisaties 19
2.6.1 Nematoden 19
2.6.2 Regenwormen 19
2.6.3 Bodemfauna 19
2.6.4 Molleninventarisatie 20
2.6.5 Vegetatieopname 20
2.7 Bioaccumulatieonderzoek regenwormen 20

3 Resultaten: Chemie 22
3.1 Samenvatting chemie 22
3.2 Bodemeigenschappen 22
3.3 Totaalgehalten 24
3.3.1 Grond 24
3.3.2 Toxische druk 27
3.3.3 Grondwater 29
3.4 Biologische beschikbaarheid 30
3.4.1 Metalen 31
3.4.2 Drins 32
3.5 Vergelijking met eerder onderzoek 34

4 Resultaten: Bioassays 37
4.1 Samenvatting bioassays 37
4.2 CLPP (Biolog) 37
4.3 Bacteriële groeisnelheid (thymidine- en leucine-inbouw) 40
4.4 Microtox 42
4.5 Plantenkieming- en –groeitest 42

5 Resultaten: Veldinventarisatie 45
5.1 Samenvatting veldinventarisatie 45

5.2 Waarnemingen in het veld ... 45
5.3 Planteninventarisatie ... 47
5.4 Nematoden ... 50
5.5 Regenwormen ... 53
5.6 Bodemfauna ... 55
5.6.1 Loopkevers ... 55
5.6.2 Slakken ... 58
5.6.3 Overige bodemfauna ... 58
5.6.4 Molleninventarisatie ... 59

6 Resultaten: Bioaccumulatie en doorvergiftigingsrisico's ... 61
6.1 Samenvatting bioaccumulatie en doorvergiftiging ... 61
6.2 Keuze voor de analyses ... 61
6.3 Bioaccumulatie van drins ... 62
6.4 Bioaccumulatie van metalen ... 65
6.5 Doorvergiftigingsrisico's ... 66
6.5.1 Drins in regenwormen ... 66
6.5.2 Doorvergiftigingsrisico's: mollen ... 67
6.5.3 Metalen in regenwormen ... 67
6.5.4 Drins en metalen in planten: eerder onderzoek ... 67

7 Beoordeling ecologisch risico ... 69
7.1 Beoordeling volgens RIVM Triade methodiek ... 69
7.2 Beoordeling op basis van expert judgement ... 70

8 Conclusies en aanbevelingen ... 74
8.1 Conclusies ... 74
8.2 Aanbevelingen ... 75

9 Referenties ... 76

Bijlage 1: Achtergrond Triade-methodiek

Bijlage 2: RD-coördinaten

Bijlage 3: Achtergrond nematodenanalyses

Bijlage 4: Locatie- en bodembeschrijving

Bijlage 5: Bodemeigenschappen

Bijlage 6: Gemeten en gestandaardiseerde totaalgehalten (bodem)

Bijlage 7: Parameters gebruikt in PAF-berekeningen

Bijlage 8: Boorprofielen grondwateronderzoek

Bijlage 9: Totaalgehalten in grondwater

Bijlage 10: Beschikbare gehalten metalen

Bijlage 11: Beschikbare gehalten drins

Bijlage 12: Vergelijking met eerdere bodemonderzoeken

Bijlage 13: Biolog

Bijlage 14: Bacteriële groeisnelheid

Bijlage 15: Plantenkiemings- en groeitest

Bijlage 16: Veldwaarnemingen

Bijlage 17: Vegetatieopname

Bijlage 18: Nematodeninventarisatie

Bijlage 19: Regenworminventarisatie

Bijlage 20: Loopkeverinventarisatie

Bijlage 21: Slakkeninventarisatie

Bijlage 22: Inventarisatie van overige bodemfauna

Bijlage 23: Bioaccumulatie van drins in regenwormen

Bijlage 24: Bioaccumulatie van metalen (Cd, Hg, Zn) in regenwormen

Bijlage 25: Uitkomsten RIVM-methodiek

Bijlage 26: Molleninventarisatie

1 Inleiding

1.1 Achtergrond

De Broekpolder is een groen- en recreatiegebied van ruim 350 ha groot in het noordwesten van de gemeente Vlaardingen. In het noorden is o.a. een golfclub gesitueerd en in het zuiden liggen sportvelden. In de jaren '50 van de vorige eeuw was het van oorsprong uit veen- en zware kleigrond bestaande gebied nog in gebruik als weidegrond. In 1952 werd besloten dat de Broekpolder geschikt was als opspuitgebied voor baggerspecie uit de Rotterdamse havens. Hiermee werd in 1958 begonnen en dit werd voortgezet tot 1976. Vanaf begin jaren '70 van de 20^{e} eeuw werden in de Broekpolder productie- en recreatiebossen van met name wilg, populier en es aangeplant en werden delen verpacht als landbouwgrond. Gemiddeld werd uiteindelijk ca. 4 tot 7 meter havenslib opgespoten over een oppervlak van ongeveer 325 ha. Later bleek dat veel van dit slib verontreinigd was met een breed spectrum aan stoffen (Chemielinco, 1997; De Wilt, 1997).

Naar de verontreinigingen is vanaf 1974 onderzoek verricht. Op basis van een nader onderzoek van Chemielinco uit 1997, waarin ook de gegevens van de onderzoeken vanaf 1974 zijn verwerkt, werd besloten om een beschikking afgegeven in het kader van de Wet bodembescherming. Hierin werd geconcludeerd dat er in het voormalige baggerspeciedepot Broekpolder te Vlaardingen sprake is van een ernstig geval van bodemverontreiniging. Het betreft hier met name sterke verontreinigingen met zware metalen (cadmium en zink), arseen en drins. In een aantal andere vakken is sprake van niet-ernstige bodemverontreiniging met zware metalen, PAK's, gechloreerde (koolwater)stoffen en verbindingen als ftalaten en biofenolen. Op basis van SUS (SaneringsUrgentieSystematiek) en de Circulaire bepaling saneringstijdstip voor gevallen van ernstige verontreiniging waarvoor sanering urgent is (Staatscourant 47, 7 maart 1997) is hiervoor een beschikking afgegeven.

1.2 Doelstellingen en algemene aanpak

Om te bepalen of de vermoede onaanvaardbare ecologische risico's daadwerkelijk aanwezig zijn, is er gekozen om in het kader van de Wbb een bodemecologisch onderzoek uit te voeren volgens stap 3 van de Circulaire bodemsanering uit 2006. Het onderzoek is uitgevoerd volgens de principes van de Triade-benadering. In deze benadering wordt gebruik gemaakt van een combinatie van chemische analyses, inventarisaties van organismen in het veld – inclusief interne gehalten van verontreinigingen – en biologische analyses (bioassays) in het laboratorium om de ecologische risico's te bepalen. Deze drie onderdelen geven tezamen een beter beeld van de ecologische risico's dan elk onderdeel afzonderlijk. Zie bijlage 1 voor een uitgebreidere uitleg over de Triade-methodiek.
De doelstellingen van het Triade-onderzoek zijn om een antwoord te geven op de vraag:

1) Of er daadwerkelijk ecologische risico's aanwezig zijn door de aangetroffen bodemverontreiniging,
2) Zo ja, hoe ernstig deze risico's zijn bij verschillende verontreinigingsgraden. Hierbij zijn zowel directe als indirecte risico's onderzocht. Directe risico's zijn effecten op organismen, zoals planten, dieren en bacteriën door direct contact met de verontreinigde bodem. Indirecte effecten zijn effecten die mogelijk optreden als de verontreiniging zich ophoopt in het organisme en wordt doorgegeven in de voedselketen.
3) Of er onderscheid kan worden gemaakt op basis van verschillen in verontreinigingsgehalten tussen de verschillende vakken.

1.3 Leeswijzer

Het onderzoek is zeer uitgebreid geweest, waarbij een groot aantal parameters is onderzocht. Om een en ander leesbaar te houden begint een aantal hoofdstukken met een korte samenvatting van de uitgevoerde werkzaamheden (hoofdstuk twee) danwel de belangrijkste resultaten (hoofdstuk drie t/m zes). De motivatie voor de onderzoeksparameters is beschreven in hoofdstuk twee. Hierin wordt tevens de wijze waarop het veldwerk en de monstername is uitgevoerd beschreven en worden de uitgevoerde chemische analyses, biologische bepalingen en veldinventarisaties toegelicht. Achtereenvolgens worden de resultaten van de chemische analyses (hoofdstuk drie), bioassays (hoofdstuk vier), de veldinventarisaties (hoofdstuk vijf) en het bioaccumulatie-onderzoek (hoofdstuk zes) besproken. In hoofdstuk zeven worden deze resultaten bediscussieerd en geïntegreerd. Tevens worden de ecologische risico's beoordeeld. In hoofdstuk acht tenslotte staan de conclusies en aanbevelingen.

2 Methoden

2.1 Onderzoeksparameters en motivatie

Een eerste selectie voor de onderzoeksparameters is aangegeven door DCMR, uitgaande van de mini-Triade zoals beschreven door het RIVM (Mesman *et al.*, 2007). Deze selectie is op basis van expert judgement op enkele punten aangepast en/of meer locatiespecifiek ingevuld. De onderzochte parameters kunnen worden ingedeeld volgens de drie Triade-poten chemie, toxicologie en veldinventarisaties. De volgende parameters zijn onderzocht:

Chemie inclusief bioaccumulatiemetingen[1]
Chemische analyses zijn uitgevoerd in bodem, grondwater en regenwormen (bioaccumulatie-onderzoek).

Van de *bodem* zijn de volgende parameters bepaald:

- fysisch chemische parameters: pH, organische stof gehalte, lutumgehalte, nutriënten (stikstof en fosfaat);
- totaalgehalten: metalen en metalloïden, drins, dioxines en furanen, ftalaten, PCB;s en organotinverbindingen;
- beschikbare gehalten metalen door middel van een milde extractie met 0,01M $CaCl_2$;
- beschikbare gehalten drins door middel van een Tenax-extractie;
- berekening Toxische Druk door middel van msPAF-berekeningen;
- vergelijking met gehalten uit eerdere onderzoeken.

Chemische analyses in de bodem geven aan welke verontreinigingen verantwoordelijk kunnen zijn voor de toxiciteit. Chemische analyses zijn dus van belang om oorzaak-gevolg relaties vast te kunnen stellen. Deze worden ondersteund door beschikbaarheidsmetingen. Pas effect als de stof beschikbaar is. Voor metalen en organische stoffen zijn andere extractiemethoden nodig. Naast reguliere stoffen is ook een aantal bijzondere organische stoffen opgenomen in het analysepakket. Drins zijn gemeten omdat bekend is dat deze in verhoogde concentraties aanwezig zijn in de Broekpolder. Ftalaten zijn meegenomen als stofgroep die veel in belangstelling is, maar waar nog nauwelijks iets over bekend is over het voorkomen in de bodem. De overige organische microverontreinigingen zijn gemeten omdat ze verwacht kunnen worden in baggerspecie.

Op basis van de totaalgehalten is de Toxische druk berekend. Deze berekening geeft een inschatting van de toxiciteit en wordt uitgedrukt als het percentage soorten dat theoretisch effect ondervindt. Met het principe van toxische druk is het mogelijk om effecten van individuele stoffen te sommeren. Aangezien verontreinigingen vaak bestaan uit een mengsel van stoffen, is dit een realistischere manier dan het bepalen van een effect van elke individuele stof in een mengsel. Een uitgebreidere uitleg wordt gegeven in paragraaf 2.4.

Tevens is een vergelijking gemaakt met de gehalten die zijn gevonden in eerdere onderzoeken in de Broekpolder, die vanaf 1974 hebben plaatsgevonden.

---

[1] De bioaccumulatiemetingen worden in deze paragraaf onder de Triade-poot chemie geschaard. Omdat de resultaten worden doorvertaald naar een doorvergiftigingsrisico zit er ook een toxicologische component in. De parameter zou derhalve ook onder de Triade-poot toxicologie geschaard kunnen worden. Om verwarring te voorkomen is er in deze rapportage voor gekozen om bioaccumulatie in een apart hoofdstuk te bespreken.

In het *grondwater* zijn totaalgehalten van metalen, nutriënten en organische verontreinigingen (drins, ftalaten en organotinverbindingen) alsmede de pH gemeten.
Het grondwateronderzoek is uitgevoerd als aanvulling op grondwateronderzoek dat in een eerdere fase is uitgevoerd. De resultaten worden in dit rapport besproken maar vallen buiten het Triade-onderzoek.

Daarnaast zijn chemische analyses van gehalten van een aantal metalen en van drins in regenwormen uit het veld uitgevoerd (*bioaccumulatiemetingen*). De gehalten in de regenwormen zijn doorvertaald naar *doorvergiftigingsrisico's* voor organismen hoger in de voedselketen. Regenwormen vormen een belangrijke schakel in de voedselketen en daarmee voor het doorvergiftigingsrisico van stoffen naar organismen hoger in de voedselketen, zoals muizen, mollen, egels en vogels.
De keuze voor de te meten stoffen (metalen en/of drins) in regenwormen is mede gebaseerd op de chemische analyses in de bodem en de beschikbaarheid van regenwormen. Deze keuze wordt in paragraaf 6.2 in meer detail toegelicht.

Toxicologie (bioassays)
Bij bioassays worden (test)organismen gedurende een bepaalde tijd in het laboratorium onder gecontroleerde omstandigheden blootgesteld aan de bodem, waarna het functioneren wordt bepaald. Bioassays geven inzicht in de gecombineerde toxiciteit van alle aanwezige, biologisch beschikbare verontreinigingen en zijn dus van belang bij het onderbouwen van oorzaak-gevolg.
De volgende bioassays zijn uitgevoerd:
- Biolog;
- Bacteriële groeisnelheid door middel van thymidine en leucine-inbouw;
- Microtoxtest;
- Kieming- en groeitest met Engels raaigras.

Bij de Biolog test en de bepaling van de bacteriële groeisnelheid wordt het functioneren van de bacteriën die reeds in de bodem aanwezig zijn bepaald. De Biolog test geeft inzicht in de diversiteit en de activiteit van de bacteriën. De thymidine en leucine inbouwsnelheid geeft aan of de bacteriën groeien danwel hun energie vooral aan celonderhoud besteden. Beide parameters zijn ook opgenomen in het Landelijk Meetnet Bodem wat als voordeel heeft dat er referentiegegevens beschikbaar zijn. Thymidine- en leucine inbouw blijkt gevoelig te reageren op onder andere metaalverontreiniging.
De Microtox test maakt tevens gebruik van een bacterie. Het proces dat gemeten wordt is indicatief voor een universeel metabolisch proces dat bij alle organismen voorkomt.
Daarnaast is een planten kiemings- en groeitest uitgevoerd. De plant staat aan de basis van de voedselketen en mag om die reden niet ontbreken in de testbatterij.

In de set van bioassays ligt veel nadruk op bacteriën. Overige functionele groepen en voedselgroepen worden niet afgedekt door bioassays, echter wel door inventarisaties in het veld.

Veldinventarisaties
In het veld zijn inventarisaties uitgevoerd van diverse soortsgroepen, te weten:
- planten;
- nematoden;
- regenwormen;
- overige bodemfauna.

Veldinventarisaties van aantallen en soortensamenstelling van planten en/of bodemorganismen geven aan wat de effecten onder veldomstandigheden zijn (zowel *direct* als *indirect risico)*. Rekening moet gehouden worden met het feit dat populaties in het veld, behalve door verontreiniging, ook beïnvloed worden door verdroging, vermesting, verstoring, onderlinge concurrentie enzovoorts.

Planten staan aan de basis van de voedselketen. Een planteninventarisatie geeft een indicatie van de natuurwaarde. De waarde voor het beoordelen van verontreinigingseffecten is beperkt.

Nematoden, ook wel bekend als aaltjes, zijn microscopisch kleine wormpjes die in grote aantallen voorkomen in de bodem. Ze hebben een regulerende rol in nutriëntenstromen in de bodem. Onderzoek naar nematoden wordt al gedurende langere tijd uitgevoerd waardoor de inventarisatie vrij goed gestandaardiseerd is, er veel bekend is over effecten van metalen op de aantallen en soortensamenstelling van de nematoden en er (indicatieve) beoordelingscriteria beschikbaar zijn.

Regenwormen spelen in vele ecosystemen een zeer belangrijke rol in voedselketen. Zo vormen ze een belangrijke voedselbron voor vogels en (kleine) zoogdieren zoals muizen, mollen en egels. Daarnaast beïnvloeden ze de bodemstructuur en nutriëntenstromen in de bodem op een positieve manier. Er is veel bekend over de normale aantallen en soortensamenstelling van regenwormen. De regenwormen die in het veld verzameld zijn, zijn gebruikt voor bioaccumulatie onderzoek.

De overige bodemfauna geeft een indicatie van de biodiversiteit van de ongewervelden. Hierbij ligt de nadruk op loopkevers, omdat hiermee veel ervaring is.

In de volgende paragrafen wordt achtereenvolgens besproken hoe het veldwerk en de monstername is uitgevoerd, welke fysisch-chemische analyses zijn gedaan, hoe de toxische druk is berekend en wordt ingegaan op de uitvoering van de bioassays, veldinventarisaties en het bioaccumulatie-onderzoek.

2.2 Veldwerk en monstername

De Broekpolder is opgedeeld in verschillende vakken. Voorafgaand aan het onderzoek zijn door de opdrachtgever suggesties voor de te bemonsteren vakken gedaan. Tijdens een oriënterend veldbezoek van dhr. Anton Roeloffzen, dhr. Koos Jager (beide DCMR) en mevr. Anja Derksen (Grontmij|AquaSense) zijn de locaties voor bemonstering meer exact bepaald.

Het veldwerk heeft plaatsgevonden in 2008 op verschillende data: van 15-18 september, 22 september, 8 oktober, 17 oktober en 29 oktober. In totaal zijn 25 monsters genomen: 18 monsters voor het Triade-onderzoek en 7 monsters voor aanvullende chemische analyse. Tijdens het veldwerk bleek een aantal vakken minder geschikt voor monstername, daar zijn alternatieve vakken voor gekozen (zie paragraaf 5.2 voor details). In onderstaande tabel zijn de monstercoderingen en de bijbehorende vakken van de uiteindelijk bemonsterde locaties opgenomen. De locaties van de monsterplekken zijn weergegeven op luchtfoto 1. In bijlage 2 is een tabel opgenomen met daarin de RD-coördinaten van de bemonsterde locaties. In bijlage 4 is tevens een korte locatiebeschrijving gegeven. In paragraaf 3.5 is tevens een vergelijking gemaakt met eerder onderzoek in deze vakken.

Tabel 1 Vakverdeling monstername

Volledig Triade-onderzoek			**Fysisch-chemische grondonderzoek**	
Vaknummer	Monstercodering		Vaknummer	Monstercodering
1	BP 01		3	BP 03A, BP 03B
4	BP 04B, BP 04D		8a	BP 08B, BP 08C
5	BP 05B, BP 05C		9	BP 09A, BP 09B
6	BP 06, BP 06M		11a	BP 11A
6a	BP 06M			
7	BP 07R, BP 07B			
8	BP 08, BP 08A			
8a	BP 08C			
10	BP 10			
11	BP 11, BP 11R			
12	BP 12			
13	BP 13N, BP 13Z			

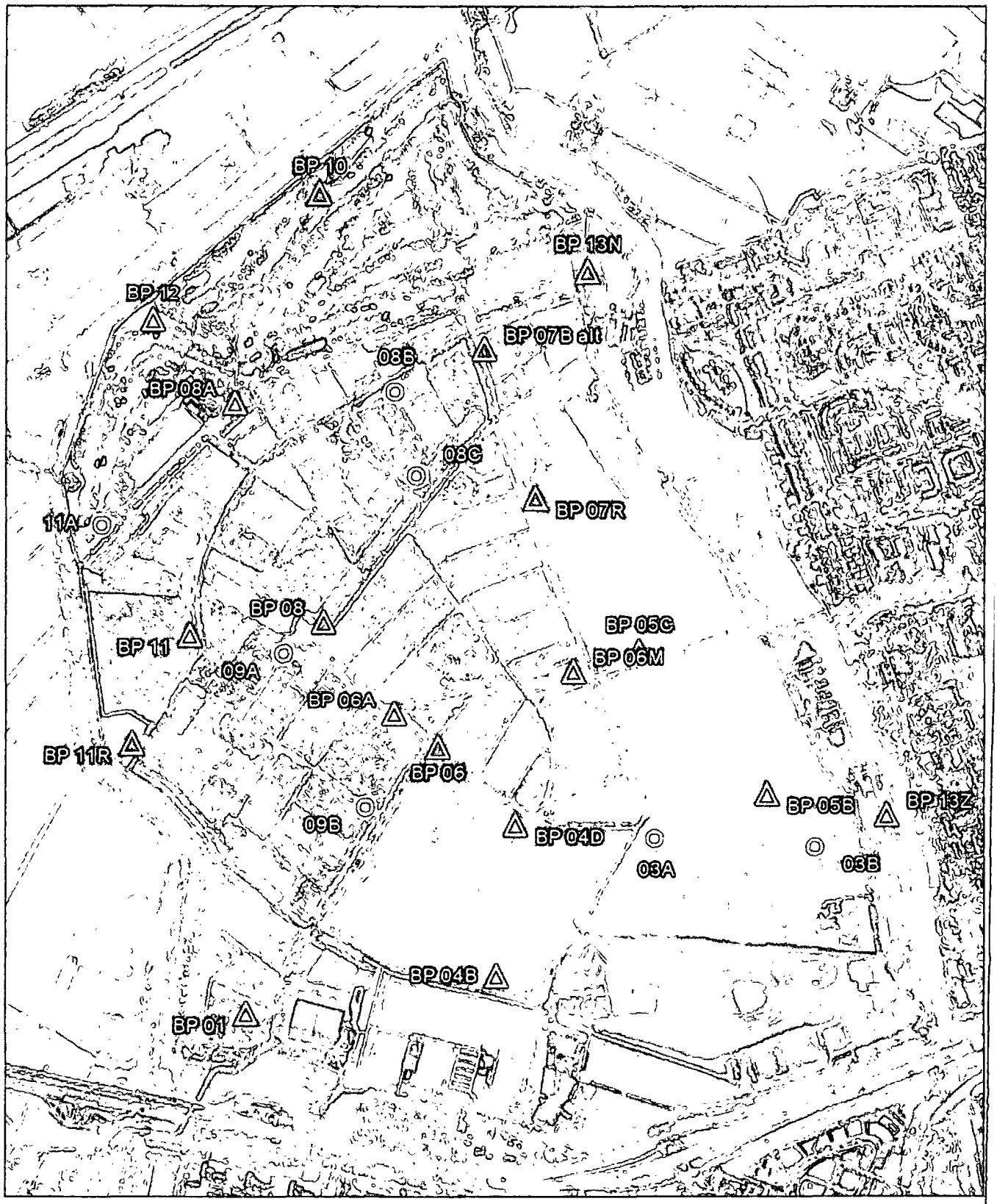


Foto 1 Monsterplekken voor het Triade-onderzoek in de Broekpolder: de gele driehoekjes zijn de locaties waar een volledige Triade is uitgevoerd, bij de rode rondjes zijn enkel chemische analyses uitgevoerd (bron: Google Earth).

Per monsterplek zijn de volgende werkzaamheden uitgevoerd:

- Verzamelen van grondmonsters (15-18 en 22 september)

Voor de chemische analyses en bioassays zijn op 18 locaties met een edelmanboor boringen verricht tot een diepte van 20 cm-mv. Er zijn zoveel boringen verricht tot 10 liter monstermateriaal was verzameld. Hieruit zijn mengmonsters genomen voor chemische analyse. Het restant is gebruikt voor de bioassays.
Daarnaast zijn op 7 locaties (BP 03A en B, BP 08B en C, BP 09A en B en BP 11A) monsters genomen voor uitsluitend chemische analyses.
De bodemsamenstelling en opbouw zijn zintuiglijk bepaald en per locatie genoteerd.
Tijdens de bemonstering bleek de aanvankelijk geplande monsterlocatie 07B, ten zuiden van de golfbaan, ongeschikt voor bemonstering: de bodem was zeer droog, zanderig en waren zeer veel gaten in de bodem aanwezig (zie foto 6 in paragraaf 5.2). Bemonsteren met de edelmanboor, verzamelen van regenwormen en nematodenmonsters en plaatsen van vangpotten was hierdoor niet mogelijk. De monsterlocatie is daarom verplaatst (zie foto 1 voor nieuwe locatie).

- Steekmonsters voor nematodeninventarisatie (15-18 september)

Voor de nematodenanalyses zijn met een gutsboor met een doorsnede van 18 mm twintig steken genomen tot 20 cm-mv. Deze twintig steken zijn als één monster in behandeling genomen. De monsters werden direct na monstername gekoeld bewaard en vervoerd.

- Verzamelen van regenwormen (15-18 en 22 september)

Op de 18 locaties betrokken in het Triade-onderzoek zijn regenwormen verzameld. Hiervoor zijn met een schep drie plaggen gestoken met een oppervlakte van 25x25 cm en 20 cm diep. Elk van de drie plaggen is in het veld handmatig doorzocht in een fotobak waarbij alle aangetroffen wormen in een pot met grond van de locatie zijn verzameld en gekoeld bewaard (foto 2 en 3). Wanneer er geen of zeer weinig wormen werden gevonden, werd geprobeerd om extra wormen te verzamelen voor bioaccumulatieonderzoek d.m.v. trillen met de schep. Deze wormen werden apart bewaard.

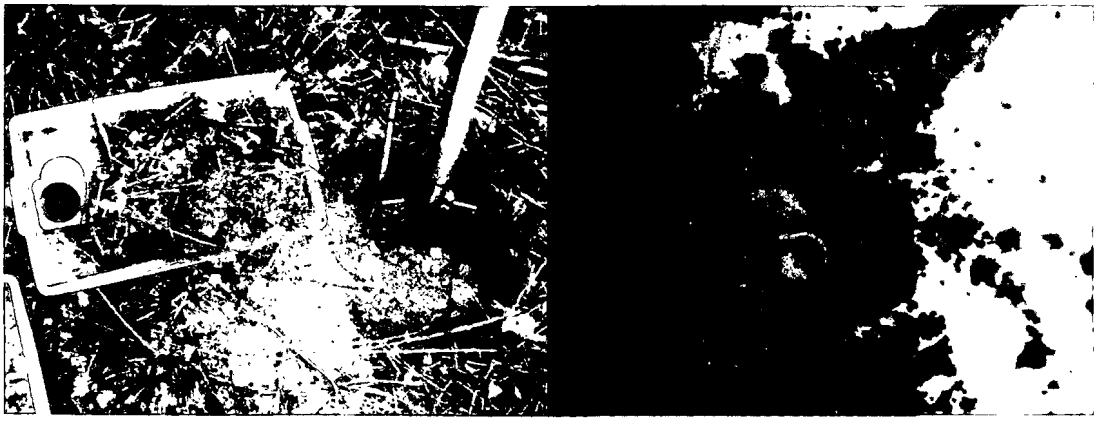


Foto 2 en 3 *Op de linkerfoto een het gedeeltelijk uitgezochte plag in een fotobak en het gat waaruit de plag afkomstig is. In de fotobak de verzamelpot voor de regenwormen. Op de rechterfoto staat een regenworm in diapauze (waarschijnlijk Aporrectodea caliginosa), een ruststaat waarin ze stressomstandigheden doorstaan.*

- Plaatsen van vangpotten (15-18 september)

In de 18 onderzoeksplots voor de Triade zijn per locatie 5 vangbekers van een halve liter geplaatst op ca. 2 m afstand van elkaar. De potten werden in een raai geplaatst in een voor de locatie representatief stuk. De bekers werden geplaatst in de gaten die ontstaan waren door het nemen van grondmonsters met de edelmanboor. Om te voorkomen dat gewervelden (o.a. muizen en kikkers) en grote naaktslakken in de vangpotten terecht zouden komen werd gaas van 1x1 cm op ongeveer 1 cm onder de rand van de potten bevestigd. Hierna werden de bekers gevuld met het fixeermiddel formaldehyde (4% v/v). Om inregenen te voorkomen werden over de bekers met twee grote spijkers hardboard afdakjes geplaatst. Wanneer deze vanaf openbare paden zichtbaar waren werden ze gecamoufleerd met materiaal dat ter plaatse aanwezig was

(zoals mos en kleine grasplaggen). Op 8 oktober, 20 tot 23 dagen na plaatsing, zijn alle vallen geleegd. Hierbij werd de bodemfauna inclusief fixeermiddel van de vijf vangbekers per plot als één verzamelmonster samengevoegd. Ter verduidelijking zijn op foto 4 en 5 een ingegraven vangpot met en zonder afdakje weergegeven.

- Vegetatieopname (15-16 september)

Voor ieder plot is een vegetatiebeschrijving gemaakt volgens de Tansley-methode: afhankelijk van de diversiteit van de vegetatie werd een plot uitgezet van 5x5 of 10x10m waarbinnen de bedekkingsgraad werd geschat en de aanwezige soorten gescoord op dominantie op een schaal van 1 tot 9. Eventuele bijzondere of zeldzame soorten werden hierbij ook genoteerd.

- Aanvullende observaties

Van alle monsterlocaties zijn foto's genomen en zijn de GPS-coördinaten genoteerd. Daarnaast zijn eventueel waargenomen dieren (vliegende insecten, ongewervelde bodemdieren, vogels, zoogdieren, amfibiën, enz.) en overige bijzonderheden genoteerd.

Foto 4 en 5 *Op de linkerfoto staat een ingegraven vangpot met daarin gaas om het vangen van grotere dieren tegen te gaan. De rechterfoto laat het afdakje zien waarmee de vangpotten bedekt werden om inregenen te voorkomen.*

- Peilbuizen (17 en 29 oktober)

Op de 18 locaties betrokken in het Triade-onderzoek zijn peilbuizen geplaatst door het hiervoor gecertificeerde Grontmij Terreinonderzoek. Boringen zijn (horizontaal) ingemeten en handmatig uitgevoerd met de edelman- en zuigerboor. Van de boringen zijn boorbeschrijvingen gemaakt. De peilbuizen kregen een filterstelling van 50 tot 150 cm onder de grondwaterstand. Wanneer peilbuizen vanaf het openbare pad zichtbaar waren zijn straatpotten geplaatst; de overige zijn met een beschermkoker afgewerkt. De peilbuizen zijn 12 dagen na plaatsing bemonsterd met een pomp, waarbij pH en geleidbaarheid ook gemeten zijn.

2.3 Fysisch-chemische analyses

Na de monstername zijn de grondmonsters vervoerd in koelboxen met koelelementen en overgebracht naar een donkere koelcel (4°C). Van hieruit zijn de 25 monsters op 25 september 2008 verstuurd naar het laboratorium van ALcontrol in Rotterdam. In een latere fase zijn aanvullende PCB-analyses uitgevoerd op 20 monsters. Deze zijn op 21 januari 2009 verstuurd. De grondwatermonsters zijn op de dag van monstername naar ALcontrol verzonden.

In het laboratorium van ALcontrol zijn de volgende analyses uitgevoerd (zie ook tabel 2):

Totaalgehalten

Fysische bodemparameters als pH, organische stof- en lutumgehalte en totaalgehalten van metalen, nutriënten en organische verontreinigingen. Voor het grondwater zijn totaalgehalten van metalen, nutriënten en organische verontreinigingen en pH gemeten.

Beschikbare gehalten
Voor metalen is het actuele biologisch beschikbare gehalte bepaald door een milde extractie met een 0,01M $CaCl_2$-oplossing. Hierbij worden de metalen die zwak aan lutum- en organische stofdeeltjes gebonden zijn verdrongen door calcium uit de $CaCl_2$-oplossing. De vrijgekomen metalen kunnen in het extract gemeten worden en worden beschouwd als actueel biobeschikbaar voor met name planten.
Voor de drins (een groep van gechloreerde insecticiden) is een 6-uurs Tenax-extractie uitgevoerd. Hierbij worden met een hars de organische verontreinigingen die niet sterk aan organische deeltjes in de bodem gebonden zijn geëxtraheerd. Met een 6-uurs extractie kan zo de snel beschikbare fractie organische verontreinigingen – in dit geval drins – geanalyseerd worden. Dit gehalte wordt geacht direct beschikbaar te zijn voor bodemorganismen als regenwormen.

Tabel 2 Chemische analyses van grond en grondwater (+: geanalyseerd; -: niet geanalyseerd)

Parameter	Totaalgehalten		Beschikbare gehalten	
	Grond	Grond-water	Grond $CaCl_2$-extractie	Grond Tenax-extractie
Bodemeigenschappen				
droge stof	+	-	-	-
lutum	+	-	-	-
organische stof	+	-	-	-
pH-H_2O	+	+	-	-
pH-$CaCl_2$	-	-	+	-
geleidbaarheid	-	+	-	-
kalkgehalte (calciet)	+	-	-	-
Metalen / metalloïden				
antimoon	+	+	+	-
arseen	+	+	+	-
barium	+	+	+	-
boor	+	+	+	-
cadmium	+	+	+	-
chroom	+	+	+	-
kobalt	+	+	+	-
koper	+	+	+	-
kwik	+	+	+	-
lood	+	+	+	-
molybdeen	+	+	+	-
nikkel	+	+	+	-
seleen	+	+	+	-
tin	+	+	+	-
vanadium	+	+	+	-
zink	+	+	+	-
Organische microverontreinigingen				
drins (som 5)	+	+	-	+
dioxines en furanen (som 17)	+	-	-	-
ftalaten (som 5)	+	+	-	-
PCB's (som 7)	+	-	-	-
organotinverbindingen (TFT en TBT)	+	+	-	-
Overige parameters (o.a. nutriënten)				
ammonium	+	+	-	-
fosfaat	+	+	+	-
nitraat	-	+	-	-
bromide	+	+	-	-

2.4 Toxische druk berekeningen

Op basis van de resultaten van de totaalgehalten en het organische stof- en lutumgehalte van de monsters is de *acute* toxische druk (TD) per monster berekend. Hiervoor is gebruik gemaakt van de van het RIVM afkomstige rekentool Toxische Druk. De toxische druk vormt een theoretische schatting van het ecologische effect van een complex mengsel aan verontreinigingen in de bodem op basis van de concentraties van deze verontreinigingen. De toxische druk wordt uitgedrukt in de fractie of het percentage organismen en processen dat (theoretisch) wordt aangetast door het mengsel van verontreinigingen dat aanwezig is, de msPAF (meer stoffen potentieel aangetaste fractie). In de onderliggende formule wordt rekening gehouden met de verschillende werkingsmechanismen van de diverse verontreinigingen in een organisme. Zie voor een uitgebreidere uitleg over dit concept en achtergronden bij de berekeningen De Nijs et al.(2008), Posthuma et al. (2002) en Van de Meent (1999).

Met deze berekening wordt een groot, maar eindig, aantal metalen en organische verontreinigingen meegenomen. De berekeningen zijn gebaseerd op acute effecten (sterfte). Chronische, meer gevoelige ecologische parameters, zoals bijvoorbeeld reproductie, worden in deze berekening niet meegenomen.

2.5 Bioassays

De 10-liter emmers met monsters van de 18 locaties van het Triade-onderzoek zijn na monstername opgeslagen onder donkere, gekoelde (4°C) omstandigheden. Vóór uitvoering van de bioassays zijn de monsters gezeefd over een 5 mm-zeef om wortels, stenen en andere mogelijk storende elementen te verwijderen. In deze paragraaf wordt de uitvoering van de verschillende bioassays toegelicht: CLPP (Biolog)[1], bacteriële groeisnelheid[2], de Microtoxtest en de plantenkiemings- en groeitest.

2.5.1 CLPP (Biolog)

In 18 monsters uit de Broekpolder zijn de zogenaamde community-level physiological profiles (CLPP's) bepaald zoals beschreven in Rutgers et al. (2006). Deze test wordt ook wel de Biolog test genoemd. De testen zijn uitgevoerd door het RIVM. De CLPP geeft de activiteit en functionele diversiteit van het kweekbare deel van de in de bodem aanwezige microbiële gemeenschap aan. Hiervoor zijn extracten van de grondmonsters gemaakt waarmee een verdunningsreeks is gemaakt. Deze verdunningen werden in de Biolog ECO multiwell platen gepipetteerd met daarin 31 verschillende soorten substraat. De platen werden gedurende 7 dagen geïncubeerd bij 20°C en maximale relatieve vochtigheid in het donker. Door omzetting van het substraat ontstaat een kleurreactie. De intensiteit van de kleur geeft de mate van omzetting van het substraat en daarmee de microbiële activiteit in het monster aan. Het aantal omgezette substraten is een maat voor de functionele diversiteit. Het aantal kolonievormende eenheden (CFU) werd bepaald op agarplaten op dag 2 en 8.

2.5.2 Bepaling bacteriële groeisnelheid

De bacteriële groeisnelheid van de reeds in de grond aanwezige bacteriën is in drievoud bepaald door de thymidine- en leucine-inbouwsnelheid te meten. Deze analyse is uitgevoerd door Alterra. De bacteriële groeisnelheid wordt bepaald door de inbouw van radioactief gelabelde ^{3}H-thymidine en ^{14}C-leucine in respectievelijk bacterieel DNA en eiwitten te meten (testmethode beschreven in Bloem & Bolhuis, 2006). De thymidine-inbouw is een maat voor de groei van de bacteriën, de leucine inbouw voor de activiteit. Daarnaast is ook de bacteriële biomassa in enkelvoud bepaald met behulp van confocale laserscanmicroscopie.

---

[2] Bacteriële groeisnelheid en CLPP kunnen zowel tot de bioassays als veldparameters gerekend worden. Veldparameters omdat er gekeken wordt naar de op locatie aanwezige microbiële gemeenschap; bioassays, omdat de testen onder gecontroleerde omstandigheden in het laboratorium uitgevoerd worden met toevoegingen / substraten die in die hoedanigheid niet voorkomen in het veld. In dit onderzoek is gekozen om ze bij de bioassays te behandelen. De resultaten zullen geïnterpreteerd worden als veldparameters vanwege het feit dat er geen gestandaardiseerde organismen worden gebruikt, maar een scala van (aan locatiespecifieke eigenschappen aangepaste) organismen uit het veld.

2.5.3 Microtox
De toxiciteitstest met de lichtuitzendende (bioluminiscerende) bacterie *Vibrio fischeri* is uitgevoerd conform ISO 11348-3 met elutriaat van 18 monsters uit de Broekpolder. Het elutriaat is verkregen door vochtverzadigde bodemmonsters 24 uur uit te schudden met een dubbel volume aan 0,001M $CaNO_3$-oplossing. Hierna is het bovenstaande vocht gedecanteerd en met deze oplossing – het elutriaat – zijn de effecten op de Microtox getest. In deze test wordt met een lichtmeter (Microtox®) de afname van de bioluminescentie bij de bacterie beoordeeld na 5, 15 en 30 minuten blootstelling bij 15°C aan de testoplossing. Het effect wordt uitgedrukt als een EC_{20}-waarde. Dit is de concentratie testoplossing, waarbij na een gegeven blootstellingsduur een afname van 20% van de bioluminescentie ten opzichte van de blanco (verdunningsmedium) kan worden waargenomen. De laagste van de op de 3 tijdstippen bepaalde EC_{20}-waarden, wordt gebruikt om de toxiciteit van het monster weer te geven.

2.5.4 Plantenkiemings- en groeitest met Engels raaigras
De plantenkiemings- en groeitesten met Engels raaigras (*Lolium perenne*) zijn uitgevoerd conform ISO 11269-2. De test is uitgevoerd in viervoud waarbij in elke literpot 25 zaden in circa 200 gram grond zijn ingezet. De potten zijn gedurende 4 weken bij een 16/8 uur licht / donkerregime en 20°C blootgesteld. Hierbij zijn de potten dagelijks gewogen en bijgevuld tot het begingewicht met een standaardvoedingsoplossing en gedemineraliseerd water. Na 14 dagen is het aantal gekiemde plantjes bepaald en na 28 dagen zijn de plantjes uit de grond verwijderd, de wortels afgeknipt en is het natgewicht van de plantjes per pot bepaald. Na droging is ook het drooggewicht van de plantjes per pot bepaald. In de test is tevens een standaardbodem meegenomen, ter controle van de kwaliteit van de zaden en de testomstandigheden. De kieming en groei in de standaardbodem voldoen aan de daarvoor gestelde minimale kwaliteitseisen (geldigheidscriteria).

2.6 Veldinventarisaties

2.6.1 Nematoden
De monsters voor nematodenanalyse zijn na monstername koel bewaard en binnen 24 uur opgestuurd naar het Bedrijfslaboratorium voor Grond- en Gewasonderzoek (Blgg) in Wageningen. Hier zijn de monsters direct opgespoeld om de nematoden uit de grond te krijgen. Hierna zijn de opgespoelde monsters gefixeerd en gedetermineerd. Behalve op aantallen zijn de aangetroffen nematoden ook beoordeeld op de aanwezigheid van bijzondere en/of indicatieve soorten, de aangetroffen levenstrategieën (uitgedrukt in de Maturity Index) en de aangetroffen voedselstrategieën. De volgende parameters zijn uitgewerkt:
- Totale aantallen nematoden per 100 g veldnatte grond
- Aantallen individuen per geslacht
- Aantallen per voedselgroep
- Aantallen per cp-groep
- Maturity Index (MI)

(zie bijlage 3 voor toelichting op de termen en wijze van uitwerking)

2.6.2 Regenwormen
De regenwormen zijn koel bewaard na monstername en binnen 2 dagen gedetermineerd door een specialist van Grontmij | AquaSense. Bewegelijke exemplaren werden in koolzuurhoudend water tijdelijk gefixeerd. Indien mogelijk zijn de verzamelde regenwormen tot op soort gedetermineerd. Bij de juveniele exemplaren is dit echter niet mogelijk omdat een essentieel determinatiekenmerk – het clitellum, of zadel – nog ontbreekt. Deze werden tot op genus gedetermineerd. Na determinatie zijn (/is een deel van) de wormen gebruikt voor bioaccumulatieonderzoek (zie paragraaf 2.7).

2.6.3 Bodemfauna
De verzamelde monsters zijn uitgezocht in het laboratorium, waarbij op soortgroep werd gesorteerd en geteld. Na het uitzoeken zijn de loopkevers tot op soort gedetermineerd door een specialist van Grontmij | AquaSense. De verzamelde landslakken zijn naar slakkendeskundige dhr. Anton Roeloffzen (DCMR) gestuurd voor determinatie.

2.6.4 Molleninventarisatie

Door dhr. Roeloffzen van DCMR is op 2, 16 en 22 maart 2009 een kwalitatieve molleninventarisatie gedaan. Dit is binnen de periode waarin mollen zich voortplanten. Tijdens deze periode is er extra graafactiviteit aan de oppervlakte, wat het een geschikte tijd maakt voor een inventarisatie. Hierbij is voornamelijk vanaf wandel- en fietspaden gekeken of er ondiepe mollengangen en molshopen zichtbaar waren. Dit is vooral gedaan op de open (gemaaide) en weinig ruige graslanden (zie kaart in bijlage 26). Uitzonderingen hierop zijn de vakken 4, 5 en 7 (bos en ruigte). Deze zijn steekproefsgewijs op de aanwezigheid van mollen geïnspecteerd. Voor zover lokaliseerbaar op basis van aanwezige peilbuizen zijn ook de onderzoeksplots geïnspecteerd. Hierbij zijn locaties met een grondwaterstand op of vlak onder maaiveld niet meegenomen. Deze locaties zijn voor mollen namelijk ongeschikt. Daarnaast zijn buiten het opspuitgebied nog enkele locaties geïnspecteerd om een referentiebeeld te krijgen (zie uitgebreide methodiek in bijlage 26).

2.6.5 Vegetatieopname

Voor ieder plot is een vegetatiebeschrijving gemaakt volgens de Tansley-methode. Deze methode is vooral geschikt voor grotere en niet-homogene proefvlakken. Met de Tansley-methode is de bedekkingsgraad geschat en zijn de aanwezige soorten gescoord op dominantie zoals in onderstaande tabel aangegeven staat.

Tabel 3 Nummercoderingen gebruikt voor de vegetatieopname met de Tansley-methode

Code	Aanduiding	Beschrijving	Bedekkingsgraad
1	zeldzaam:	1 tot 3 / 5 exemplaren (afhankelijk van vakgrootte)	<5%
2	schaars:	een gering aantal exemplaren (>3 / 5, afhankelijk van vakgrootte)	<5%
3	lokaal frequent:	soort komt plaatselijk regelmatig voor	<5%
4	frequent:	soort komt over het hele proefvlak regelmatig voor	<5%
5	lokaal abundant:	soort komt plaatselijk zeer veel voor	5 - 12,5%
6	abundant:	veel individuen verdeeld over het hele proefvlak	12,5 - 25%
7	lokaal dominant:	een soort is plaatselijk dominant aanwezig	25 - 50%
8	co-dominant:	soort is samen met één of meerdere soorten dominant aanwezig	50 - 75%
9	dominant	soort is dominant aanwezig	75 - 100%

Afhankelijk van de diversiteit van de vegetatie is een plot uitgezet van 5x5 (diverse vegetatie) of 10x10m (weinig diverse vegetatie).

2.7 Bioaccumulatieonderzoek regenwormen

Om de mogelijke risico's van doorvergiftiging naar hogere dieren te bepalen zijn regenwormen uit het veld doorgemeten op cadmium, zink, kwik, drins en vetgehalte. Hierbij is bekeken hoeveel regenwormmateriaal aanwezig was en welke analyses daarmee mogelijk waren. Daar waar genoeg materiaal voorhanden was zijn alle parameters geanalyseerd.

Er zijn verschillende soorten regenwormen doorgemeten. Dit is gedaan omdat geen enkele soort (in voldoende aantal/gewicht) op alle locaties is aangetroffen. Wel is, indien mogelijk, gekozen voor soorten die een voorkeur hebben voor de toplaag van de bodem. Soorten die in deze laag leven komen meer in aanraking met verontreinigingen dan strooiselbewonende soorten en maken meer kans om ten prooi te vallen aan wormeneters zoals spitsmuizen en diverse vogelsoorten dan diepgravende regenwormsoorten.

Er zijn keuzes gemaakt om in sommige gevallen geen drins of geen metalen te meten: dit hing af van de mate van normoverschrijding voor het risico op doorvergiftiging en de hoeveelheid beschikbaar monstermateriaal (NOBO, 2008). In een aantal gevallen zijn zowel adulten als juvenielen doorgemeten omdat er onvoldoende materiaal van volwassen exemplaren was. In deze gevallen zijn de drin-analyses met de adulte exemplaren uitgevoerd en de metaalanalyses met de juvenielen, omdat voor metalen eerder een evenwicht wordt bereikt in de regenworm. Het vetgehalte is geanalyseerd in soorten die op die locatie ook voor de chemische analyse zijn gebruikt. Gebrek aan materiaal maakt dat het vetgehalte maar driemaal is gemeten.

Vóór het bioaccumulatieonderzoek zijn de regenwormen eerst 48 uur gehongerd op petrischaaltjes met natte tissues. Hierdoor poepen de dieren hun darminhoud uit waardoor daadwerkelijk gehalten ín de regenwormen worden gemeten en de darminhoud de meting niet verstoord.

De analyses zijn uitgevoerd bij het Instituut voor Milieuvraagstukken (IVM) van de Vrije Universiteit in Amsterdam.

3 Resultaten: Chemie

3.1 Samenvatting chemie

- De monsters uit de Broekpolder zijn relatief droog en kenmerken zich over het algemeen door hun kleiige karakter.
- De pH van de bodem is met een gemiddelde van 8,1 (pH-H_2O) hoog te noemen.
- Achtergrondwaarden voor metalen en/of organische microverontreinigingen worden in vrijwel alle grond- en grondwatermonsters overschreden.
- Interventiewaarden worden in de grond op 16 van de 25 locaties overschreden. De metalen barium, cadmium, chroom en zink en de PCB's overschrijden de interventiewaarde maximaal 1,6 keer, drins maximaal 2 keer en dioxines maximaal 11 keer.
- Arseen, cadmium, barium en/of drins overschrijden in 10 van de 18 grondwatermonsters de interventiewaarde.
- Met een msPAF-berekening zijn de ecologische risico's op basis van acute toxiciteit geschat. In het worst case scenario is de potentieel aangetaste fractie soorten op 19 van de 25 locaties groter dan 50%. Metalen dragen op de meeste locaties voor het grootste deel bij aan de toxische druk. Op 7 van de 25 locaties is de invloed van drins op de msPAF substantieel te noemen.
- Op locaties 07B en 07R worden de ernstigste effecten verwacht op basis van de msPAF-berekening. Locatie 07R, bedoelt als referentielocatie, blijkt daarmee geen geschikte referentielocatie.
- Locaties 06A en 11R zijn op basis van de lage gehalten aan verontreinigingen goede lokale referenties. Echter, door de bodemeigenschappen – een relatief zandige bodem en een laag organische stofgehalte – zijn deze locaties minder geschikt als referentielocatie voor het gehele gebied, maar enkel voor het vegetatietype grasland.
- Voor bos en ruigte zijn de minst verontreinigde monsters als locale referentie gekozen, respectievelijk 06 en 13N. De bodemeigenschappen van deze locaties zijn redelijk vergelijkbaar met de overige locaties binnen het vegetatietype.
- De beschikbaarheid van metalen is laag (0,11 - 3,32%). Een verklaring hier is de hoge pH van de bodem (7,4 - 8,8).
- De beschikbaarheid van drins is met gemiddeld ruim 70% hoog. In enkele gevallen is het gemeten beschikbare gehalte hoger dan het totaalgehalte. Dit reflecteert dat de bodem heterogeen is verontreinigd. Voor de metingen aan totaal- en beschikbare gehalten zijn namelijk verschillende monsters gebruikt.
- De resultaten zijn vergeleken met eerdere onderzoeken vanaf 1974. Hieruit blijkt dat over het algemeen de metaalgehalten vergelijkbaar zijn. In vergelijking met eerder onderzoek zijn de dringehalten aanzienlijk lager. Mogelijke verklaringen hiervoor zijn verschillen in bemonsteringsdiepte, afbraak en/of de heterogeniteit van het gebied.

3.2 Bodemeigenschappen

De locaties zijn op basis van hun begroeiing in drie groepen onderverdeeld: grasland (06A, 06M en 11R), ruigte (04B, 04D, 05B, 05C, 07R, 08, 11 en 13N) en bos(schage) (01, 06, 07B, 08A, 12 en 13Z) (zie ook paragraaf 5.2)

Tijdens het veldwerk is voor elke locatie een summiere beschrijving gemaakt van de 20 cm-mv die bemonsterd is. In bijlage 4 staat is deze beschrijving opgenomen. Over het algemeen was de bodemsamenstelling behoorlijk eenduidig. In de ruigtes en bossen met ondergroei bestonden de eerste 3 tot 5 cm voornamelijk uit humus en/of strooisel. De minder begroeide locaties hadden een dunnere of geen humuslaag. De volgende laag bestond grotendeels uit stevig slib

of zand. In de ruigtes en bossen met ondergroei was dit vaak doorworteld en was een gradiënt van uitspoeling van organisch materiaal waarneembaar. Over het algemeen was de bodem droog. Enkele locaties waren vochtig: het ging hier vooral om de ruigtes waar veel riet groeide (bijv. locaties 04D, 07R en 13N). De locaties met overwegend gras- en kruidenvegetatie (06A, 06M en 11R) weken af van de overige locaties door hun zandige bodem.

In tabel 4 zijn de belangrijkste bodemeigenschappen samengevat. Een volledig overzicht per locatie is opgenomen in bijlage 5. Zoals te verwachten hebben de monsters uit de moerassige locaties een hoger vochtgehalte dan de monsters uit hogere delen. Deze vochtige bodems hebben ook een hoger organisch stof- en lutumgehalte.
De pH van de bodem is op alle locaties hoog. Wanneer naar de locaties wordt gekeken die betrokken zijn in het Triade-onderzoek, dan blijkt deze tussen 7,9 (locaties 08 en 08A) en 8,8 (locatie 06A) te liggen. Deze hoge pH-waarden zijn grotendeels te verklaren met het relatief hoge calcietgehalte van de bodem (tot 17%). Daarnaast hebben ook bodems met een relatief hoog lutumgehalte – zoals veel locaties in de Broekpolder – vaak een hoge pH. De hoge pH heeft te maken met de oorsprong en samenstelling van de bodem en is geen gevolg van de verontreinigingen dier erin aanwezig zijn.
Ammonium is op geen van de locaties boven de rapportagegrens van 20 mg N/kgds aangetroffen. Het totaalgehalte fosfaat van de bodem is hoger dan in onbemeste gronden maar is vergelijkbaar met dat in landbouwgronden met gemiddeld 2,2 g P/kgds (Groot et al., 1996; Groot et al., 1997) en houdt een sterk positief verband met het organische stofgehalte van de bodem. Wanneer echter naar het beschikbare fosfor wordt gekeken dat verkregen is door $CaCl_2$-extractie, dan is dit laag te noemen met een gemiddelde van 1,7 mg/kgds. De beschikbaarheid van nutriënten kan mogelijk voor effecten zorgen in testen.

Tabel 4 Bodemeigenschappen: gemiddelden en minimum-/maximumwaarden

Parameter	Eenheid	Gemiddelde (sd)	minimum - maximum
droge stof	gew.-%	75,9 (±7,8)	62,0 - 92,5
calciet	% vd DS	11,1 (±2,7)	5,8 - 17,0
organische stof	% vd DS	9,78 (±5,2)	1,5 - 27,3
lutum	% vd DS	16,6 (±10,2)	1,9 - 43,0
pH (H_2O)	-log[H^+]	8,1 (±0,3)	7,4 - 8,8
ammonium	mgN/kgds	<20 (±0)	<20 - <20
fosfaat (totaalgehalte)	mgP/kgds	2206 (±1273)	180 - 4700
fosfor (beschikbaar gehalte, $CaCl_2$-extract)	mg/kgds	1,70 (±1,12)	0,12 – 4,70

Een aantal locaties valt op door afwijkende bodemeigenschappen. Zo heeft locatie 11 een bijna drie keer zo hoog organische stofgehalte als gemiddeld over de monsters. Dit heeft waarschijnlijk te maken met het moerassige karakter van deze locatie. Ook 08C heeft een hoog gehalte aan organische stof bij een sterk kleiige bodemsamenstelling. Lage organische stofgehalten worden juist weer aangetroffen in de meer zandige locaties (= laag lutumgehalte), zoals 05C, 06 A en M en in mindere mate 11R.
Vooraf was het de bedoeling om locaties 07R en 11R als referentielocaties voor het gebied te nemen. Op basis van de bodemeigenschappen blijkt 07R een goede referentie te zijn, met waarden die rond het gemiddelde liggen van de meeste bodemeigenschappen, op beschikbaar fosfor na. Locatie 11R is minder geschikt met een organische stofgehalte dat lager is dan op de meeste andere locaties en een daarmee samenhangend laag fosfaatgehalte, en een relatief hoog calcietgehalte.

Wanneer naar de vegetatietypen wordt gekeken blijkt dat in grasland de bodemeigenschappen duidelijk verschillen van bos en ruigte. Fosfaat-, organische stof en lutumgehalte zijn gemiddeld twee tot vier keer lager dan in bos en ruigte. De pH is juist gemiddeld zo'n 0,4 eenheden hoger. Bos en ruigte zijn qua bodemeigenschappen redelijk vergelijkbaar, met het verschil dat de spreiding van de gehalten in bos kleiner is dan in ruigte.

3.3 Totaalgehalten

3.3.1 Grond

De totaalgehalten die gemeten zijn, zijn omgerekend naar gehalten in standaardbodem (10% organische stof, 25% lutum). Deze waarden zijn vergeleken met de achtergrond- en interventiewaarden zoals vermeld in de nieuwe Circulaire Bodemsanering 2006 (Staatscourant, 2008) en het NOBO-rapport (2008). In tabel 5 en 6 is een samenvatting gegeven van de stoffen die de achtergrondwaarde (AW), de interventiewaarde (IW) en het gemiddelde van deze twee waarden (TW) overschrijden. In bijlage 6 zijn de gemeten waarden opgenomen.

Drins vormen een bijzonder geval. Per 1 oktober 2008 is de interventiewaarde geactualiseerd op basis van nieuwe wetenschappelijke inzichten. Voor drins (som) betekende dit een verstrenging van de interventiewaarde van 4,0 mg/kg ds naar 0,14 mg/kg ds, die gebaseerd is op risico's voor de ecologie. In april 2009 heeft het ministerie de nieuwe interventiewaarde weer teruggedraaid, zodat vanaf die datum de oude norm van 4,0 mg/kgds weer geldt[3]. Aanleiding hiervoor waren praktijkervaringen, waaruit blijkt dat de nieuwe norm onbedoeld leidt tot stagnatie van hergebruik van grond en baggerspecie. Bovendien zouden gesaneerde terreinen weer als ernstig verontreinigd moeten worden aangemerkt. In tabel 5 en 6 zijn de drins aan beide normen getoetst. Nieuw is dat er per 1 april ook een interventiewaarde voor aldrin is afgeleid van 0,32 mg/kgds. De toetsing aan deze norm is ook tabel 5 en 6 opgenomen.

Zoals duidelijk uit tabel 5 naar voren komt, zijn in vrijwel alle monsters overschrijdingen van achtergrondwaarden aangetroffen. Dit betreft met name overschrijdingen voor een groot aantal metalen, PCB's, dioxines en di-2-ethylhexylftalaat (DEHP) en in mindere mate voor drins en di-n-butylftalaat (DBP). Trifenyltin (TFT) overschrijdt de achtergrondwaarde eenmaal. Interventiewaardeoverschrijdingen voor één of meerdere stoffen worden op 16 van de 25 onderzoekslocaties aangetroffen. Het gaat hierbij echter maar om zeven verschillende stoffen of somparameters: de metalen zink (10x), chroom (7x), cadmium (5x) en barium (1x) en de organische somparameters dioxines (6x), drins (2x) en PCB's (1x). Voor de metalen heeft zink de ernstigste overschrijding met 1,8 maal de interventiewaarde op locatie 07B. De verontreinigingen met dioxines en drins zijn ernstiger, met respectievelijk overschrijdingen van 11 (locatie 01) en 2 (locatie 07B) maal de interventiewaarde. Voor PCB's wordt alleen op locatie 06M de interventiewaarde overschreden (1,6 maal).

Locaties 06A en 11R zijn schoon te noemen: op deze locaties worden respectievelijk eenmaal of geen achtergrondwaarden overschreden. Op basis van chemie zijn deze plekken geschikt als referentielocatie. Aangezien dit twee graslandlocaties zijn is het van belang ook een referentie voor bos en ruigte te hebben. Er zijn echter geen schone locaties in deze vegetatietypen. Er is gekozen om de minst verontreinigde locatie als 'referentie' te kiezen. Op basis van chemie komt voor bos locatie 06 naar voren: hier zijn geen interventiewaardeoverschrijdingen aangetroffen. Voor ruigte is 13N chemisch de minst verontreinigde locatie voor dit vegetatietype, ook al wordt de tussenwaarde voor zink overschreden.

Metalen en halogenen

Er zijn totaalgehalten bepaald voor 16 metalen en metalloïden. Hiervan waren er twee die op alle locaties onder de rapportagegrens bleven: seleen en antimoon. Voor beide stoffen geldt echter dat de achtergrondwaarde gelijk of lager is dan de rapportagegrens. Andere stoffen die grotendeels onder de rapportagegrens bleven zijn tin, boor en molybdeen. Alle metalen waarvoor een achtergrondwaarde bekend is overschrijden deze op meerdere locaties, op antimoon na. Barium, cadmium, chroom en zink overschrijden als enige op één of meerdere locaties de interventiewaarde.

[3] Voor details zie
http://www.senternovem.nl/Bodemplus/nieuws/2009/20090402vrom_wijzigt_enkele_bodemnormen.asp

Tabel 5 Samenvatting van de stoffen in de bodem die normen overschrijden in de monsters uit het volledige Triade onderzoek. IW = interventiewaarde, TW = gemiddelde van de interventiewaarde en achtergrondwaarde en AW = achtergrondwaarde. Voor drins geldt dat de overschrijdingen van de oude normen (van oktober 2008) tussen haakjes zijn geplaatst.

Monster	IW-overschrijding[a]:	TW-overschrijding[b]:	AW-overschrijding[c]:
Volledige Triade			
BP 01	(drins), dioxines	zink	arseen, barium, cadmium, chroom, kobalt, koper, kwik, lood, nikkel, drins, aldrin, PCB's, di-2-ethylhexylftalaat (DEHP)*
BP 04B	(drins)	zink	arseen, barium, cadmium, chroom, koper, kwik, lood, drins, aldrin, PCB's, di-2-ethylhexylftalaat (DEHP)*, dioxines
BP 04D	(drins), zink	chroom, koper	arseen, barium, cadmium, kobalt, kwik, lood, nikkel, drins, aldrin, PCB's, di-2-ethylhexylftalaat (DEHP)*, dioxines
BP 05B	(drins)	zink	arseen, barium, cadmium, chroom, kobalt, koper, kwik, lood, drins, aldrin, PCB's, di-2-ethylhexylftalaat (DEHP)*, dioxines
BP 05C	(drins)	-	trifenyltin, barium, cadmium, chroom, koper, kwik, lood, zink, drins, aldrin, PCB's, di-2-ethylhexylftalaat (DEHP)*, dioxines
BP 06	-	drins, zink	arseen, barium, cadmium, chroom, koper, kwik, lood, drins, aldrin, PCB's, di-2-ethylhexylftalaat (DEHP)*, dioxines
BP 06A	-	-	aldrin, di-2-ethylhexylftalaat (DEHP)*
BP 06M	zink, PCB's	drins, koper	barium, cadmium, chroom, kobalt, kwik, lood, molybdeen, vanadium, drins, aldrin, di-2-ethylhexylftalaat (DEHP)*, dioxines
BP 07B alt	drins, zink, barium, chroom	koper, cadmium, arseen, nikkel, aldrin	kobalt, kwik, lood, tin, vanadium, aldrin, PCB's, di-2-ethylhexylftalaat (DEHP)*, di-n-butylftalaat (DBP)*, dioxines
BP 07R	drins	zink, aldrin	arseen, barium, cadmium, chroom, koper, kwik, lood, aldrin, PCB's, di-2-ethylhexylftalaat (DEHP)*, dioxines
BP 08	zink, cadmium, chroom, dioxines	barium, koper	arseen, kobalt, kwik, lood, nikkel, tin, aldrin, PCB's, di-2-ethylhexylftalaat (DEHP)*, di-n-butylftalaat (DBP)*
BP 08A	zink, cadmium, chroom	barium, koper	arseen, kobalt, kwik, lood, nikkel, tin, aldrin, PCB's, di-2-ethylhexylftalaat (DEHP)*, di-n-butylftalaat (DBP)*, dioxines
BP 10	(drins)	zink	arseen, barium, cadmium, chroom, koper, kwik, lood, drins, aldrin, PCB's, di-2-ethylhexylftalaat (DEHP)*, dioxines
BP 11	chroom, zink	cadmium, koper	arseen, barium, kobalt, kwik, lood, nikkel, tin, aldrin, PCB's, di-2-ethylhexylftalaat (DEHP)*, dioxines
BP 11R	-	-	-
BP 12	(drins), dioxines	zink, aldrin	arseen, barium, cadmium, chroom koper, kwik, lood, drins, aldrin, PCB's, di-2-ethylhexylftalaat (DEHP)*
BP 13N	(drins)	zink	arseen, barium, cadmium, chroom, koper, kwik, lood, drins, aldrin, PCB's, di-2-ethylhexylftalaat (DEHP)*
BP 13Z	aldrin, (drins)	zink	arseen, barium, cadmium, chroom, koper, kwik, lood, drins, aldrin, PCB's, di-2-ethylhexylftalaat (DEHP)*, dioxines

[a]het gehalte is groter dan de interventiewaarde
[b]het gehalte is groter dan het gemiddelde van de achtergrond- en interventiewaarde en kleiner dan of gelijk aan de interventiewaarde
[c]het gehalte is groter dan de achtergrondwaarde en kleiner dan of gelijk aan het gemiddelde van de achtergrond- en interventiewaarde
[d]geen PCB's gemeten
**voor ftalaten is de achtergrondwaarden gelijk aan de bepalingsgrens*

Tabel 6 Samenvatting van de stoffen in de bodem die normen overschrijden in de monsters uit het fysisch-chemische grondonderzoek. IW = interventiewaarde, TW = gemiddelde van de interventiewaarde en achtergrondwaarde en AW = achtergrondwaarde. Voor drins geldt dat de overschrijdingen van de oude normen (van oktober 2008) tussen haakjes zijn geplaatst.

Monster	IW-overschrijding[a]:	TW-overschrijding[b]:	AW-overschrijding[c]:
Fysisch-chemische grondonderzoek			
BP 03A[d]	zink	cadmium, chroom, koper, (drins)	arseen, barium, kwik, lood, nikkel, tin, drins, aldrin, di-2-ethylhexylftalaat (DEHP)*, dioxines
BP 03B[d]	-	chroom, koper, zink	arseen, barium, cadmium, kwik, lood, tin, drins, aldrin, di-2-ethylhexylftalaat (DEHP)*, dioxines
BP 08B	cadmium, chroom, zink	koper	arseen, barium, kwik, lood, molybdeen, nikkel, tin, aldrin, PCB's, di-2-ethylhexylftalaat (DEHP)*, di-n-butylftalaat (DBP)*, dioxines
BP 08C	dioxines	cadmium, chroom, zink	arseen, barium, koper, kwik, lood, tin, aldrin, PCB's, di-2-ethylhexylftalaat (DEHP)*, di-n-butylftalaat (DBP)*
BP 09A[d]	cadmium, chroom, zink, dioxines	barium, koper	arseen, kobalt, kwik, lood, molybdeen, nikkel, tin, drins, aldrin, di-2-ethylhexylftalaat (DEHP)*, di-n-butylftalaat (DBP)*
BP 09B[d]	cadmium, chroom, zink	barium, koper	arseen, kobalt, kwik, lood, nikkel, tin, drins, aldrin, di-2-ethylhexylftalaat (DEHP)*, di-n-butylftalaat (DBP)*, dioxines
BP 11A[d]	dioxines, (drins)	cadmium, chroom, koper, zink	arseen, barium, kwik, lood, drins, aldrin, di-2-ethylhexylftalaat (DEHP)*, di-n-butylftalaat (DBP)*

[a]het gehalte is groter dan de interventiewaarde
[b]het gehalte is groter dan het gemiddelde van de achtergrond- en interventiewaarde en kleiner dan of gelijk aan de interventiewaarde
[c]het gehalte is groter dan de achtergrondwaarde en kleiner dan of gelijk aan het gemiddelde van de achtergrond- en interventiewaarde
[d]geen PCB's gemeten
**voor ftalaten is de achtergrondwaarden gelijk aan de bepalingsgrens*

Voor de metalen geldt dat er een sterke positieve correlatie met elkaar is[4]. Dit betekent dat een hoog gehalte van één metaal op een locatie betekent dat de overige metalen naar grote waarschijnlijk ook in hoge gehalten aanwezig zullen zijn. De metalen blijken ook positief gecorreleerd met lutum (0,77), organische stof (0,73) en fosfaat (0,90).

Naast metalen is ook bromide – het ion van het halogeen broom – geanalyseerd. Deze stof blijkt op geen van de locaties boven de rapportagegrens aangetroffen te worden. Gezien het feit dat de rapportagegrens vier maal lager is dan de achtergrondwaarde (resp. 5 mg/kgds en 20 mg/kgds), worden geen negatieve effecten van deze stof verwacht.

Organische microverontreinigingen
Naast metalen is ook een aantal organische microverontreinigingen geanalyseerd. Het gaat hier om vijf drins (gechloreerde pesticiden), vijf ftalaten (weekmakers), zeven PCB's (isolatiestof/weekmaker), 17 dioxines en furanen (verbrandingsproducten) en twee organotinverbindingen (aangroeiwerende middelen in scheepsverf).

Met de herziening van de interventiewaarde voor drins naar 4 mg/kgds vinden overschrijdingen van de dringehalten op twee locaties plaats, te weten 07Balt (2 keer) en 07R (1,1 keer). Verder worden op een groot aantal locaties de achtergrondwaarden overschreden. De interventiewaarde voor aldrin wordt overschreden op locatie 13Z, de tussenwaarde op locatie 07B alt, 07R en 12. De mate van overschrijding is beperkt. De achtergrondwaarde voor aldrin wordt op alle overige locaties overschreden.
Volgens de eerdere norm van 0,14 mg/kgds overschrijden drins in 12 van de 25 monsters de interventiewaarden. Deze waarde is gebaseerd op de som van drie drins: aldrin, dieldrin en en-

[4] Wanneer de metalen waarvan gehalten de rapportagegrens niet of weinig overschrijden buiten beschouwing worden gelaten, blijkt de Pearson-correlatiecoëfficient tussen de overige 11 metalen gemiddeld 0,91 te zijn.

drin. De overschrijdingen lopen uiteen van net 1 keer (locatie 04B) tot ruim 56 keer (locatie 07B) de interventiewaarde. Hiermee zijn de drins de stoffen die de interventiewaarde het sterkst overschrijden in de Broekpolder.

De somparameter van de dioxines is gebaseerd op een omrekening van de gehalten van de 17 furanen en dioxines naar een TEQ of toxiciteitsequivalent in ng/kg ds. Hierbij worden de gehalten van alle stoffen omgerekend naar de meest toxische dioxine (2,3,7,8-TCDD). Door de gevoelige analysemethode die gebruikt is, zijn voor alle locaties TEQ-waarden verkregen. Slecht drie van de locaties in de Broekpolder hebben dioxine-gehalten die onder de achtergrondwaarde liggen (locaties 06A, 11R en 13N). Op vijf locaties worden voor dioxines en furanen de interventiewaarden overschreden. Op vier locaties zijn deze overschrijdingen behoorlijk eenduidig: van 1,4 tot 1,6 keer de interventiewaarde. Locatie 01 springt er hier uit met een overschrijding van 11 maal de interventiewaarde.

Er zijn vijf ftalaten gemeten. Slechts twee van de vijf worden boven de rapportagegrens aangetroffen. Dit zijn di-2-ethylhexylftalaat (DEHP) en di-n-butylftalaat (DBP). DEHP overschrijdt de achtergrondwaarde op alle locaties, behalve locatie 11R. DBP overschrijdt de achtergrondwaarde op acht locaties. Interventiewaarden worden echter nergens overschreden. Het hoogste gehalte DEHP – 18 µg/kgds, aangetroffen op locatie 08A – is vijf maal lager dan de interventiewaarde voor deze stof.

De organotinverbindingen trifenyltin (TFT) en tributyltin (TBT) werden op schepen gebruikt om aangroei van algen en zeepokken tegen te gaan en zijn zo met het havenslib terechtgekomen in de Broekpolder. De gehalten die hier gemeten worden zijn laag. Op een aantal locaties worden één of beide stoffen boven de rapportagegrens aangetroffen. Slechts eenmaal wordt voor TFT de achtergrondwaarde overschreden (locatie 05C); voor TBT is dit op geen van de locaties het geval. Negatieve ecologische effecten van deze stoffen worden in de Broekpolder daarom niet verwacht.

Polychloorbifenylverbindingen (PCB's) zijn op vrijwel alle locaties aangetoond. Alleen bij locatie 11R en 06A werden geen gehalten boven de rapportagegrenzen aangetroffen. De achtergrondwaarden zijn op alle overige locaties overschreden. Voor locatie 06M geldt zelfs een interventiewaardeoverschrijding van 1,6 keer.

De correlatie met organische stof en organische verontreinigingen is minder sterk dan voor de metalen, hoewel er wel een positief verband lijkt te bestaan tussen het organische stofgehalte en de gehalten ftalaten en PCB's. Ook het verband tussen de organische verontreinigingen onderling is niet sterk: alleen PCB's en ftalaten lijken enigszins positief met elkaar gecorreleerd.

3.3.2 Toxische druk

Zoals uit de vorige paragrafen blijkt, is er een zeer diverse verontreinigingssituatie in de Broekpolder: zeer uiteenlopende gehalten van een complex mengsel van stoffen. Om de verwachte acute toxiciteit – en daarmee het potentiële ecologische risico – van dit complexe mengsel van verontreinigingen in te schatten is op basis van de toxische druk de msPAF berekend (zie paragraaf 2.4). In de msPAF is een groot deel van de geanalyseerde parameters verwerkt, zowel organische verontreinigingen als metalen (zie bijlage 7).
Voor de msPAF-berekening is het gerapporteerde gehalte gebruikt. Wanneer een stof niet boven de rapportagegrens is aangetroffen, is de rapportagegrens met 0,7 vermenigvuldigd en is dit als gehalte ingevoerd.

In tabel 7 is de msPAF gegeven met daarbij de relatieve bijdragen van de organische verontreinigingen en metalen aan de msPAF. Op basis van een realistisch scenario[5] is op 17 van de 25 locaties de potentieel aangetaste fractie meer dan 0,5. Dit wil zeggen dat potentieel > 50% van de soorten op deze locaties acute effecten van de verontreinigingen kunnen ondervinden. Bij 4 van deze 17 locaties is zelfs meer dan 75% van de soorten acuut bedreigd, met als uitschieters locatie 07R (89%) en 07B (98%).

[5] gemeten waarden en 0,7 maal de rapportagegrens voor stoffen onder de rapportagegrens

Tabel 7 Verwachte toxiciteit (msPAF) op basis van gemeten gehalten (in de berekeningen is bij gehalten onder de rapportagegrens de 0,7x de rapportagegrens als concentratie ingevoerd).

Vegetatie / Locatie		msPAF	Bijdrage van organische verontreinigingen*	Bijdrage van metalen*
Volledige Triade				
Bos	BP 06 Triade	0,37	0%	100%
	BP 01 Triade	0,43	0%	100%
	BP 10 Triade	0,48	0%	100%
	BP 12 Triade	0,62	0%	100%
	BP 13Z Triade	0,63	0%	100%
	BP 08A Triade	0,68	0%	100%
	BP 07B alt Triade	0,98	41%	74%
Ruigte	BP 13N Triade	0,25	66%	52%
	BP 04B Triade	0,39	0%	100%
	BP 05C Triade	0,51	0%	100%
	BP 04D Triade	0,52	0%	100%
	BP 11 Triade	0,59	54%	70%
	BP 05B Triade	0,64	72%	53%
	BP 08 Triade	0,72	55%	70%
	BP 07R Triade	0,89	1%	100%
Gras	BP 06A Triade	0,12	0%	100%
	BP 11R Triade	0,12	90%	52%
	BP 06M Triade	0,49	91%	82%
Fysisch-chemische grondonderzoek				
Bos	BP 03B Chemie	0,51	0%	100%
	BP 08C Chemie	0,52	0%	100%
	BP 11A Chemie	0,53	0%	100%
	BP 03A Chemie	0,55	0%	100%
	BP 08B Chemie	0,68	0%	100%
	BP 09A Chemie	0,76	0%	100%
	BP 09B Chemie	0,76	0%	100%
**door de berekeningswijze kan de som van de relatieve bijdrage van de organische verontreinigingen en metalen >100% zijn*				
	0,00 < msPAF ≤0,25	*0,25 < msPAF ≤ 0,50*	*0,50 < msPAF ≤ 0,75*	*0,75 < msPAF ≤ 1,00*

Op basis van de msPAF-berekeningen zijn op de locaties 06A en 11R slechts beperkte door verontreinigingen veroorzaakte ecologische effecten te verwachten met een msPAF van 0,12. Op basis van de msPAF zijn dit dus goede referentielocaties voor grasland in de Broekpolder. Locatie 06 heeft de laagste msPAF binnen het vegetatietype bos. Ondanks de aanwezigheid van drins op locatie 13N, is dit toch de beste referentie voor het vegetatietype ruigte: het dringehalte is nog dusdanig laag dat er voor de organische verontreinigingen een msPAF van 0 berekend is.

Wanneer naar vegetatietype wordt gekeken voor de locaties binnen het Triade-onderzoek, dan blijkt dat in het grasland de gemiddelde msPAF duidelijk lager is dan in de vergelijkbare vegetatietypen bos en ruigte (resp., 0,24 t.o.v. 0,60 en 0,56). De graslanden zijn dus beduidend minder verontreinigd dan bos en ruigte.

Het blijkt dat metalen grotendeels de msPAF bepalen. In 7 van de 25 gevallen dragen ook organische verontreinigingen substantieel bij aan de msPAF. De bijdrage van de organische verontreinigingen is grotendeels terug te voeren op de gehalten aan drins. De overige stoffen dragen vrijwel niet bij aan de berekende acute toxiciteit.

Omdat in het onderzoek ook de beschikbare gehalten zijn gemeten, is ter indicatie ook een msPAF-berekening gedaan waarbij deze waarden gebruikt zijn (tabel 8).

Tabel 8 Verwachte toxiciteit (msPAF) op basis van gemeten beschikbaarheidsgehalten

Vegetatie	Locatie	msPAF	Locatie	msPAF
	Volledige Triade		Fysisch-chemische grondonderzoek	
bos	BP 01 Triade	0,00	BP 03A Chemie	0,00
	BP 06 Triade	0,00	BP 03B Chemie	0,00
	BP 08A Triade	0,00	BP 08B Chemie	0,00
	BP 13Z Triade	0,00	BP 08C Chemie	0,00
	BP 10 Triade	0,23	BP 09A Chemie	0,00
	BP 12 Triade	0,40	BP 09B Chemie	0,00
	BP 07B alt Triade	[illegible]	BP 11A Chemie	0,57
ruigte	BP 04B Triade	0,00		
	BP 04D Triade	0,00		
	BP 05C Triade	0,00		
	BP 08 Triade	0,00		
	BP 11 Triade	0,00		
	BP 13N Triade	0,00		
	BP 05B Triade	0,25		
	BP 07R Triade	0,66		
gras	BP 06A Triade	0,00		
	BP 06M Triade	0,00		
	BP 11R Triade	0,00		

Uit de berekening op basis van beschikbare gehalten blijkt dat metalen helemaal niet bijdragen aan de verwachte toxiciteit. Enkel drins zijn verantwoordelijk voor de waarden groter dan 0. Dit heeft te maken met de lage beschikbaarheid van de metalen en de hoge beschikbaarheid van drins. Op basis van deze berekeningen zijn er enkel ecologische risico's van drins te verwachten.

3.3.3 Grondwater

Naast de bodem is ook het grondwater onderzocht. De gemiddelde grondwaterstand in de Broekpolder was ongeveer 2,0 m-mv. De laagste grondwaterstand was ca. 3,5 m-mv op locaties 07R en 11R: dit zijn dan ook opgehoogde locaties. De hoogste grondwaterstand was ca. 0,5 m-mv op locatie 04D. Deze locatie lag in een lager deel van de Broekpolder. In onderstaande tabel zijn de interventiewaarde- en achtergrondwaarde-overschrijdingen – en van het gemiddelde van deze twee – weergegeven. De boorprofielen, inclusief grondwaterstanden, zijn opgenomen in bijlage 8 en de resultaten van de grondwateranalyses in bijlage 9.

Tabel 9 Samenvatting van de stoffen in het grondwater die normen overschrijden. IW = interventiewaarde, TW = gemiddelde van de interventiewaarde en achtergrondwaarde en AW = achtergrondwaarde.

Locatie	IW-overschrijding[a]:	TW-overschrijding[b]:	AW-overschrijding[c]:
Volledige Triade			
BP 01	-	barium	arseen, chroom, bromide, som ftalaten, cadmium*, koper*, lood*, molybdeen*, nikkel*, zink*, dieldrin*
BP 04B	barium	-	arseen, chroom, bromide, aldrin, dieldrin, som ftalaten
BP 04D	drins	-	arseen, barium, chroom, zink, bromide, aldrin, som ftalaten
BP 05B	-	-	arseen, barium, chroom, bromide, aldrin, dieldrin, som ftalaten
BP 05C	barium, drins	som ftalaten	arseen, chroom, bromide, aldrin, cadmium*, koper*, lood*, molybdeen*, nikkel*, zink*
BP 06	drins	barium	chroom, bromide, aldrin, som ftalaten, arseen*, cadmium*, koper*, lood*, molybdeen*, nikkel*, zink*,
BP 06A	-	-	arseen, barium, molybdeen, som ftalaten
BP 06M	-	-	arseen, barium, chroom, bromide, aldrin, som ftalaten
BP 07B alt	drins	arseen	barium, chroom, bromide, aldrin, dieldrin, endrin, som ftalaten
BP 07R	-	-	barium, chroom, bromide, aldrin, som ftalaten, dieldrin*
BP 08	-	-	arseen, barium, chroom, bromide, som ftalaten
BP 08A	cadmium	-	arseen, barium, chroom, nikkel, bromide
BP 10	arseen	-	barium, chroom, kobalt, zink, bromide, aldrin, dieldrin, som ftalaten
BP 11	-	barium	arseen, chroom, bromide, som ftalaten, cadmium*, koper*, lood*, molybdeen*, nikkel*, zink*
BP 11R	arseen	nikkel	barium, chroom, kobalt, lood, molybdeen, bromide, som ftalaten
BP 12	barium	-	arseen, chroom, bromide,
BP 13N	-	-	arseen, barium, chroom, bromide, dieldrin*
BP 13Z	arseen, drins	zink	barium, chroom, molybdeen, bromide, aldrin, dieldrin, som ftalaten

[a] het gehalte is groter dan de interventiewaarde
[b] het gehalte is groter dan het gemiddelde van de streef- en interventiewaarde en kleiner dan of gelijk aan de interventiewaarde
[c] het gehalte is groter dan de streefwaarde en kleiner dan of gelijk aan het gemiddelde van de streef- en interventiewaarde
** overschrijding van de streefwaarde door verhoogde rapportagegrens*

In alle grondwatermonsters worden meerdere metalen boven de achtergrondwaarde aangetoond. Daarnaast zijn er op een kleiner aantal locaties ook gehalten boven de achtergrondwaarde voor drins, ftalaten en bromide aangetoond. Interventiewaarde-overschrijdingen zijn op tien van de 18 locaties gevonden voor drins en/of de metalen arseen, cadmium en barium.

De grondwaterstand was ten tijde van het onderzoek relatief laag en zal daarom binnen het huidige onderzoek weinig invloed hebben op de ecologische risico's voor bodemprocessen en bodemorganismen in de ecologisch meest relevante laag van 20 cm-mv. Het grondwateronderzoek valt daarmee verder buiten de scope van dit Triade-onderzoek. opgemerkt dient te worden dat dit echter een momentopname is. Tijdens de winter zal de grondwaterstand in delen van de Broekpolder hoger zijn.

3.4 Biologische beschikbaarheid

Naast totaalgehalten zijn ook beschikbare gehalten van metalen en drins bepaald. Voor metalen is dit gedaan door middel van een milde extractie met 0,01M $CaCl_2$. Voor de drins met een 6-uurs Tenax-extractie (snel desorbeerbare fractie drins). Het gaat in beide gevallen om actueel beschikbare gehalten: dit zijn de gehalten die snel los kunnen komen (desorberen) van bodem

of al aanwezig zijn in het poriewater. Hierdoor zijn ze direct beschikbaar voor organismen die zich in de bodem bevinden.

3.4.1 Metalen

In bijlage 10 zijn de volledige gegevens van de beschikbaarheidsmetingen opgenomen. In tabel 10 zijn de gemiddelde beschikbare percentages van de metalen aangegeven op basis van de betrouwbare gegevens. Dit zijn locaties waar totaal- en beschikbaar gehalte beide boven de rapportagegrens zijn gemeten[6].

Tabel 10 Beschikbaarheidspercentages voor metalen, gemeten door middel van een milde extractie met 0,01M $CaCl_2$

Stof	gemiddeld beschikbaar percentage*	Min*	max*	aantal metingen*
barium	1,29%	0,29%	3,75%	24
borium	3,32%	1,89%	8,71%	8
cadmium	0,45%	0,17%	0,79%	21
koper	0,11%	0,07%	0,26%	14
lood	0,17%	0,17%	0,17%	1
zink	0,13%	0,05%	0,26%	23

**gebaseerd op metingen waarbij zowel totaalgehalte als beschikbare gehalten boven de rapportagegrens aangetoond*

Op basis van de betrouwbare gegevens blijkt dat de beschikbare fractie laag genoemd kan worden. Voor borium is deze het hoogst met gemiddeld 3,32% en voor koper het laagst met gemiddeld 0,11%. Het beschikbare percentage barium, en in mindere mate cadmium, koper en zink, hangt samen met het organische stofgehalte van de bodem. Bij een hoog organische stofgehalte is de beschikbaarheid relatief laag, terwijl een laag organische stofgehalte vaker een hoger beschikbaar percentage van deze metalen laat zien. Dit is een verband dat ook verwacht wordt: organische stof en lutum binden metalen, waardoor de beschikbaarheid minder wordt. Ook pH speelt hier een grote rol in. Het algemene beeld van een lage beschikbaarheid van metalen in de Broekpolder komt overeen met de relatief hoge pH van de bodem (pH-H_2O tussen 7,4 en 8,8).Gebieden met soortgelijke pH, zoals de Biesbosch en verschillende uiterwaarden, laten vergelijkbaar lage beschikbare gehalten metalen zien (Van Gestel, 2008). In tabel 11 is opgenomen welke bodemeigenschappen een belangrijke rol spelen bij de mate van beschikbaarheid van metalen. Deze tabel maakt inzichtelijk welk een complex geheel van bodemeigenschappen de beschikbaarheid van verschillende typen verontreinigingen bepaalt. Hierbij dient vermeld te worden dat niet elk van de aangegeven bodemeigenschappen gemeten is in het voorliggend onderzoek.

Over het algemeen kan gesteld worden dat de beschikbaarheid van de metalen in de monsters van de Broekpolder laag is. Op basis van deze metingen is het dus aannemelijk dat metalen geen sterke negatieve effecten hebben, ondanks de interventiewaardeoverschrijdingen en de grote invloed die ze op de msPAF hebben. Daarbij komt dat de beschikbaarheidsbepalingen met aërobe monsters uitgevoerd zijn. In deze omstandigheden is de beschikbaarheid hoger dan in anaërobe bodems en hiermee zijn de resultaten dus eerder sprake van een over- dan een onderschatting van de beschikbaarheid van metalen in de bodem.

[6] Het gebruiken een gemeten totaalgehalte en de rapportagegrens voor het beschikbare gehalte leidt tot een overschatting van de beschikbaarheid. Gebruik van de rapportagegrenzen van de totaalgehalten en een gemeten beschikbaar gehalte leidt juist tot onderschatting van de beschikbaarheid.

Tabel 11 Effect van bodemeigenschappen op de beschikbaarheid van metalen, drins en PCB's. De codering heeft betrekking op de beschikbaarheid bij toename van de betreffende bodemeigenschap (++ sterke toename beschikbaarheid, + toename, 0 geen effect, - afname, -- sterke afname) (naar: van den Brink et al., 2008).

Bodemeigenschap	Cd	Zn	As	Cu	Ni	Pb	Drins	PCB's
pH	--	--	+	-/--	--	--	0	0
Klei	-	-	0	-	-	-	0	0
Organische stof	-	-	0	--	-	-	--	--
DOC[1]	+	+	0	++/+	+	+	+/0	+/0
Fe/Al/Mn-hydroxides	0/-	0/-	--	0	0	-	0	0
Redoxpotentiaal	++	++	-	+	++	+/-	+	+
Grondwaterkwaliteit								
- calcium	-	-	0	-	-	-	0	0
- nutriënten (P en S)	0	0	+	0	0	-	0	0
- zout	+	+	0	0	+	+	0	0

[1]Dissolved Organic Carbon, opgeloste organische stof

3.4.2 Drins

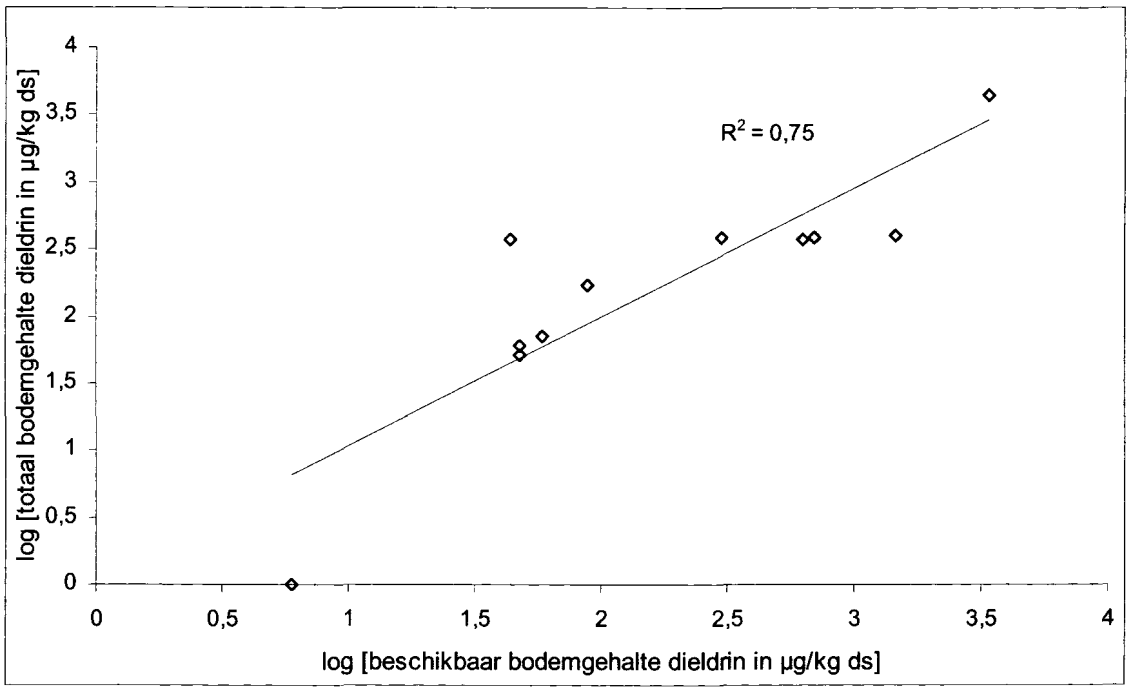
De gegevens van de beschikbaarheidsmetingen voor de drins zijn te vinden in bijlage 11. In onderstaande tabel zijn per locatie de somparameters van de drins weergegeven. Gemiddeld over alle locaties genomen is dieldrin de drin die in de hoogste gehalten voorkomt. Wat direct opvalt zijn de hoge percentages die beschikbaar zijn. Voor de monsters die in het Triade-onderzoek gebruikt zijn is de beschikbaarheid gemiddeld 72% en 74% (resp., som van 5 en 3 drins). Opvallend is dat in een aantal gevallen het beschikbare gehalte hoger is dan het totale gehalte. Voor monster 11A uit het fysisch-chemisch onderzoek is bij de biobeschikbaarheids-analyse zelfs een ruim 20 maal zo hoog gehalte voor de somparameter (3) gevonden als in de analyse van de totaalgehalten voor deze locatie! Een verklaring hiervoor is dat bij chemische analyse slechts enkele grammen monster in behandeling worden genomen. Bij een heterogeen verontreinigde bodem is het mogelijk dat er net een deelmonster met een hoog (of laag) gehalte in bewerking wordt genomen. Echter, de monsters zijn wel beide verzameld uit dezelfde 10 liter grond die bij het veldwerk verzameld is.

Tabel 12 Beschikbaarheidspercentages voor drins, gemeten door middel van een extractie met Tenax-staafjes

Locatie	Gemiddeld beschikbaar percentage som* drins (5)	Gemiddeld beschikbaar percentage som* drins (3)
Triadeonderzoek		
BP 01	63%	64%
BP 04B	64%	61%
BP 04D	67%	61%
BP 05B	120%	139%
BP 05C	64%	67%
BP 06	95%	89%
BP 06M	88%	59%
BP 07B alt	49%	54%
BP 07R	51%	56%
BP 10	103%	113%
BP 12	103%	135%
BP 13N	57%	55%
BP 13Z	6%	5%
gemiddelde Triade	*72%*	*74%*
Fysisch-chemische grondonderzoek		
BP 03A	54%	52%
BP 03B	94%	95%
BP 09A	96%	84%
BP 09B	67%	48%
BP 11A	1223%	2100%
gemiddelde chemie	*307%*	*476%*
gemiddeld totaal	**137%**	**185%**

*Som drins (5): Endrin, aldrin, dieldrin, isodrin en telodrin; Som drins (3) Endrin, aldrin en dieldrin

Over het algemeen is zo'n driekwart van het totaalgehalte aan drins beschikbaar in de monsters uit de Broekpolder. Dit is een hoge beschikbare fractie. Het is dus aannemelijk dat er ecologische risico's van drins zijn, voornamelijk op de plekken waar de interventiewaarden sterk overschreden worden. In de onderstaande figuur is het beschikbare gehalte dieldrin in de bodem uitgezet tegen het totaalgehalte dieldrin in de bodem. Deze relatie is redelijk sterk te noemen (r^2=0,75).



Figuur 1 De logaritmen van het totaalgehalte dieldrin en het beschikbaar gehalte dieldrin in de bodem. Deze relatie is relatief sterk te noemen.

3.5 Vergelijking met eerder onderzoek

Vanaf 1974 zijn er al meer dan 10 onderzoeken uitgevoerd naar de aard en mate van bodem- en grondwaterverontreiniging op verschillende locaties in de Broekpolder. In 1997 zijn door Chemielinco resultaten uit deze eerdere onderzoeken gebruikt bij de rapportage van een nader bodemonderzoek. Op basis van deze en door de opdrachtgever aangeleverde gegevens is een vergelijking gemaakt tussen de huidige en de eerdere resultaten van het bodemchemisch onderzoek. Hierbij is gebruik gemaakt van een Excel-bestand van de opdrachtgever met gegevens over de gehalten van organische en metaalverontreinigingen in de Broekpolder [Broekpolder bodemdata no 98.xls]. Ook is een onderzoek van Alterra naar de risico's van verontreinigingen in de Broekpolder voor grote grazers in de vergelijking betrokken (Ma et al., 2001).

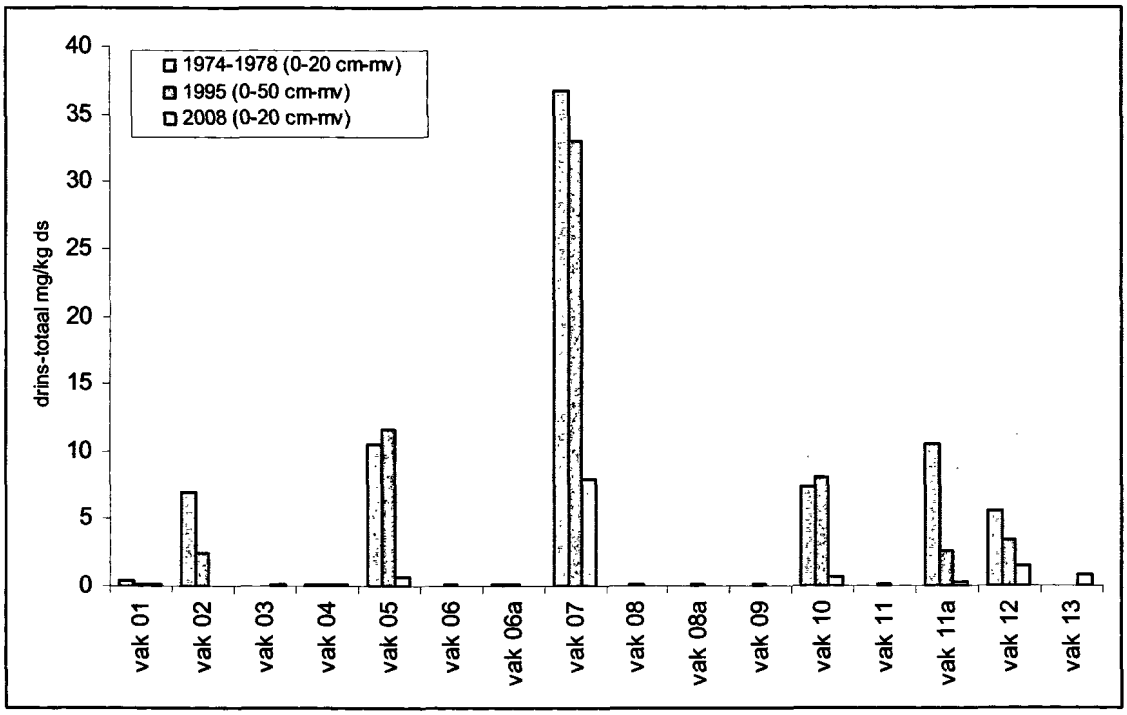
Uit het rapport van Chemielinco (1997) komt naar voren dat in alle vakken in de Broekpolder – behalve 1, 3, 6, 11a en 12 – ecologische risico's aanwezig zijn, die als urgent gezien werden. Humane risico's en verspreidingsrisico's werden niet verwacht, al waren de verspreidingsrisico's voor vakken 8 en 13 onzeker.

Wanneer de gegevens uit het huidige onderzoek naast de gegevens zoals aangeleverd door de opdrachtgever (nader onderzoek 1997-1998) worden gelegd, dan valt direct op dat deze gegevens goed vergelijkbaar zijn voor metalen en lutum- en organisch stof gehalte (zie bijlage 12). Het sterkste verschil is te zien in vak 6A: dit vak was in het huidige onderzoek erg schoon, terwijl in het eerdere onderzoek tot ruim 45 maal hogere gehalten metalen zijn aangetroffen. Zowel het lutum- als organisch stof gehalte zijn ook zeer verschillend (respectievelijk 11 en 7 maal lager dan in het eerdere onderzoek). Hetzelfde is in mindere mate te zien in vak 5: deze was sterker verontreinigd met zware metalen in het eerdere onderzoek.

Wat betreft de organische verontreinigingen zijn vergelijkingen te maken tussen PCB's (som), drins (som) en ftalaten (som). Hieruit blijkt dat de gehalten PCB's die aangetroffen zijn in het huidig onderzoek in de vakken 4, 6 en 7 tot ruim viermaal hoger zijn dan in eerder onderzoek. Voor de vakken 5, 12 en 13 zijn deze gehalten juist tot vijfmaal lager. Drins zijn slechts in zeven vakken gemeten in eerder onderzoek: gehalten waren toen op alle locaties waar gemeten is hoger, variërend van 1,3 (vak 4) tot wel 17 maal (vak 5). Wat betreft de ftalaten is geen goede vergelijking te maken. De totaalgehalten die uit het eerdere onderzoek naar voren zijn gekomen

waren allemaal gelijk aan 7 mg/kg ds: dit doet vermoeden dat het hier om een rapportagegrens gaat voor deze somparameter. Door de lagere rapportagegrenzen voor ftalaten in het huidige onderzoek worden in dit onderzoek tot ruim 17 maal lagere gehalten ftalaten aangetroffen.

In de rapportage van Chemielinco (1997) worden aangetroffen dringehalten uit 1995 en de periode 1974-1978 samengevat. In 1974-1978 is – evenals in het huidige onderzoek – de laag van 0-20 cm-mv bemonsterd. In 1995 betrof dit de laag van 0-50 cm-mv. De gehalten uit 1995 zijn vergelijkbaar met deze uit 1974-1978. Wanneer deze gehalten echter worden vergeleken met de in het huidig onderzoek aangetroffen gehalten, blijkt dat deze beduidend lager zijn in het huidige onderzoek (zie figuur 2). Met name vak 5, 10 en 11a hebben beduidend lagere gehalten in 2008 dan in de eerdere onderzoeken (ca. 10 tot 40x lager). Het is echter onwaarschijnlijk dat dit verschil volledig veroorzaakt is door afbraak van drins. Aldrin en isodrin wordt onder invloed van zuurstof namelijk in respectievelijk dieldrin en endrin omgezet. Deze eerste is daarbij ook nog zeer persistent en heeft een vermoedelijke halfwaardetijd in de bodem van tussen de 5 jaar tot meer dan 20 jaar (ATSDR, 2002; Van de Leemkule et al., 1998). Gezien het feit dat er tussen het eerste onderzoek en het huidige onderzoek iets meer dan 30 jaar zijn verstreken, is het tot ca. 40 maal lagere drin-gehalte niet enkel door afbraak te verklaren. De meest waarschijnlijke verklaring voor de lagere gehalten in dit onderzoek is een combinatie van factoren. De heterogeniteit van de drin-verontreiniging (lokaal verschillen in gehalten) in combinatie met de afbraak en het vervliegen van drins uit de bodem en gedeeltelijke uitspoeling. Een grote invloed van uitspoeling naar diepere lagen is onwaarschijnlijk, aangezien dieldrin slecht wateroplosbaar is en zich sterk hecht aan organische stof in de bodem (Thompson et al., 1970).



Figuur 2 Totale dringehalten bij onderzoeken uit 1974-1978, 1995 en 2008. In 2008 is vak 2 niet bemonsterd, van 1974-1978 en 1995 zijn geen gegevens van vakken 3 en 13 bekend.

Bij de vergelijking met de gegevens zoals door de opdrachtgever aangeleverd zijn moet in acht genomen worden dat gemiddelde waarden voor de vakken zijn berekend. Daarnaast is het onwaarschijnlijk dat binnen het huidige onderzoek op exact dezelfde plekken is bemonsterd als in eerdere onderzoeken. Ook is in dit onderzoek de ecologisch meest relevante bodemlaag (0-20 cm-mv) bemonsterd, terwijl bij regulier verkennend en nader bodemonderzoek over het algemeen de laag van 0-50 cm-mv als bovenlaag wordt beschouwd en dus ook bemonsterd. Dit laatste is ook het geval voor de gegevens uit het nader bodemonderzoek uit 1997 zoals aangeleverd door DCMR. Dieper gelegen verontreinigingen zullen een beperktere invloed op de ecologische toestand van een gebied hebben dan de meer oppervlakkige verontreinigingen.

In onderstaande tabel zijn gegevens uit het huidige onderzoek en dat uit 1998 samengevat.

Tabel 13 Stoffen waarvoor interventiewaardenoverschrijdingen* zijn per vak per onderzoeksjaar

Locatie	1998	2008	
vak 1	-	(drins), *dioxines*	
vak 2	zink, (drins)	*[niet onderzocht]*	
vak 3	-	zink	
vak 4	-	zink, (drins)	
vak 5	**drins**, zink	(drins)	
vak 6	-	-	
vak 6A	zink	-	
vak 7	**drins**, zink	**drins**, zink, barium, chroom	
vak 8	cadmium, zink	zink, cadmium, chroom, *dioxines*	
vak 8A	cadmium, zink	zink, cadmium, chroom	
vak 9	cadmium, zink	cadmium, chroom, zink, *dioxines*	
vak 10	**drins**	(drins)	
vak 11	cadmium, zink	chroom, zink	
vak 11 (R=heuvel)	*[niet onderzocht]*	-	
vak 11A	(drins)	*dioxines*, (drins)	
vak 12	(drins)	*dioxines*, (drins)	
vak 13	(drins)	**aldrin**, (drins)	

*Interventiewaarden op basis van Circulaire 2009, met tussen haakjes de overschrijdingen op basis van de Circulaire van november 2008; **dikgedrukte** stoffen zijn (potentieel) sterk biologisch beschikbaar. *Schuingedrukt* staan stoffen die in 1998 niet geanalyseerd zijn.

In de bovenstaande tabel zijn de vakken aangegeven waarin onderzoek is verricht met daarbij per onderzoek de stoffen waarvoor de interventiewaarden is overschreden. Hierbij is uitgegaan van de interventiewaarden uit de Circulaire bodemsanering 2009. Wel moet in acht genomen worden dat in het huidige onderzoek meer stoffen zijn onderzocht dan in het onderzoek uit 1998. Dioxines overschrijden in dit onderzoek in een aantal vakken de interventiewaarde; in 1998 is deze stofgroep niet geanalyseerd. Desondanks zijn de resultaten goed vergelijkbaar voor de stoffen die wel in beide onderzoeken gemeten zijn. Plekken die in 1998 overschrijdingen voor metalen lieten zien, laten dat grotendeels nog zien. Voor drins geldt hetzelfde, al zijn de overschrijdingen beperkter in het huidige onderzoek.

De stoffen waarvan een hoge beschikbaarheid voor organismen verwacht wordt op basis van de chemische beschikbaarheidsanalyses, zijn de drins. Ook dioxines zijn mogelijk goed beschikbaar voor organismen, maar de biologische beschikbaarheid van deze groep is in dit onderzoek niet nader onderzocht. Metalen zijn dusdanig slecht beschikbaar dat hier geen negatieve effecten van verwacht worden. In de komende hoofdstukken wordt hier verder op ingegaan.

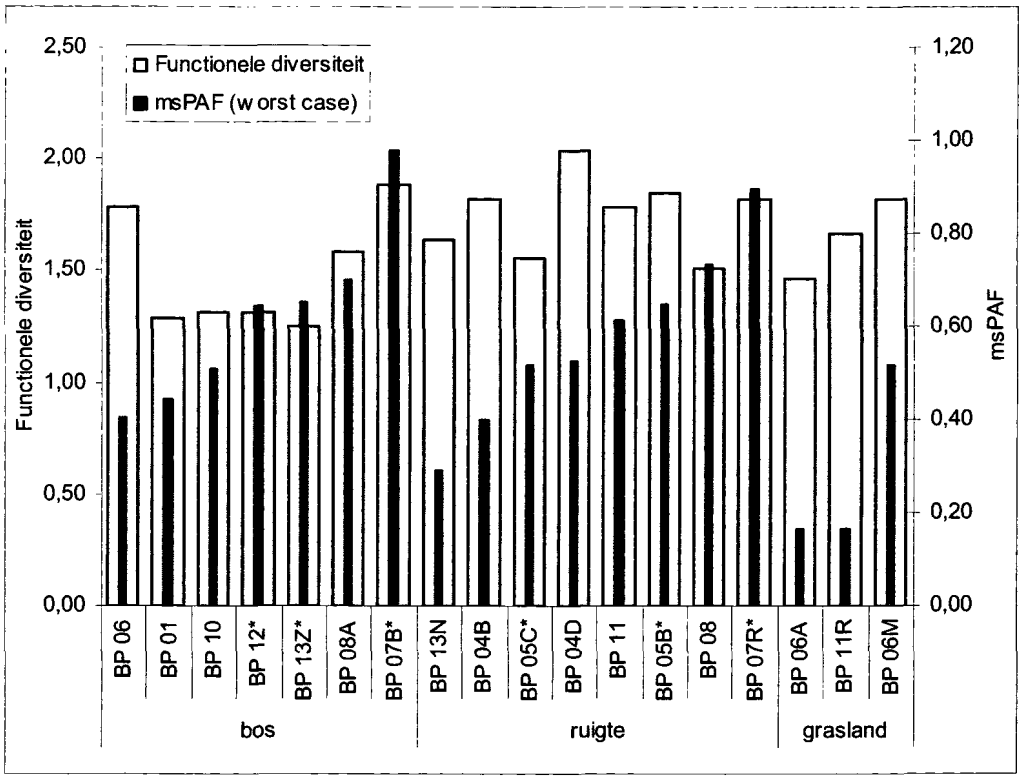
4 Resultaten: Bioassays

4.1 Samenvatting bioassays

- De functionele diversiteit van bacteriën in de bodem van de Broekpolder is vergelijkbaar referentiestadsparken op zand. De functionele activiteit varieert een factor tien. Het gemiddelde is wat hoger dan voor referentiestadsparken op zand, maar lager dan voor referentieakkerbouwgebieden op klei.
- Verschillen in zowel functionele diversiteit als activiteit van bacteriën in de bodem van de Broekpolder zijn niet te relateren aan verontreinigingsgraad. In graslanden is de activiteit lager dan in ruigtes en bossen: dit hangt waarschijnlijk samen met de hogere pH en de lagere fosfaat-, organische stof- en lutumgehalten in dit vegetatietype.
- De bacteriële groeisnelheid is bepaald aan de hand van thymidine- en leucine-inbouw. Deze twee parameters waren sterk gecorreleerd met elkaar. Naast bacteriële groeisnelheid is ook de bacteriële biomassa bepaald. Er is geen direct verband gevonden tussen verontreinigingsgraad of bodemeigenschappen met thymidine- en leucine-inbouw en met bacteriebiomassa.
- Voor thymidine-inbouw en bacteriële biomassa zijn in het kader van het Landelijk Meetnet Bodem referentiewaarden opgesteld. Die voor stadsparken op zand en akkerbouw op klei zijn het meest relevant voor de Broekpolder. Uit een vergelijking blijkt dat zowel de thymidine-inbouw (als maat voor de bacteriegroei) en de bacteriële biomassa in alle monsters van de Broekpolder laag zijn. Dit heeft waarschijnlijk te maken met de relatief hoge pH en lage nutriëntenbeschikbaarheid in de Broekpolder, en niet met de verontreinigingen.
- De Microtox-assay laat in geen van de monsters uit de Broekpolder een negatief effect zien.
- Er was geen effect van de verontreiniging op de kieming en groei van Engels raaigras.
- De groei van Engels raaigras was voor de Broekpolder ongeveer een derde lager dan in een standaardbodem die ter controle van de uitvoering van de test wordt meegenomen. De meest waarschijnlijk verklaring hiervoor is de hoge pH van de monsters: deze ligt rond de limiet van Engels raaigras. Ook de lage fosforbeschikbaarheid kan een rol spelen.
- In geen van de vier bioassays zijn aanwijzingen gevonden voor negatieve effecten veroorzaakt door verontreinigingen. Lagere gehalten kunnen veelal verklaard worden door verschillen in bodemeigenschappen, zoals pH, organische stof en nutriëntenbeschikbaarheid.

4.2 CLPP (Biolog)

In de Biolog-assay is de activiteit en functionele diversiteit van de microbiële gemeenschappen die voorkomen op de verschillende monsterlocaties in de Broekpolder bepaald. Daarnaast is het aantal kolonievormende eenheden per gram grond bepaald. De resultaten zijn opgenomen in bijlage 13.



Figuur 3 Functionele diversiteit (eenheid: 1 / helling AWCD-curve; zie tekst) per vegetatietype gesorteerd op toenemende msPAF. De locaties gemarkeerd met een "" hebben een msPAF voor organische verontreinigingen van >0.25.*

In de Biolog test wordt de omzetting van verschillende substraten (voedselbronnen) door bacteriën uit de bodem van de locatie gemeten. Door omzetting van het substraat ontstaat een kleurreactie. De intensiteit van de kleur geeft de mate van omzetting van het substraat en daarmee de microbiële activiteit in het monster aan. Het aantal omgezette substraten is een maat voor de functionele diversiteit.

De functionele diversiteit is het gemak waarmee de verschillende substraten in de test omgezet kunnen worden bij oplopende verdunningen (figuur 3). Bij monsters waar de functionele diversiteit laag is, zal bij verschillende substraten de omzetting in lagere verdunningen (=dichtheid van de bacteriën neemt af) langzamer of niet verlopen, omdat minder of geen functionele groepen die deze substraten efficiënt om kunnen zetten aanwezig zijn. Bij de minst diverse gemeenschap (één soort = een reincultuur) zal er nog wel omzetting van een aantal substraten plaatsvinden, maar bij lagere verdunningen zal dit proces veel minder efficiënt verlopen omdat één soort niet in staat is alle substraten om te zetten, vooral niet degene waarop ze weinig tot niet kunnen groeien. Wanneer echter de diversiteit in het monster groot is, zal er ook in de lagere verdunningen een voldoende grote diversiteit aanwezig zijn om de substraten snel en efficiënt om te zetten; er is immers altijd wel een soort aanwezig die een substraat om kan zetten, hierdoor dus snel in aantal toe kan nemen waardoor op een gegeven moment al het substraat om is gezet.

Deze functionele diversiteit wordt daarom aangeduid als de helling van de AWCD-curve (Average Well Colour Development: de gemiddelde kleuring van de substraatputjes in de BIOLOG-platen bij verschillende verdunningen). Uitgebreide informatie over de achterliggende berekening zijn te vinden in Breure et al. (1997). Om de vergelijking simpel te houden is in de figuur de inverse van de helling genomen: hoe hoger dit getal, hoe hoger de diversiteit.
Locatie 04D heeft de hoogste functionele diversiteit (2,04). De laagste functionele diversiteit wordt gevonden op locatie 13Z (1,25). Ter vergelijking: de diversiteit van een reincultuur is 0,71.

De referentie voor bos (06) heeft een hogere functionele diversiteit dan de overige boslocaties, op 07B na. Voor ruigtes is dit niet het geval: op 05C en 08 na heeft de referentielocatie (13N) een lagere functionele diversiteit dan de overige locaties. Voor grasland hebben beide referenties (06A en 11R) een lagere functionele diversiteit dan de sterker verontreinigde locatie 06M.

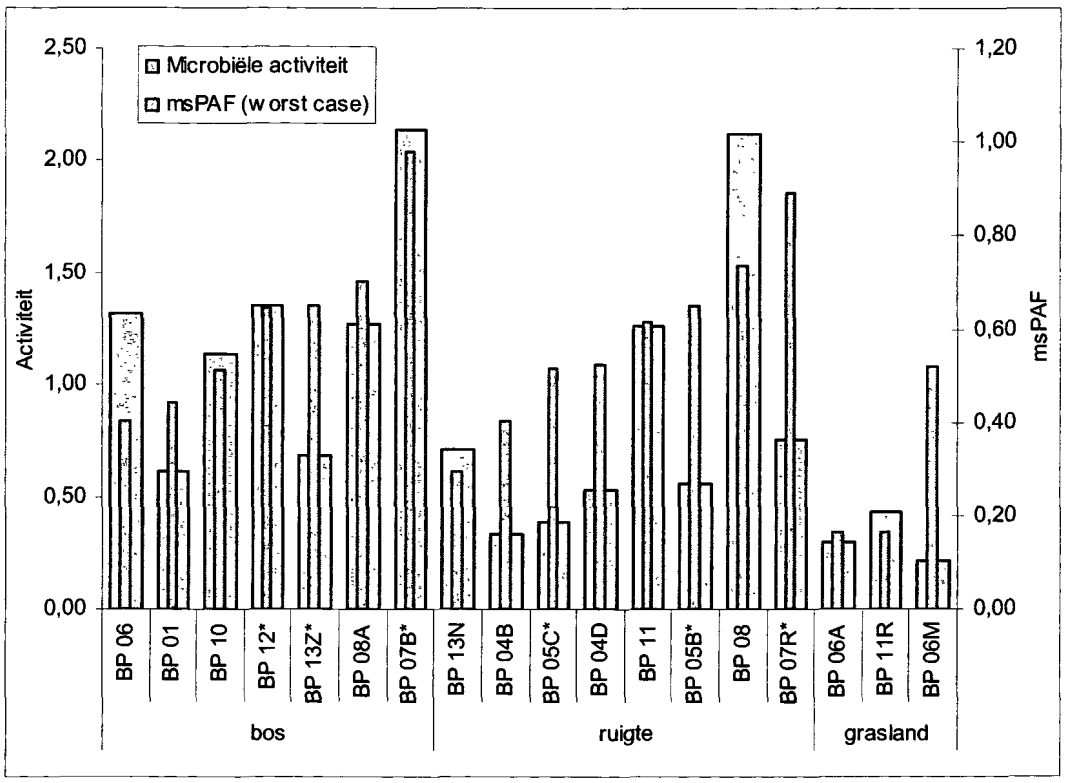
In het Landelijk Meetnet Bodemkwaliteit (LMB) zijn van verschillende bodemecosystemen referenties opgenomen (Rutgers et al., 2007). De qua bodemeigenschappen meest op de Broekpolder gelijkende bodemecosystemen in het LMB zijn:
- Stadsparken op zand (pH 6,5; organische stof 5%, lutum 6%), en
- Akkerbouw op klei (pH 7,6; organische stof 2,2%, lutum 20%).

De referentiestadsparken op zand hebben een functionele diversiteit van gemiddeld 1,67 en de referenties voor akkerbouw op klei van 1,54. De Broekpoldermonsters zitten hier tussenin met een gemiddelde van 1,63. De referentie voor het vegetatietype bos (06) heeft met 1,79 een hogere diversiteit dan gemiddeld voor de Broekpolder, terwijl de referentie voor ruigtes (13N) vlakbij dit gemiddelde zit (1,64). De twee referenties voor grasland (06A en 11R) hebben een van elkaar afwijkende functionele diversiteit (resp., 1,47 en 1,67).

De functionele activiteit is de snelheid waarmee de substraten afgebroken worden (figuur 4). Dit wordt gemeten in de hoeveelheid grond die nodig is om 50% van het substraat in de BIOLOG-platen af te breken. Om de microbiële activiteit inzichtelijker te maken is in de grafiek de inverse van de eenheid voor activiteit genomen. Hierdoor betekent een lage activiteit een lage waarde in de grafiek. De gemiddelde activiteit in de monsters van de Broekpolder was 1,68 mg grond voor 50% substraatomzetting. Dit is een lagere activiteit dan het gemiddelde van 1,28 in de referenties voor stadsparken in het LMB, maar weer hoger dan het gemiddelde van 2,7 voor referenties van akkerbouw op klei (Rutgers et al., 2007). De laagste activiteit werd gevonden in monster 06M: hier was 4,55 mg grond nodig om de helft van het substraat om te zetten. De hoogste activiteit was in monsters van de locaties 07B en 08 (0,47 mg grond/50% omzetting).

In bos was de functionele activiteit gemiddeld het hoogst, daarna in ruigtes en en daarna in grasland. In bos was de functionele diversiteit in alle monsters, op twee na (12 en 07B), lager dan in de referentie (06). Voor ruigtes was de activiteit hoger dan de referentie (13N) in drie van de 7 locaties (11, 08 en 07R). De overige locaties hadden een lagere activiteit. Voor grasland hadden beide referentielocaties een hogere functionele activiteit dan 06M.

Het aantal kolonievormende eenheden (CFU) is goed vergelijkbaar tussen de locaties. Locatie 08A heeft het hoogste aantal ($2{,}8 \times 10^7$ CFU/g grond) en 13N het laagste aantal ($4{,}8 \times 10^6$ CFU/g grond).



Figuur 4 De functionele activiteit (eenheid: 50% substraatomzetting/mg grond) per vegetatietype gesorteerd op toenemende msPAF. De locaties gemarkeerd met een "" hebben een msPAF voor organische verontreinigingen van >0.25.*

Wat opvalt, is dat er geen verband is tussen de verontreinigingsgraad en de functionele activiteit en functionele diversiteit van de bodem in de Broekpolder. De monsters met een lage functionele diversiteit hebben net zo vaak een hoge als lage msPAF. Ook is er geen verband tussen de functionele activiteit en de functionele diversiteit. Dit betekent dat een lage activiteit *niet* wil zeggen dat de diversiteit van de microbiële gemeenschap op die locatie ook laag is. Wel is er een samenhang tussen de activiteit en het vegetatietype: de activiteit in grasland is beduidend lager dan in bos en ruigte. De graslanden die bemonsterd zijn hebben een hogere pH en een lager fosfaat-, organische stof- en lutumgehalte. Met name het lage organische stofgehalte en de hoge pH zijn waarschijnlijk de oorzaak van de lage microbiële activiteit in deze monsters.

De gemiddelde waarden voor de stadsparken op zand en akkerbouw op klei in het LMB zijn wat betreft diversiteit en activiteit goed vergelijkbaar met de gemiddelde waarden van de monsters van de Broekpolder. De 5- en 95-percentielwaarden zijn met betrekking tot de activiteit voor de Broekpolder echter iets extremer; 0,47 en 3,57 mg grond / 50% omzetting tegenover 0,71 en 2,99 mg grond / 50% omzetting voor stadsparken in het LMB. De spreiding tussen de 5- en 95-percentielwaarden voor functionele activiteit in de Broekpolder zijn juist weer laag vergeleken met akkerbouw op klei: 0,014 tot 3,96 mg grond / 50% omzetting. Dit laatste heeft er waarschijnlijk mee te maken dat veel akkerbouwgebieden bemest worden: hierdoor kan de functionele activiteit sterk toenemen.

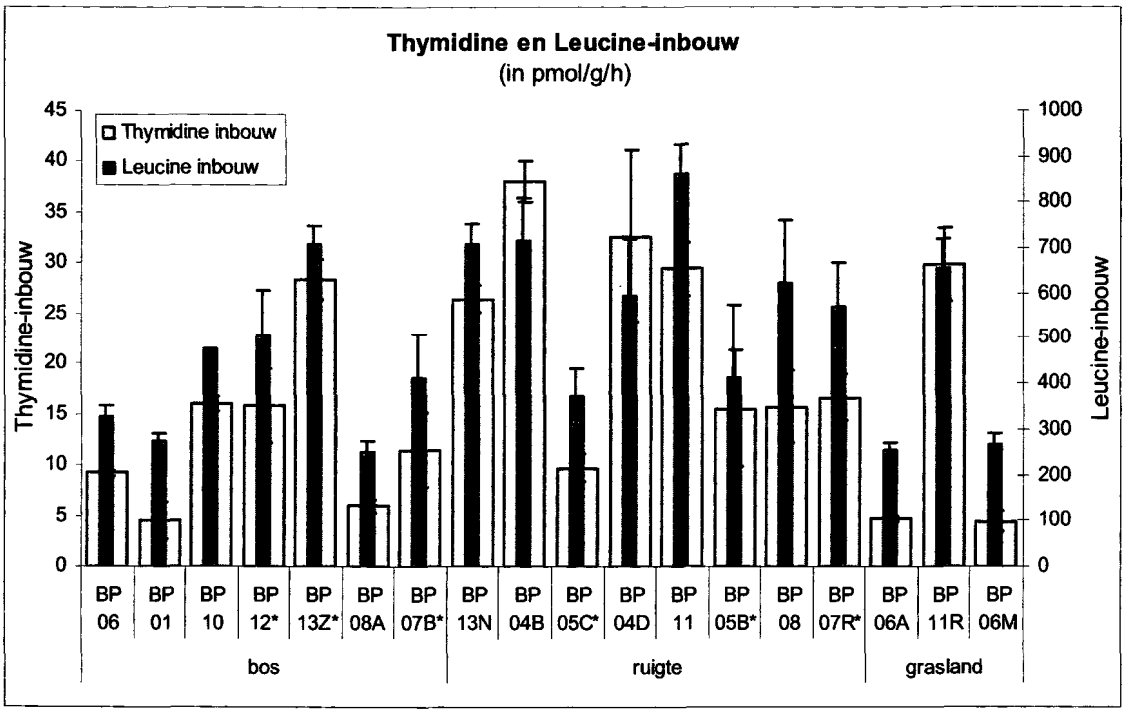
4.3 Bacteriële groeisnelheid (thymidine- en leucine-inbouw)

De resultaten van de bacteriële groeisnelheidsbepaling staan in bijlage 14 en zijn weergegeven in figuur 5. Daarnaast is ook de bacteriebiomassa bepaald: deze is weergegeven in figuur 6.

Thymidine vormt een bouwsteen voor het DNA. Thymidine vormt daarmee een maat voor de groeisnelheid en celdeling. Leucine is een bouwsteen voor eiwitten. Leucine-inbouw is hiermee een maat voor de groei van de bacteriën en het onderhoud van celmateriaal.

Uit eerder onderzoek is gebleken dat de thymidine inbouw meestal sterker afneemt door verontreinigingen dan de leucine inbouw. Bacteriën zullen bij stress namelijk eerst onderhoud aan de cel plegen en daarna pas aan celdeling en groei toekomen (Bloem en Bolhuis, 2006). Naast verontreiniging kunnen lage waarden in beide gevallen echter ook door een laag organische stof gehalte of een suboptimale pH veroorzaakt worden. Daarom is de verhouding tussen thymidine- en leucine-inbouw ook van belang. Verschillen hierin kunnen duiden op aangepaste bacteriële gemeenschappen.

De thymidine-inbouw is laag op de locaties 01, 06A, 06M en 08A (tussen 4,4 en 5,9 pmol/g grond/uur). Locaties 04B, 04D, 11, 11R en 13N laten juist een hoge thymidine-opname zien (tussen 26,5 en 38,2 pmol/g grond/uur). Het gemiddelde voor de Broekpolder is 17,5 pmol/g grond/uur. Leucine laat dezelfde trend zien: het positieve verband tussen deze twee parameters is sterk (r^2=0,81). Dit houdt in dat de verhouding thymidine-leucine relatief eenduidig is. Het grootste verschil is 3,4 maal en dit is te vinden tussen locatie 01 (0,016) en locaties 04D en 04B (resp., 0,054 en 0,053). Op de eerste locatie is het celonderhoud belangrijker dan de groei, terwijl voor de laatste twee locaties juist relatief veel in de celdeling wordt geïnvesteerd: locatie 01 zou in principe meer last hebben van verontreiniging dan locaties 04D en B.

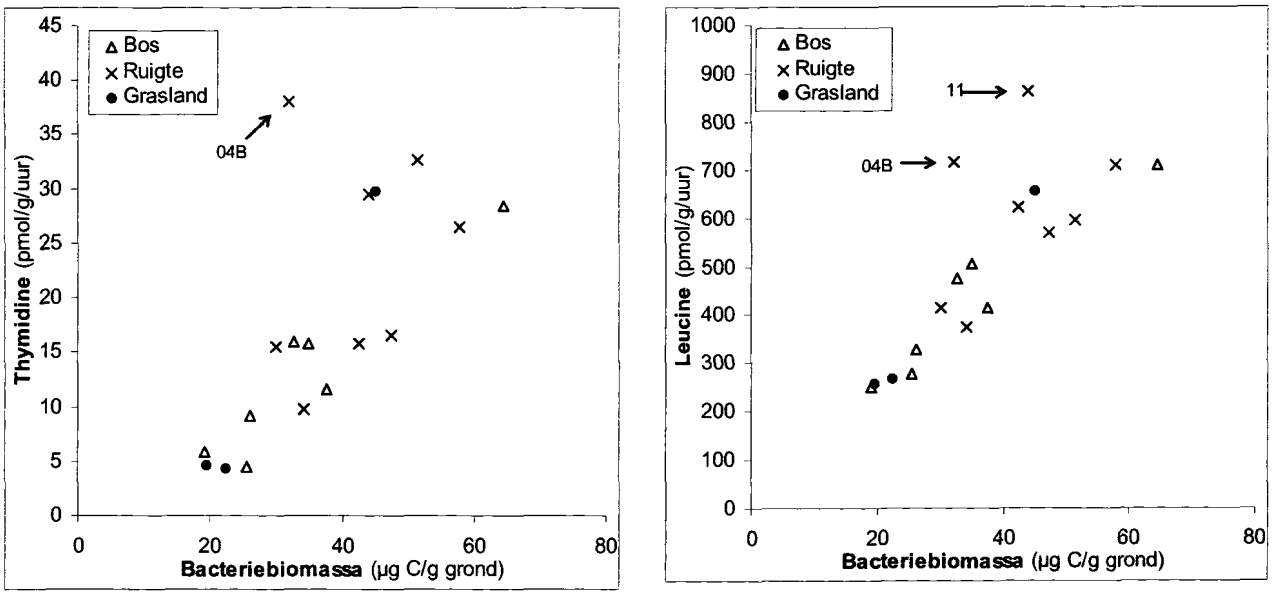


Figuur 5 Bacteriële groeisnelheid als thymidine- en leucine-inbouw (±sd) per vegetatietype gesorteerd op toenemende msPAF. De locaties gemarkeerd met een "" hebben een msPAF voor organische verontreinigingen van >0,25.*

Wanneer de gevonden waarden voor bacteriële biomassa en thymidine-inbouw vergeleken worden met referentiewaarden voor stadsparken op zand en akkerbouw op klei uit het Landelijk Meetnet Bodemkwaliteit, dan blijkt dat beide in alle monsters van de Broekpolder duidelijk lager zijn. De referenties voor stadsparken hebben een gemiddelde bacteriële biomassa van 107 µg/g grond en akkerbouw op klei van 51 tegen gemiddeld 37 in de Broekpolder. Voor thymidine is het verschil vergelijkbaar: referentiestadsparken hebben een gemiddelde inbouw van 44 pmol thymidine/g grond per uur en referentie-akkerbouwgebieden op klei van 151. In de Broekpolder is dit gemiddeld 17,5. De hoge pH van de Broekpolder en de lage beschikbaarheid van fosfor kunnen leiden tot lage waarden voor biomassa en daarmee thymidine- en leucine-incorporatie.

Er is geen direct verband gevonden tussen verontreinigingsgraad of bodemeigenschappen met thymidine- en leucine-inbouw en met bacteriebiomassa. De zeer lage beschikbaarheid van de

metaalverontreinigingen in de Broekpolder is waarschijnlijk de belangrijkste reden dat er geen duidelijk negatieve effecten zijn aangetoond in de monsters van de Broekpolder. De beschikbaarheid van metalen voor microörganismen is over het algemeen nog lager dan het met $CaCl_2$-extraheerbare gehalte dat in dit onderzoek is gebruikt (Van den Brink et al., 2008). Insecticiden, zoals drins, hebben pas effect op microbiologische processen in de bodem bij concentraties die een factor 1000 hoger zijn dan gevonden in de Broekpolder (Xu et al., 1999; Bollen en Tu, 1971).



Figuur 6 *Bacteriële biomassa ten opzichte van thymidine-inbouw (links) en leucine-inbouw (rechts) per vegetatietype. Zonder de uitbijters 04B (thymidine en leucine) en 11 (leucine) is er een sterke correlatie tussen de bacteriële biomassa en beide parameters voor groeisnelheid (R^2 respectievelijk 0,74 en 0,89).*

4.4 Microtox

In de Microtoxtesten was geen effect meetbaar bij de hoogste concentratie van het extract dat getest is (90%).
De 0,001M $CaNO_3$-extractie die gebruikt is om elutriaat te verkrijgen, is een milde extractie, net als de 0,01M $CaCl_2$-extractie die gebruikt is om de actuele beschikbaarheid van metalen te bepalen. Deze actuele beschikbaarheid van metalen blijkt zeer laag te zijn (zie paragraaf 3.4.1). Het is aannemelijk dat door de lage biobeschikbaarheid weinig verontreinigingen geëxtraheerd zijn en er in dit geval geen negatieve effecten in de Microtox-test zijn waargenomen. Er zijn dan ook geen verschillen tussen referentielocaties en de overige locaties aangetroffen.

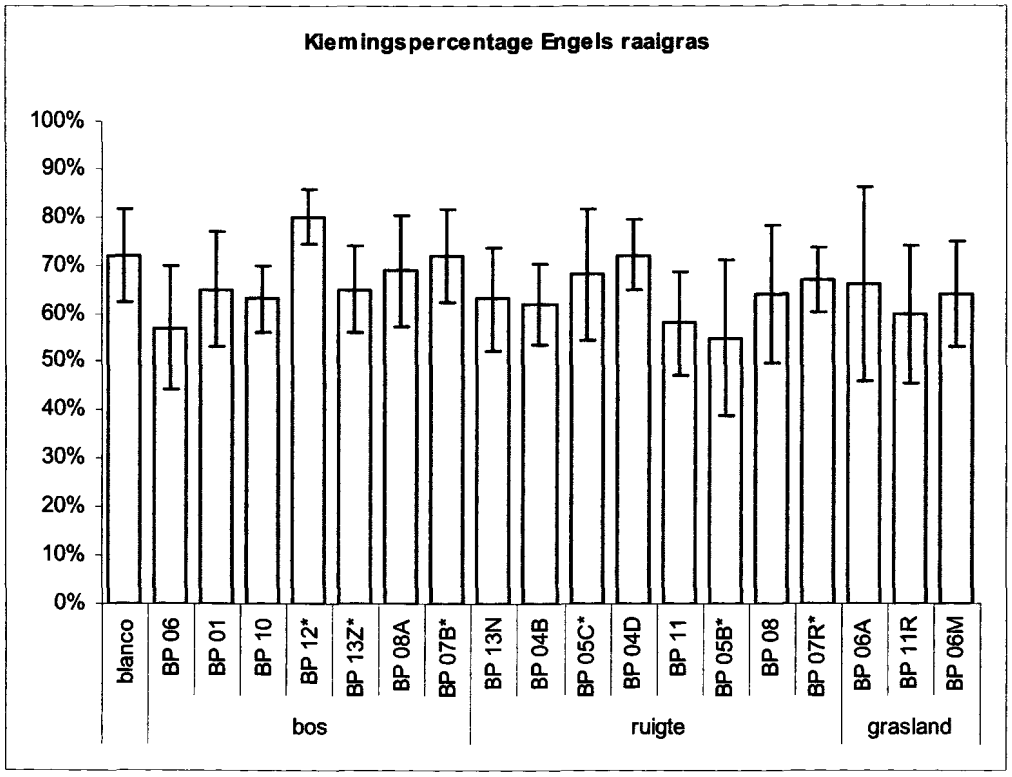
4.5 Plantenkieming- en –groeitest

Naast de microbiologische bioassays is er tevens een bioassay met een hoger organisme uitgevoerd, te weten Engels raaigras (*Lolium perenne*). Hierbij is gekeken naar het kiemingspercentage en naar nat- en drooggewicht per ontkiemde plant. In figuur 7 is het gemiddelde kiemingspercentage weergegeven. De volledige gegevens zijn opgenomen in bijlage 15.

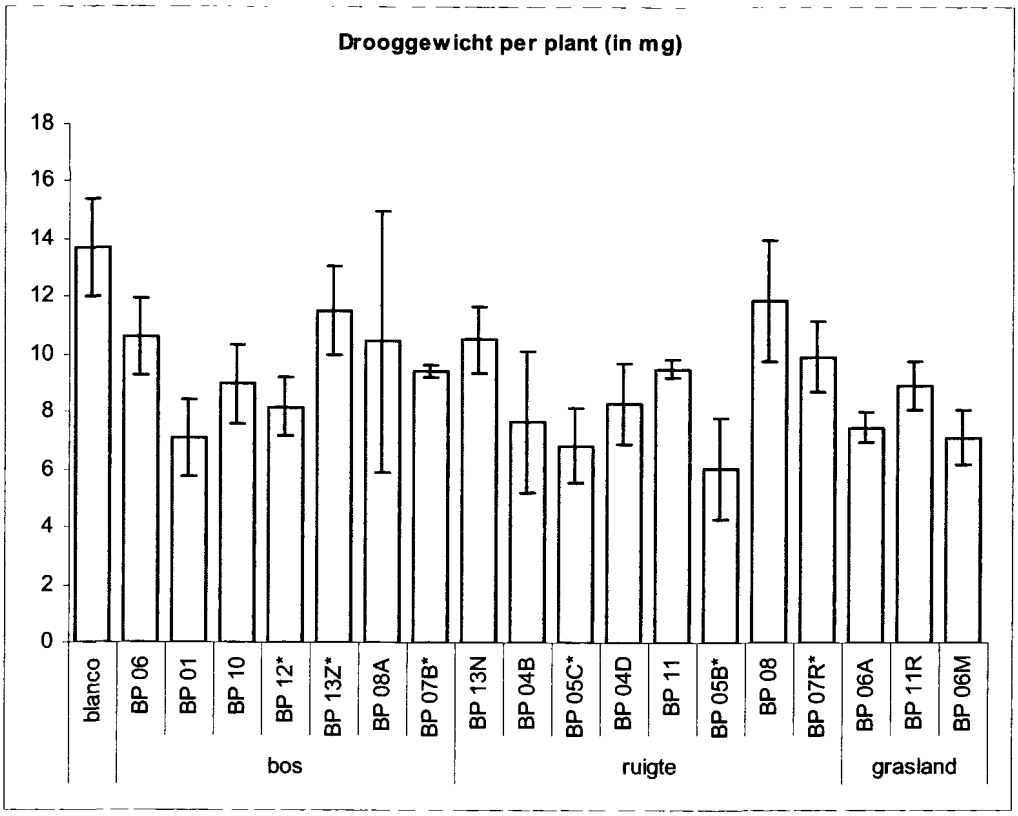
Het kiemingspercentage is met 55% het laagst op locatie 05B en het hoogst op locatie 12 (80%). Dit verschil is niet significant ($p>0,05$). Kieming lijkt niet negatief beïnvloedt te worden door de verontreinigingsgraad van het monster. De referentielocatie bos (06) heeft bijvoorbeeld een lager kiemingspercentage dan de overige boslocaties. Ook de bodemeigenschappen lijken geen sterke invloed te hebben op het kiemingspercentage. Het gemiddelde kiemingspercentage van de monsters is 65%.

In figuur 8 is het gemiddeld drooggewicht per ontkiemd plantje weergegeven. Het gemiddelde drooggewicht is net als het kiemingspercentage het laagst op locatie 05B (6,1 mg/plant). Loca-

tie 08 heeft het hoogste drooggewicht per ontkiemde plant met 11,9 mg. Het gemiddelde voor alle monsters van de Broekpolder is 8,9 mg/plant. Evenals bij het kiemingspercentage is geen duidelijk verband te vinden tussen groei en verontreinigingsgraad. Dit is niet verwonderlijk aangezien de beschikbare gehalten metalen (milde extractie met $CaCl_2$) erg laag waren (zie paragraaf 3.4.1) en dit juist het gedeelte is dat door planten direct opneembaar is (Klok et al., 2004). De hoge gehalten drins zouden ook geen probleem moeten zijn, aangezien dit – inmiddels verboden – gewasbeschermingsmiddelen zijn.



Figuur 7 Gemiddeld kiemingspercentage (±sd) van Engels raaigras (Lolium perenne) per vegetatietype gesorteerd op toenemende msPAF. De locaties gemarkeerd met een "" hebben een msPAF voor organische verontreinigingen van >0,25.*



Figuur 8 Gemiddeld drooggewicht per plantje (±sd) per vegetatietype gesorteerd op toenemende msPAF. De locaties gemarkeerd met een "" hebben een msPAF voor organische verontreinigingen van >0,25.*

Wel is er een verschil te zien tussen de blanco – die op kunstgrond is gegroeid – en de monsters uit de Broekpolder. De blanco heeft een duidelijk hoger drooggewicht per plant dan de overige monsters (13,7 mg/plant tegenover 8,9 mg/plant). Er is dus een effect van de monsters op de groei van het Engels raaigras. Een aannemelijke verklaring hiervoor is een pH-effect. De hoge pH in de Broekpoldermonsters kan remmend werken op de groei; de locatie met de laagste pH-waarde heeft ook de hoogste groei (08), en één van de schoonste locaties (06A) groeit relatief slecht, maar heeft de hoogste pH van alle monsters. Engels raaigras groeit het best tussen een pH van 6,0 tot 7,0 bij een voldoende hoge nutriëntenbeschikbaarheid (Beddows, 1967). Zowel een lage als hoge pH kan ervoor zorgen dat nutriënten minder beschikbaar zijn voor planten. Bij een lage pH kan er uitspoeling van nutriënten plaatsvinden en wordt het opnamemechanisme van de plant verstoord en bij een hoge pH kunnen nutriënten en sporenelementen dusdanig aan bodemdeeltjes gebonden zijn, dat er een gebrek aan ontstaat (Binkley en Vitousek, 1989). De nutriënten die de planten tijdens de test toegediend hebben gekregen, kunnen gedeeltelijk vastgelegd zijn in de grond waardoor verschillen in groeisnelheid zijn ontstaan.

5 Resultaten: Veldinventarisatie

5.1 Samenvatting veldinventarisatie

- In het veld zijn tijdens het veldwerk diverse organismen aangetroffen en waargenomen, te weten diverse (roof)vogels en vlinders, veldmuizen, bosmuizen, bruine kikkers, een kleine watersalamander. Op locaties 11R werd bovendien ondergronds een nest groefbijen aangetroffen.
- De vegetatie in Broekpolder kan worden ingedeeld in drie hoofdtypen: bos, ruigte en grasland. Per locatie werden tussen de 7 en 25 soorten aangetroffen. Er is geen verband tussen aantal plantensoorten en verontreinigingsgraad van de locatie.
- De aangetroffen plantensoorten zijn grotendeels (zeer) algemeen. Ook worden verwilderde soorten van kweeksoorten aangetroffen. Minder algemene en zeldzame soorten zijn aangetroffen binnen vak 06A en 06M, wat ook wel bekend staat als het toortsenveld. De meest bijzondere soort was de blauwe knoop die in beide vakken. Deze soort staat op de Rode Lijst in de categorie "Gevoelig" en is in Nederland sterk achteruit gegaan.
- De nematodenpopulatie vertoont op een aantal van de locaties indicaties van stress of van een hoog voedselaanbod. Er zijn echter geen eenduidige aanwijzingen dat de aanwezige verontreinigingen hierbij een rol spelen.
- De aantallen regenwormen in de Broekpolder zijn normaal tot hoog. Het aantal soorten is relatief laag, maar wordt mogelijk veroorzaakt door de droge omstandigheden op de locaties tijdens het verzamelen. Enkele soorten regenwormen zullen hierdoor dieper wegkruipen, waardoor ze niet gevangen worden. Er is geen direct verband tussen het verontreinigingsniveau en de aantallen regenwormen, hoewel de meest vervuilde locaties (07R en 07B) geen of weinig regenwormen bevatten.
- Er zijn lokaal grote aantallen loopkevers en overige gewervelden gevonden. De diversiteit was niet overal even groot, maar dit heeft ook te maken met seizoensinvloeden.
- Zowel loopkevers, slakken als overige ongewervelde bodembewoners die met de vangbekers zijn gevangen, zijn niet gerelateerd aan de verontreinigingsgraad van de bodem. Overige factoren, zoals bijvoorbeeld vegetatietype en vochtgehalte zijn belangrijkere factoren voor de bodemfauna dan de verontreinigingsgraad.

5.2 Waarnemingen in het veld

In bijlage 4 en 16 zijn de veldwaarnemingen opgenomen zoals gedaan tijdens het veldwerk van 15 tot en met 22 september 2008. Het gaat hier om een summiere omschrijving van het vegetatietype, de bodemsamenstelling, aangetroffen ongewervelden, vogels en overige gewervelden. Enkele bijzonderheden worden hier vermeldt.

Locatie 07B was oorspronkelijk op een andere locatie gepland, maar in de bodem op deze plek werden overal gaten aangetroffen (zie foto 6). Vanwege deze bodemstructuur was de oorspronkelijke locatie ongeschikt voor het verzamelen van nematoden en regenwormen en voor het plaatsen van vangbekers. Monsterpunt 07B is daarom verplaatst naar een locatie in hetzelfde vak met een gelijksoortige vegetatie.

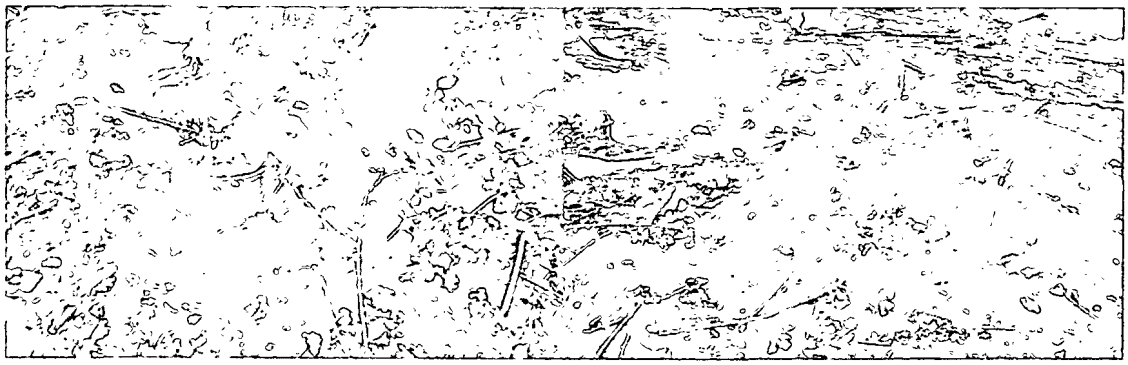


Foto 6 Gaten in de grond in vak 07B (oorspronkelijk gepland monsterpunt 07B), ten zuiden van de golfbaan.

De locaties waren divers te noemen, maar in te delen in drie groepen: grasland (06A, 06M en 11R), ruigte (04B, 04D, 05B, 05C, 07R, 08, 11 en 13N) en bos(schage) (01, 06, 07B, 08A, 12 en 13Z). De locaties die onder grasland vallen zijn open plekken met grasbegroeiing en daartussen veelal kruidgewassen. De ruigtes bestaan voornamelijk uit rietbegroeiing met veel brandnetels en her en der struiken (voornamelijk vlier). Bos is relatief divers, variërend van dichte begroeiing met bomen en weinig onderbegroeiing, tot open bos en bosschages met veel dode bomen en dichte ondergroei met brandnetels. Locatie 05C zit wat betreft vegetatietype tussen grasland en ruigte in, maar is beter vergelijkbaar met de ruigtes dan met grasland. Een uitgebreide planteninventarisatie is uitgevoerd en beschreven in paragraaf 5.3.

Tijdens de monstername is aandacht besteed aan de aanwezigheid van ongewervelde bodemfauna (niet kwantitatief). Dit is voornamelijk gedaan tijdens het verzamelen van regenwormen uit de plaggen. Ruigtes hadden over het algemeen een grotere hoeveelheid ongewervelden op en in de bodem dan bos. Op grasland werd op de zandige locaties (06A en 06M) relatief kleine aantallen ongewervelden aangetroffen, terwijl op locatie 11R juist een relatief grote hoeveelheid werd waargenomen. Vermeldenswaardig is dat op deze locatie tijdens het steken van plaggen per ongeluk een nest groefbijen (foto 7 en 8) en een nest mieren (waarschijnlijk zwartbruine wegmieren, *Lasius niger*) is opgegraven. Daarnaast werd ook een rups van het donker brandnetelkapje aangetroffen. De groefbij behoorde tot de familie *Lassioglossum* sp.). Het was helaas niet mogelijk de bij tot op soort te determineren. Soorten binnen de familie van de groefbijen variëren van zeer algemeen voorkomend in Nederland tot zeer zeldzaam.
In paragraaf 5.6 worden de vangsten met de vangbekers besproken en hier wordt dieper ingegaan op ongewervelden op de diverse locaties.

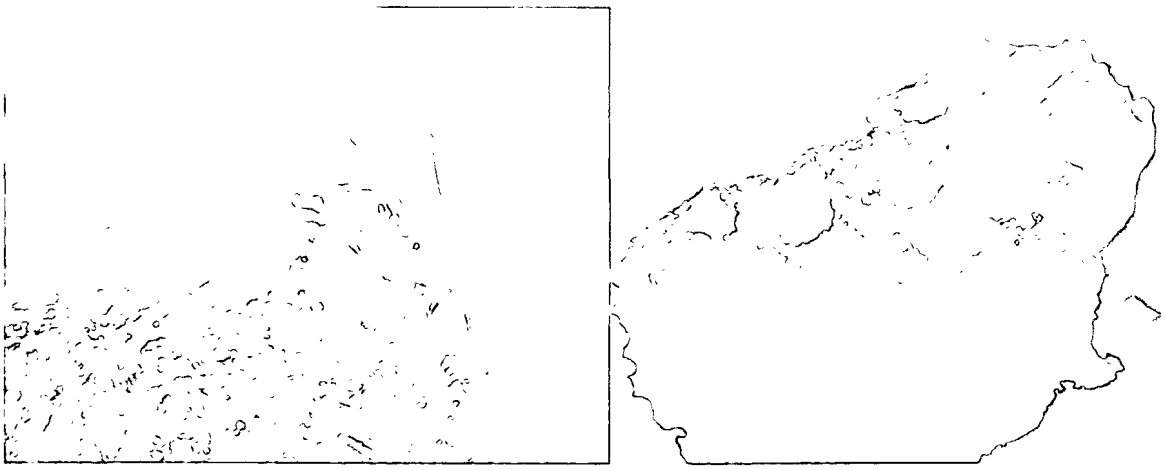


Foto 7 en 8 Op locatie BP 11R werd een nest met groefbijen (Lassioglossum sp.) aangetroffen.

Op de meer open locaties werden ook verschillende vlinders waargenomen zoals de gehakkelde aurelia, gammauil, koolwitjes (groot en klein), kleine vos, bont zandoogje en kleine vuurvlinder. Diverse libellen werden ook gezien, waaronder de viervlek, de bruinrode heidelibel en de gewone oeverlibel.

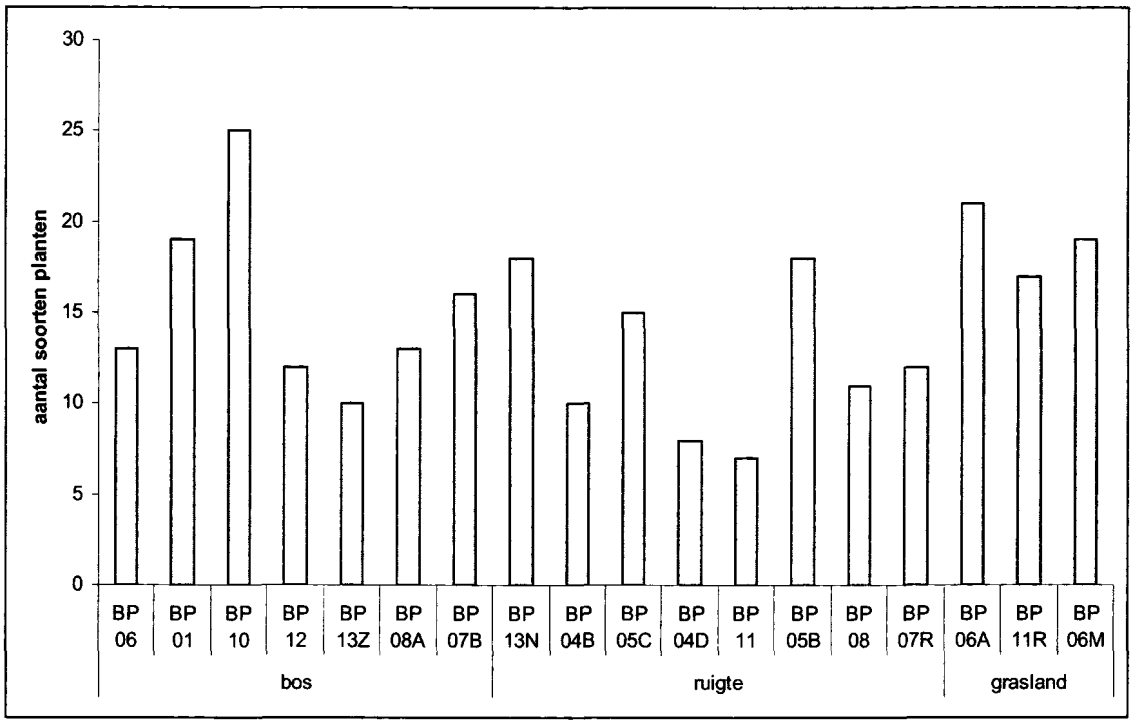
In het grasland op locatie 11R werden veldmuizen gehoord en in het bos op locatie 01 werd een jonge bosmuis gevangen (foto 9). Bruine kikkers (foto 10) werden in zowel ruigtes als in bos waargenomen en waren over het algemeen groot en goed doorvoed. Op locatie 07B werd een kleine watersalamander gevonden. Deze locatie was niet ver van een sloot verwijderd.

Foto 9 en 10 Jonge bosmuis, aangetroffen op monsterpunt 1 en bruine kikkers, aangetroffen op monsterpunt 11.

Vogels werden op alle plekken waargenomen. Een vermeldenswaardige soort die waargenomen is, is de appelvink op locatie 08A. Andere interessante soorten zijn de boomvalk die vanaf locatie 11R werd waargenomen, een grote gele kwikstaart bij 04B, zwarte mezen die op veel plekken aanwezig waren, een watersnip op locatie 06A en diverse haviken (juveniel, mannetje, vrouwtje) op verschillende locaties, waaronder één die jacht maakte op een torenvalk (locatie 04D).

5.3 Planteninventarisatie

De vegetatie in de Broekpolder is in drie hoofdtypen in te delen, te weten bos, ruigte en grasland. In een groot deel van het gebied groeien open bossen met een ruige ondergroei. Daarnaast zijn er ook uitgestrekte open velden, die met een zeer dichte vegetatie van ruigtekruiden begroeid zijn. Behalve de bosgebieden en de verruigde velden, vinden we af en toe wat stukjes andere vegetatie, waaronder vochtige Vlierstruwelen of grazige vegetaties die enigszins aan schrale graslanden doen denken. Behalve deze stukjes (schijnbaar) schraal grasland is het overgrote deel van de vegetatie en het merendeel van de plantensoorten karakteristiek voor zeer voedselrijke, ruige en verstoorde omstandigheden. Dit sluit aan bij de hoge fosfaatgehalten die in de Broekpolder gevonden zijn. In figuur 9 staat het aantal soorten hogere planten die zijn aangetroffen per locatie. De volledige lijst met waarnemingen, bedekkingsgraad en opmerkingen is opgenomen in bijlage 17.



Figuur 9 Aantal soorten hogere planten per locatie en vegetatietype. Locaties zijn gesorteerd op verontreinigingsgraad.

Er is geen verband tussen aantal plantensoorten en verontreinigingsgraad van de locatie. Voor het vegetatietype bos is bijvoorbeeld het aantal soorten (06) op drie van de zes locaties lager dan of gelijk aan het aantal op de referentielocatie en op drie locaties juist hoger. Verontreinigingsgraad was hierbij geen factor. Voor ruigte en grasland gaat hetzelfde op. In onderstaande paragrafen woorden de bijzonderheden op en de verschillen tussen locaties behandeld.

Bos

De bossen bestaan meestal uit Canadapopulieren en zijn vrij open, waardoor vrij veel licht op de bodem kan doordringen. De ondergroei wordt veelal overheerst door Grote brandnetel en daar waar zich een struiklaag heeft ontwikkeld bestaat die vooral uit Gewone vlier. Ook de struiklaag is doorgaans vrij open, maar kan soms een bedekking bereiken van 60% of meer. Dit is bijvoorbeeld het geval in de opnames in het bos op vak 08A en vak 06. Dit soort bossen zijn algemeen in het gebied en ze staan behalve op de reeds genoemde vakken ook op vakken 01 en 07.

De bosjes op de golfbaan (vak 10 en 12) zijn anders en laten zien dat hier meer dan in de andere gebieden in de vegetatie wordt ingegrepen. In opname 10 staan bijvoorbeeld meer soorten bomen en struiken dan buiten de golfbaan. Vermoedelijk zijn de meeste aangeplant. Zo staat er onder andere Spaanse aak, Gewone esdoorn, Rode kornoelje, Hazelaar, Es, Zoete kers en Wilde lijsterbes. De ondergroei wordt wel, net als in de meeste bossen in het gebied, gedomineerd door Grote brandnetel.

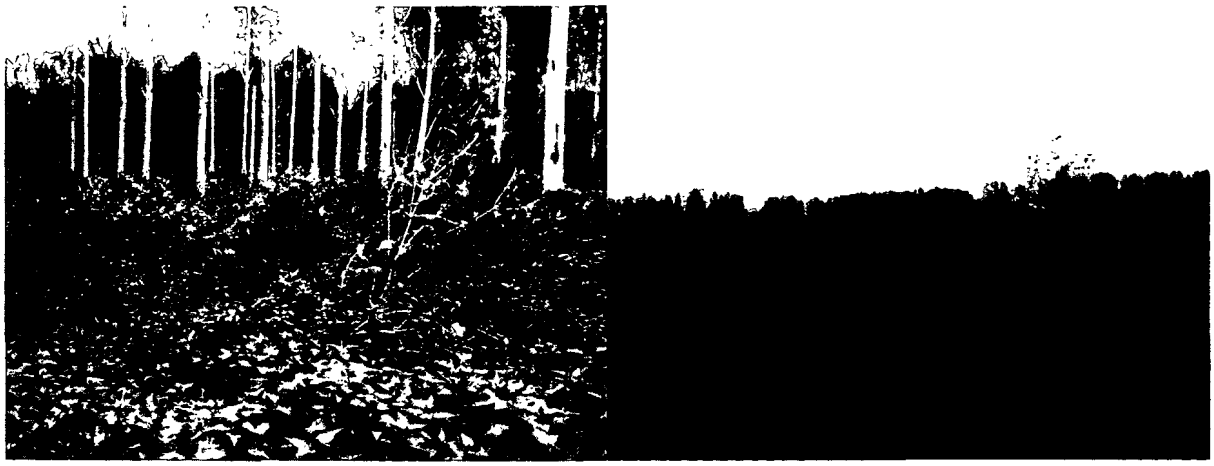


Foto 11 en 12: Links: Het bos van opname 7B, 16 september 2008. De ondergroei wordt gedomineerd door Grote brandnetel. In het vak staan zeer veel kale stammen van dode bomen, een verschijnsel dat veel voorkomt in het gebied. Rechts op de voorgrond staat een boven de brandnetels uittorenend exemplaar van Grote kaardenbol.
Rechts: Een door Harig wilgenroosje en Grote brandnetel overheerste vlakte op vak 04D, 16 september 2008.

Opname 12 wordt overheerst door een dichte boomlaag van Essen, die de ontwikkeling van struiken en kruiden in de ondergroei moeilijk maken. De algemeenste struik hier is de Hazelaar, terwijl in de rest van het gebied vooral de gewone vlier in de struiklaag zit.

Ook in het bos op vak 13Z groeien geen Canadapopulieren. De boomlaag bestaat hier uit Es, Gewone esdoorn, Schietwilg, Zwarte els en Iep en in de struiklaag vinden we naast gewone vlier ook Eenstijlige meidoorn. In de ondergroei staat veel Reuzenberenklauw, die zich vanuit de omringende velden in het bos weet te vestigen.

Ruigte en grasland
Op de voormalige landbouwgronden hebben zich zeer dichte en ruige vegetaties gevormd van hoog opgaande kruiden. De belangrijkste soort op de meeste velden is het Harig wilgenroosje. Deze soort groeit vooral op zeer voedselrijke, natte grond met een hoog gehalte aan organische stof die snel wordt afgebroken. Op de meeste velden is zij codominant met Grote brandnetel, een andere soort die wel vaart bij hoge voedselrijkdom van de bodem. Dit is bijvoorbeeld het geval op vak 04B, 04D en 13N. Op andere terreinen is Grote brandnetel wat minder algemeen, maar vinden we andere soorten die met Harig wilgenroosje codominant zijn. Op vak 05B groeit ook zeer veel Ridderzuring, maar de vegetatie is vrijwel geheel overwoekerd door de Haagwinde, eveneens een soort van voedselrijke ruigtes. En op vak 05C vinden we naast Harig wilgenroosje vrij veel Duinriet, een plant die we in Nederland vooral in duinen vinden, op plaatsen met een droge tot vrij vochtige bodem met wisselende grondwaterstand en een plotseling verhoogd stikstofaanbod. De ruige vegetatie op vak 13N is afwijkend in die zin dat er niet echt dominante soorten aanwezig zijn. Grote brandnetel is hier met iets meer dan 25% bedekking het meest algemeen, terwijl harig wilgenroosje slechts zo'n 5% haalt. Hier komen ook wat struikjes in de vegetatie op, bijvoorbeeld de Éénstijlige meidoorn en de Spaanse aak.

Op een aantal plekken in de Broekpolder vinden we een ongeveer 5 tot 6 meter hoge vegetatie van struiken die gedomineerd wordt door de Gewone vlier. Vaak staat er een beetje water op plekken tussen de vlieren en de droge plekken daartussen worden begroeid met velden van Grote brandnetel. Dit soort vegetaties zijn aanwezig op delen van vak 08 en 11.

Duinriet is de dominante soort in een tweetal andere terreintjes die een voor de Broekpolder bijzonder beeld vertonen. In opnames 06A en 06M, beide binnen vak 6A, groeit een vegetatie die een aantal minder algemene en zeldzame soorten bevat en die een beetje doet denken aan die van grazige plekken in de duinen. 06M, ook bekend staand als het toortsenveld, is qua vegetatie het soortenrijkste terreindeel. Hier staat bijvoorbeeld Echt duizendguldenkruid, Rietor-

chis en Blaassilene. In beide terreinen staat Kleine teunisbloem en Keizerskaars, twee soorten die veel in de duinen kunnen worden aangetroffen. Vooral keizerskaars is niet algemeen. De meest bijzondere vondst is toch wel Blauwe knoop, die eveneens in beide opnames is aangetroffen. Deze soort staat op de Rode Lijst in de categorie "Gevoelig" en is in Nederland sterk achteruit gegaan. Zij groeit vooral in wat minder voedselrijke, vochtige tot vrij droge, grazige vegetaties. Samen met de andere wat zeldzamere soorten bevestigt dit dat de bodem hier minder fosfaatrijk is dan in het overgrote deel van de Broekpolder.

Opname 11R tenslotte bestaat uit een vrij lage, grazige vegetatie op een helling die op het zuidoosten geëxponeerd is. Rood zwenkgras, Kweek en Timoteegras zijn hier het meest algemeen, naast soorten als Akkerdistel, gewone paardenbloem, Kruipende en Scherpe boterbloem.

Ondanks het ruige karakter van de rest van het gebied, duiken behalve in vak 6A (monsterpunten 6A en 6M) ook op andere plekken af en toe wat minder algemene soorten op. In de bosjes in vakken 1 en 12 is de Brede wespenorchis aangetroffen, op een open plek in het bos van opname 8A groeit Moerasmelkdistel en de niet zeldzame, maar wel beschermde Grote kaardenbol staat in vak 07B. In een gebied dat zo door mensen beïnvloed is zal het niet verbazen dat ook een aantal verwilderde exemplaren van gekweekte soorten is aangetroffen. In het bos van perceel 08A is de Peterselievlier gevonden, een fijnbladige vorm van de wilde Gewone vlier, die hier in het gebied één van de algemeenste soorten is. En aan de rand van de opname 13N zijn een aantal exemplaren van Mierikswortel gevonden.

Foto 13 en 14 Links: De vooral uit gewone vlier en Grote brandnetel bestaande vegetatie van opname 8, 16 september 2008. Rechts: Blauwe knoop tussen Duinriet in opname 6A, 16 september 2008.

5.4 Nematoden

De wijze waarop de nematodeninventarisatie is uitgewerkt is beschreven in bijlage 3.
De resultaten van de nematodeninventarisatie staan in bijlage 18. De belangrijkste resultaten worden samengevat in tabel 14. De beoordeling van de resultaten vindt plaats op basis van aantallen, taxa (soortgroepen), levenstrategiën en voedselgroepen. Deze worden hieronder puntsgewijs besproken. Vervolgens worden de bevindingen geïntegreerd tot een beoordeling.

Aantallen
Allereerst is gekeken naar het aantal nematoden (tabel 14). De totale aantallen nematoden fluctueren meestal sterk. Zo ook op de onderzoekslocatie: het aantal nematoden per 100 gram veldnatte grond varieert van 510 tot 3206 met een gemiddelde van 1403. Het gemiddelde aantal nematoden in de Broekpolder is goed te vergelijken met de referentiewaarde voor akkerbouw op klei uit het Landelijk Meetnet Bodemkwaliteit (1290 nematoden per 100 gram grond). De referentiewaarden voor stadsparken op zand zijn duidelijk hoger (2770 nematoden per 100 gram grond). Er is geen duidelijke relatie met het verontreinigingsniveau.

Tabel 14 Samenvatting van de belangrijkste resultaten van de nematodeninventarisatie

		Aantal /100g veldnatte grond	Aantal taxa	MI2-5	% carnivoren	% omnivoren
bos	BP 01	1964	20	2,59	9	9
	BP 06*	1054	17	2,83	13	0
	BP 07B alt	1598	16	2,17	0	0
	BP 08A	1456	17	2,59	6	10
	BP 10	1781	25	2,26	13	24
	BP 12	510	13	2,65	17	7
	BP 13Z	520	11	2,44	5	10
ruigte	BP 04B	1243	12	2,38	15	4
	BP 04D	3206	12	2,00	0	2
	BP 05B	1083	15	2,48	15	11
	BP 05C	2010	16	2,92	14	0
	BP 07R	895	20	2,64	5	5
	BP 08	672	16	2,47	1	4
	BP 11	1205	20	2,90	14	13
	BP 13N*	2065	24	2,44	29	24
grasland	BP 06A*	1080	28	2,69	18	0
	BP 06M	1133	25	2,62	4	8
	BP 11R*	1796	17	3,57	7	7

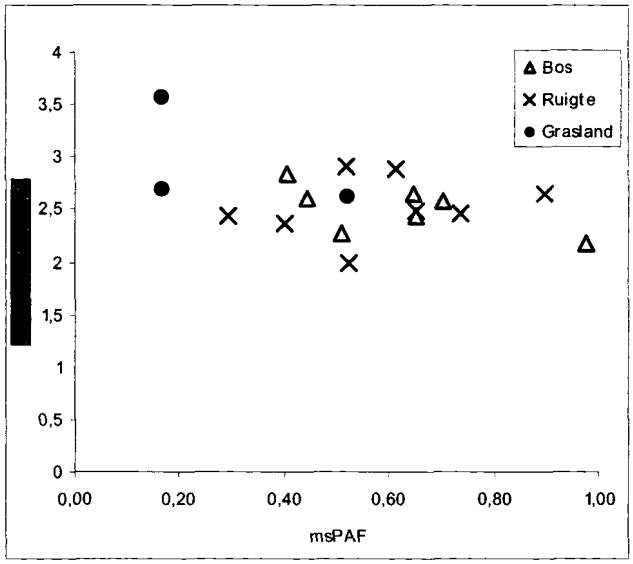
** referenties*

Aantal taxa
Het aantal taxa in de Broekpolder varieert van 11 tot 28, met een gemiddelde van 18 (zie tabel 14). Dit is beduidend lager dan in beide referentie ecosystemen uit het Landelijk Meetnet Bodemkwaliteit: in akkerbouw op klei komen gemiddeld 33 taxa voor, in stadsparken op zand 41.

Levenstrategie (cp-groepen)
Bij verstoring kunnen er verschuivingen in soortensamenstelling plaatsvinden afhankelijk van levensstrategie: soorten die zich makkelijk aanpassen zullen toenemen, terwijl gevoelige soorten verdwijnen. Door naar de levensstrategieën te kijken op een schaal van 1 tot 5 (cp-klassen), kan een uitspraak worden gedaan over de mate van verstoring in een systeem. De verdeling over de verschillende levensstrategiën kan uitgedrukt worden als een index, de Maturity Index of MI (Bongers, 1990). Een uitgebreidere uitleg is te vinden in bijlage 3. Soorten met cp-klasse 1 worden vaak buiten beschouwing gelaten, omdat dit soorten zijn die zeer snel toenemen wanneer er groot voedselaanbod is, zoals een karkas of uitwerpselen, maar ook weer snel afnemen wanneer dit voedselaanbod afneemt. Hoge aantallen nematoden uit de cp-1 groep hebben grote invloed op de MI-index, terwijl het minimale informatie over de verontreinigingssituatie oplevert. Om het effect van verontreiniging te beoordelen wordt daarom meestal gebruik gemaakt van de MI2-5 index. Hierbij wordt de cp-1 groep buiten beschouwing gelaten. De index geeft de verdeling van de nematoden over de cp-2 tot cp-5 groep weer. In stress situaties (verontreiniging, maar ook droogte, lage pH, vorst en dergelijke) wordt de cp-2 groep dominant en gaat de Maturity Index naar 2.
Bij de beoordeling op basis van levenstrategiën worden de plantenparasitaire nematoden buiten beschouwing gelaten, vanwege hun sterke relatie met het voorkomen van planten.

De verdeling over de cp-groepen staat in bijlage 18. Op vrijwel alle locaties in de Broekpolder (met uitzondering van 6A, 6M en 7R) zijn vrij veel nematoden uit de cp1 groep aanwezig d.w.z. meer dan 10%. Hieruit kan worden afgeleid dat er sprake is van voedselrijke omstandigheden. Met name de nematodenpopulatie van locatie 4D duidt op de aanwezigheid van veel voedsel: dominantie van de nematoden uit de cp1-groep, hoge aantallen, vrijwel uitsluitend bacterieeters.

In figuur 10 is de MI2-5 uitgezet tegen de msPAF als maat voor het verontreingingsniveau. Hoge MI2-5 waarden worden vooral op de minder vervuilde locaties waargenomen, maar de samenhang tussen de MI en de msPAF is niet sterk. De Maturity Index 2-5 is op een aantal locaties laag. Dit duidt op stress. Onder 'beoordeling' wordt de MI in samenhang met de overige parameters besproken.



Figuur 10 Maturity Index (cp-klasse 2 t/m 5) ten opzichte van de msPAF (worst case).

Voedselgroepen
Nematoden kunnen op basis van hun voedselstrategie ingedeeld worden. Meestal worden de volgende voedselgroepen onderscheiden: plantenparasitaire nematoden, algeneters, bacterieeters, schimmeleters, carnivoren (vleeseters) en omnivoren (alleseters). Daarnaast worden ook dauerlarven onderscheiden. Dit zijn nematoden uit de familie van de Rhabditidae die onder voedselarme omstandigheden in het dauerlarvestadium over gaan. Dit is een ruststadium waarbij de monddelen zijn dichtgegroeid. Dauerlarven voeden zich dan ook niet. Hun aanwezigheid duidt er op dat er in het verleden voedselrijke omstandigheden waren (Bongers en Bongers, 1998). Bij de beoordeling van verontreinigingssituaties worden plantparasitaire nematoden en dauerlarven buiten beschouwing gelaten.

In een stabiel ecosysteem zijn alle voedselgroepen vertegenwoordigd. Bacterie-eters zijn vrijwel altijd dominant, maar andere voedselgroepen dienen ook in ruime mate vertegenwoordigd te zijn. Onder zeer voedselrijke omstandigheden of onder invloed van stress (verontreiniging, droogte, lage pH, vorst en dergelijke) zijn bacterie-eters in het voordeel en worden dominant.

Opvallende waarnemingen
Opvallend is dat de nematodenpopulatie van locatie 7R geen duidelijke tekenen vertoond van verstoring, terwijl dit toch een van de meest verontreinigde monsters is.
Verder is opvallend is dat het aantal dauerlarven sterk positief gecorreleerd is met de dringehalten. Hier is geen verklaring voor.

Beoordeling
In Bosveld et al (2003) is een aantal indicatieve beoordelingscriteria voor de nematodengemeenschap opgesteld (tabel 15). Deze criteria hebben geen officiële status.

Tabel 15 Indicatieve beoordelingscriteria voor de nematodenfauna uit Periscoop (2003)

Parameter	Geen effect	Matig effect	Ernstig effect
Dichtheid (n/100g veldnatte grond)	≥800	200-800	<200
Aantal soorten	≥15	5-15	<5
Aantal soorten uit cp3, 4 of 5 groep	≥5	1-5	0
% carnivoren	≥2	0,5 – 2	<0,5
% omnivoren	≥3	1 – 3	<1

Indien deze criteria consequent worden toegepast op de resultaten (tabel 14) is er een groot aantal locaties die tot het oordeel matig effect (12, 13Z en 04B) of ernstig effect (06, 07B alt, 04D, 05C, 08, 06A) komen. Indien echter naar het totaalbeeld gekeken wordt is dit oordeel in de meeste gevallen niet terecht of in ieder geval geen gevolg van de verontreiniging.

Op een aantal locaties is er sprake van stress. Er is echter geen duidelijke relatie met de verontreinigingsgraad, zowel met metalen als met drins. Stressfactoren die een rol kunnen spelen lijken met name de droogte en het voedselaanbod.
Het voedselaanbod speelt bijvoorbeeld een duidelijke rol op locatie 04D en 07B alt. Op beide locaties zijn de bacterie-eters dominant en zijn weinig tot geen carnivoren of omnivoren aangetroffen. Dit resulteert in een lage MI2-5. Een sterke indicator voor een hoog voedselaanbod op dit moment vormt het hoge aandeel cp-1 in 04D, terwijl het hoge aandeel dauerlarven in 07B alt een sterke indicator vormt voor een hoog voedselaanbod in het recente verleden.
Op locatie 12 en 13Z worden lage aantallen en een laag aantal taxa aangetroffen. Dit duidt op verstoring door een stressor. Echter, tegelijkertijd worden er wel veel carnivoren en omnivoren aangetroffen wat weer duidt op een stabiel systeem. Een direct verklaring voor deze bevindingen is er niet. Beide betreffen organisch stof rijke, kleiige locaties. Op beide locaties wordt de interventiewaarde voor drins overschreden en de tussenwaarde voor zink. Echter, er zijn ook andere locaties waar dat het geval is en de aantallen nematoden en taxa normaal zijn.
De hoge pH is geen dominante stressfactor gezien het feit dat ook op een aantal locaties met een hoge pH (11R, 05C, 06, 11) toch een stabiele nematodenpopulatie is ontwikkeld (d.w.z. hoge MI2-5 waarde).

Samenvattend vertoont de nematodenpopulatie op een aantal van de locaties indicaties van stress of van een hoog voedselaanbod. Er zijn echter geen eenduidige aanwijzingen dat de aanwezige verontreinigingen hierbij een rol spelen.

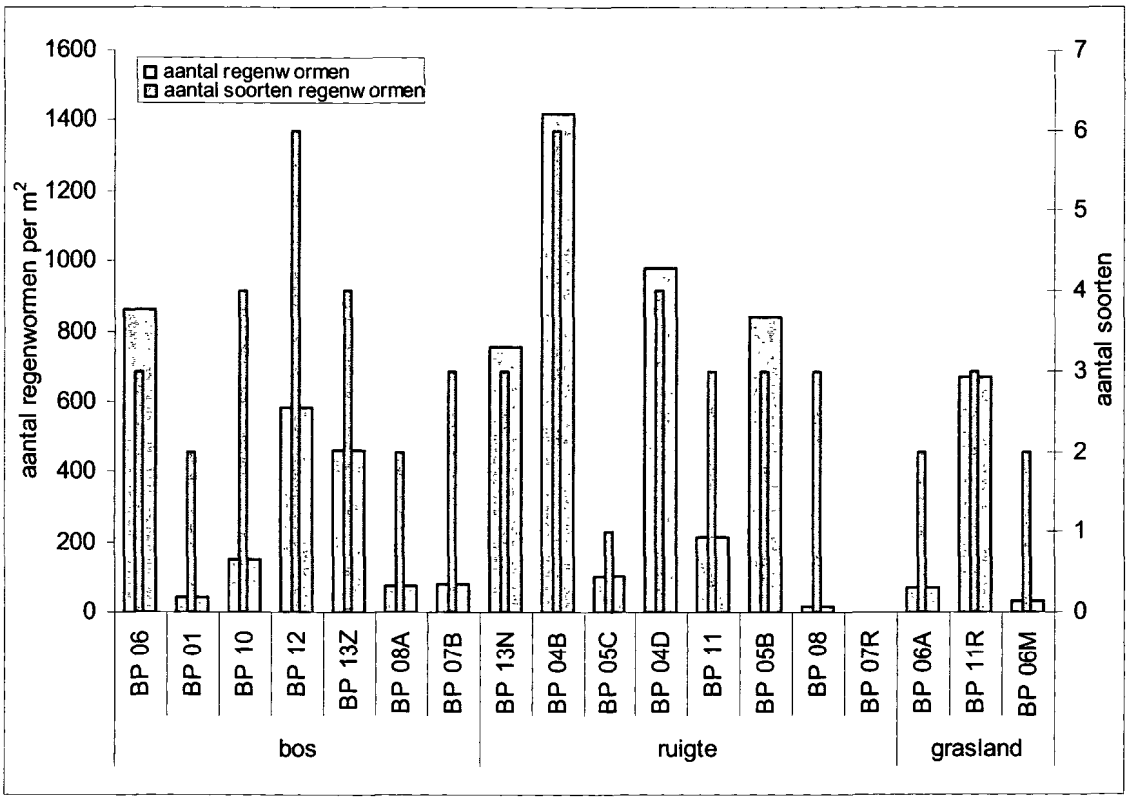
5.5 Regenwormen

Regenwormen hebben een zeer belangrijke rol in de bodem. Door het graven van gangen verplaatsen ze aanzienlijke hoeveelheden grond. Op een akker kan dit oplopen tot zo'n 22 kg/m^2 per jaar (Curry et al., 1995). Dit proces heet bioturbatie. Naast het graven van gangen – wat van grote invloed is op de zuurstof- en vochthuishouding van de bodem – wordt ook strooisel (voedsel van veel regenwormen) uit de strooisellaag door de bodem gemengd. Dit heeft weer invloed op het organische stofgehalte van de bodem. Al deze activiteiten zorgen ervoor dat veel microbiële processen in de bodem efficiënter kunnen verlopen. Bij regenwormen worden drie belangrijke levensstrategieën onderscheiden die allen bijdragen aan de diversiteit in en functioneren van de bodem. Zo zijn er soorten die enkel voorkomen in de strooisellaag en de bovenste organische bodemlaag (epigeïsche soorten). Deze soorten zijn vaak donkerrood en glanzend. De endogeïsche soorten bewegen en voeden zich in de bovenste minerale bodemlaag en graven voornamelijk horizontale gangen in deze laag. Deze soorten zijn vaak roze met soms delen grijsblauw. Daarnaast zijn er de zogenaamde pendelaars (anecische soorten). Dit zijn vaak grote regenwormen die diepe, verticale gangen graven: zij voeden zich zowel met grond als met strooisel dat ze aan de oppervlakte verzamelen en in de diepe bodemlagen opeten.

De regenwormendichtheid van een bodem kan erg variabel zijn. In zure bodems – zoals in heidegebieden en naaldbossen – komen vrijwel geen regenwormen voor, terwijl onder gunstige omstandigheden populatiedichtheden van meer dan 1000 individuen per vierkante meter niet ongewoon zijn (Rutgers et al., 2007; Curry, 2004). Van de meest op de Broekpolder lijkende bodemecosystemen uit het Landelijk Meetnet Bodemkwaliteit worden voor akkerbouw op klei

95%-betrouwbaarheidsdichtheden tussen 12 en 440 (akkerbouw op klei) en voor stadsparken op zand 165 tot 547 individuen per m^2 gerapporteerd. Dichtheden voor grasland en loofbos zijn vergelijkbaar (Faber, 1995). Wanneer naar biomassa gekeken wordt hebben populaties in minerale bodems een hogere biomassa dan in bodems met een organische toplaag (Faber, 1995).

Bij het regenwormenonderzoek in de Broekpolder zijn in totaal negen verschillende soorten regenwormen aangetroffen (zie tabel 16) waarvan met zekerheid de soort kon worden bepaald. Van juvenielen kan enkel het geslacht worden bepaald omdat bepaalde determinatiekenmerken nog niet aanwezig zijn: deze zijn niet als aparte soort meegerekend. De resultaten zijn opgenomen in bijlage 19. Deze negen waren voornamelijk soorten die in de bovenste laag van de bodem of de strooisellaag leven, met een enkele keer een diepgravende soort als *Aporrectodea longa* of *Lumbricus terrestris*. Gemiddeld kwamen er per locatie drie verschillende soorten voor, met als hoogste aantal zes soorten op locaties 12 en 04B en als laagste geen regenwormen op locatie 07R (zie figuur 11). Dit is een lager soortaantal dan de gemiddelde referentiewaarden voor stadsparken op zand (5,3 soorten) en akkerbouw op klei (4,2 soorten). Een direct verband met verontreinigingen is echter niet te leggen: ook in de (relatief) schone gronden in de Broekpolder (06, 06A en 11R) zijn niet meer dan 3 soorten gevonden. Een mogelijke oorzaak voor het lagere soortsaantal per locatie kan echter ook gezocht worden in de omstandigheden tijdens het verzamelen: de bodem was erg droog op de meeste locaties. Hierdoor gaan sommige soorten in een rustfase waarbij ze zich oprollen tot kleine balletjes om uitdroging te voorkomen. Dit verschijnsel heet diapauze of quiescentie (Edwards en Bohlen, 1996; zie foto 3 in paragraaf 2.2). Soorten in de Broekpolder die veel in deze fase gevonden zijn, zijn *Aporrectodea caliginosa* en *A. rosea*. Andere soorten zullen, om uitdroging te voorkomen, echter dieper graven dan de bovenste 20 cm die bemonsterd zijn en worden daardoor niet verzameld.



Figuur 11 Absolute aantallen per m^2 en aantal soorten regenwormen per locatie en per vegetatietype. Vegetatietypen zijn gesorteerd op oplopende verontreinigingsgraad.

De aantallen regenwormen zijn ook zeer uiteenlopend tussen de verschillende locaties. Omgerekend naar vierkante meter zijn er gemiddeld 408 regenwormen per locatie aangetroffen, met als uitschieter locatie 04B met 1419 individuen en als laagste geen regenwormen op locatie

07R (zie figuur 11). Bos en grasland hadden vergelijkbare gemiddelden (resp. 322 en 256), terwijl ruigte gemiddeld ruim tweemaal meer regenwormen herbergde dan grasland (541 per m^2). Het meest aangetroffen genus zijn de Aporrectodea, goed voor 56% van het totaal aantal gevonden regenwormen. Hierna kwam het genus Lumbricus (24%), dicht gevolgd door Allolobophora (17%). De genussen Dendrodrilus (2%) en Eiseniella (1%) werden weinig aangetroffen. De meest aangetroffen soort, *Aporrectodea caliginosa*, is een soort die bekend staat als een dominante soort in verstoorde gebieden. Bij verstoring moet echter niet direct aan verontreinigingen gedacht worden, maar aan zaken als droogte of temperatuur(schommelingen) (Edwards en Bohlen, 1996).

Er is geen direct verband te leggen tussen de verontreinigingsgraad en de aantallen regenwormen die gevonden zijn, hoewel de locaties met de hoogste msPAF-waarden (07R en 07B) geen of weinig regenwormen bevatten. In vergelijking met de referentiegemiddelden voor stadsparken op zand (367 regenwormen/m^2) en akkerbouw op klei (200 regenwormen/m^2) is de in de Broekpolder aangetroffen gemiddelde dichtheid niet afwijkend.

Tabel 16 In de Broekpolder verzamelde regenwormsoorten

Soort	Ecologische groep*	Substraatvoorkeur
Aporrectodea caliginosa	endogeïsch	alle soorten substraat
Aporrectodea rosea	endogeïsch	alle soorten substraat, met voorkeur voor vochtige bodems
Aporrectodea longa	anecisch	-
Allolobophora chlorotica chlorotica	endogeïsch	voorkeur voor organische stofrijke bodems
Dendrodrilus rubidus rubidus	epigeïsch	strooisellaag
Eiseniella tetraedra	epigeïsch	sterk vochtige bodems, modder
Lumbricus castaneus	epigeïsch	strooisellaag en bovenste laag van organische stofrijke bodems
Lumbricus rubellus	epigeïsch	strooisellaag en bovenste laag van organische stofrijke bodems
Lumbricus terrestris	anecisch	-

**Levensstrategieën: epigeïsch = levend en voedend in de strooisellaag en bovenste organische laag van bodems; endogeïsch = levend en voedend in de minerale (bovenste) bodemlaag, veelal horizontale gangen gravend; anecisch = levend in diepere bodemlagen, strooisel- en bodemetend, diepe verticale gangen gravend (pendelaars).*

5.6 Bodemfauna

De vijf vangpotten per locatie zijn ongeveer drie weken na plaatsing geleegd en per locatie is een verzamelmonster gemaakt. Alle vangpotten waren nog aanwezig op de locaties. De enige duidelijke verstoring die plaats heeft gevonden is op locatie 11R geweest: hier is tussentijds gemaaid, waardoor één van de vangpotten het bovenstaande afdekplaatje heeft verloren. Er is echter geen reden om aan te nemen dat dit ernstige consequenties heeft gehad voor de hoeveelheid of diversiteit van de gevangen bodemfauna.

5.6.1 Loopkevers

Van de aangetroffen bodemfauna zijn alleen de loopkevers tot op soort gedetermineerd (zie bijlage 20). Er is voor loopkevers gekozen omdat ze samen met de spinnen de grootste groep vormen binnen de bodemfauna. Bovendien zijn vele soorten echte specialisten (Stenotope soorten) die veel kunnen zeggen over het terrein waarin ze worden gevonden. Ook zijn er generalisten (Eurytope soorten) die vrijwel overal aangetroffen kunnen worden.
De vangpotten hebben vooral gestaan in dichtbegroeide, voedselrijke terreintypen. Over het algemeen leveren zulke biotopen hoofdzakelijk Eurytope soorten op of Stenotope soorten die in bossen of struwelen voorkomen. De bemonsterde biotopen verschilden onderling echter sterk en dit komt ook naar voren in de loopkeverfauna. Overigens moet vermeld worden dat de gevonden loopkeverfauna in de Broekpolder slechts een momentopname is. De fauna verandert meestal in de loop van een jaar, waarbij in het voorjaar de diversiteit hoger is en de aantallen lager. In de zomer en het najaar komt het vaak voor dat enkele soorten zeer algemeen worden,

maar de soortsdiversiteit afneemt. Dit lijkt ook het geval in enkele terreintypen in de Broekpolder, waar enkele soorten zeer algemeen zijn aangetroffen.

Bossen
In de open bossen bleek de ondergroei en vooral de bodembedekking (strooisel, mos) van grote invloed op de loopkeverfauna. Vooral het open populierenbos van vak 06 sprong er uit. Hier werden uitzondelijk hoge aantallen van de zeer Eurytope soorten *Nebria brevicollis* en *Pterostichus melanarius gevonden*. Verder is *N. brevicollis* nog algemeen aangetroffen in het vergelijkbare vak 08A. Deze soorten behoren tot de algemeenste loopkevers van Nederland en komen in vrijwel ieder beschaduwd en vochtig terreintype voor. Waarom deze soorten vooral in vak 06 in grote getalen zijn gevangen heeft waarschijnlijk te maken met de bodembedekking. De strooisellaag was erg dun en er groeide geen mos, terwijl de bodem zelf wel vochtig was. Dit zijn gunstige omstandigheden voor deze wat grotere loopkevers die zich rennend over de grond voortbewegen. Ook waren er veel springstaarten aanwezig, een belangrijke voedselbron voor beide soorten. Maar het gebrek aan schuilplaatsen op de open bodem is waarschijnlijk ook van invloed op de vangsten geweest. Het afdekplaatje van de vangpot kan als een magneet werken op naar een schuilplaats zoekende loopkevers.
Andere boslocaties, met name 01, 11 en 13Z , hebben juist weinig loopkevers opgeleverd (10 of minder exemplaren). Zowel vak 01 als 11 hadden een flinke bodembedekking van strooisel en/of mos die waarschijnlijk een beperkende werking heeft gehad op de mobiliteit van de loopkevers. Bovendien hebben de kevers ontelbare schuilmogelijkheden in het strooisel zodat het afdekplaatje minder aantrekkingskracht heeft uitgeoefend. Vak 08 heeft vergelijkbare omstandigheden en ook hier zijn weinig loopkevers gevonden. Het is minder duidelijk waarom vak 13Z weinig heeft opgeleverd. De bodem was vrij open en vergelijkbaar met andere beboste vanglocaties. De bodem was hier echter wel droog en keihard, mogelijk ongunstig voor de meer vochtminnende soorten. Ook werden hier maar weinig springstaarten aangetroffen, een belangrijke voedselbron voor veel loopkeversoorten.
Er zijn in de bosbiotopen ook enkele typische bossoorten gevonden, zoals *Pterostichus oblongopunctatus* (vak 01), *Notiophilus rufipes* (vak 08A) en *Badister sodalis* (vak 08 en 08A).

Ruigte en grasland
De soorten *Trechus obtusus* en *T. quadristratus* zijn samen de meest gevonden loopkevers in de overige biotopen. Deze twee moeilijk uit elkaar te houden soorten zijn vaak aangetroffen samen met *Pterostichus strenuus*, die in vrijwel alle vangseries is gevonden. Deze soorten zijn allen Eurytoop en geven de voorkeur aan beschaduwde, vochtige omstandigheden. De hoogste concentraties van de Trechus-soorten zijn gevonden in ruigtes met onder andere brandnetel, riet, harig wilgenroosje en/of haagwinde (vak 05B, 07B, 07R en10) en kruidenrijk grasland met duinriet (vak 05C, 06A en 06M). Opvallend is dat slechts in vak 05B *T. quadristriatus* meer is gevonden dan *T. obtusus*. Daar *T. quadristriatus* meer xerofiel is heeft dit gevonden verschil waarschijnlijk te maken met een verschil in bodemvochtigheid tussen 05B en de overige terreinen. Het algemeen voorkomen van *Bembidion lampros* op deze locatie bevestigd dit, daar deze soort ook de voorkeur geeft aan iets drogere omstandigheden.
Andere soorten die in de Broekpolder duidelijk de voorkeur gaven aan ruigten en grasland waren *Agonum muelleri* en *Bradycellus verbasci*, beide zeer algemene soorten in Nederland. Van de overige gevonden loopkevers is weinig over een voorkeur te zeggen omdat ze maar met één of enkele exemplaren zijn aangetroffen.

Turin (2000) heeft met behulp van vangpotgegevens uit heel Nederland de Nederlandse loopkevers ingedeeld in ecologische groepen. In tabel 17 is weergegeven tot welke groepen de in de Broekpolder gevonden soorten behoren. Zoals verwacht zijn de meeste aangetroffen loopkeversoorten Eurytoop (70%). Dit is een normale situatie in de voedselrijke, dichtbegroeide terreintypen die in de Broekpolder aanwezig zijn. De meeste Stenotope soorten die zijn gevonden geven de voorkeur aan bossen of andere beschaduwde biotopen. De enige soort die hier van afwijkt is *Metophonus rufibarbis* die meer gevonden wordt in open, droge terreintypen. Ook zijn er nog enkele leuke soorten aangetroffen, die hieronder zullen worden besproken.

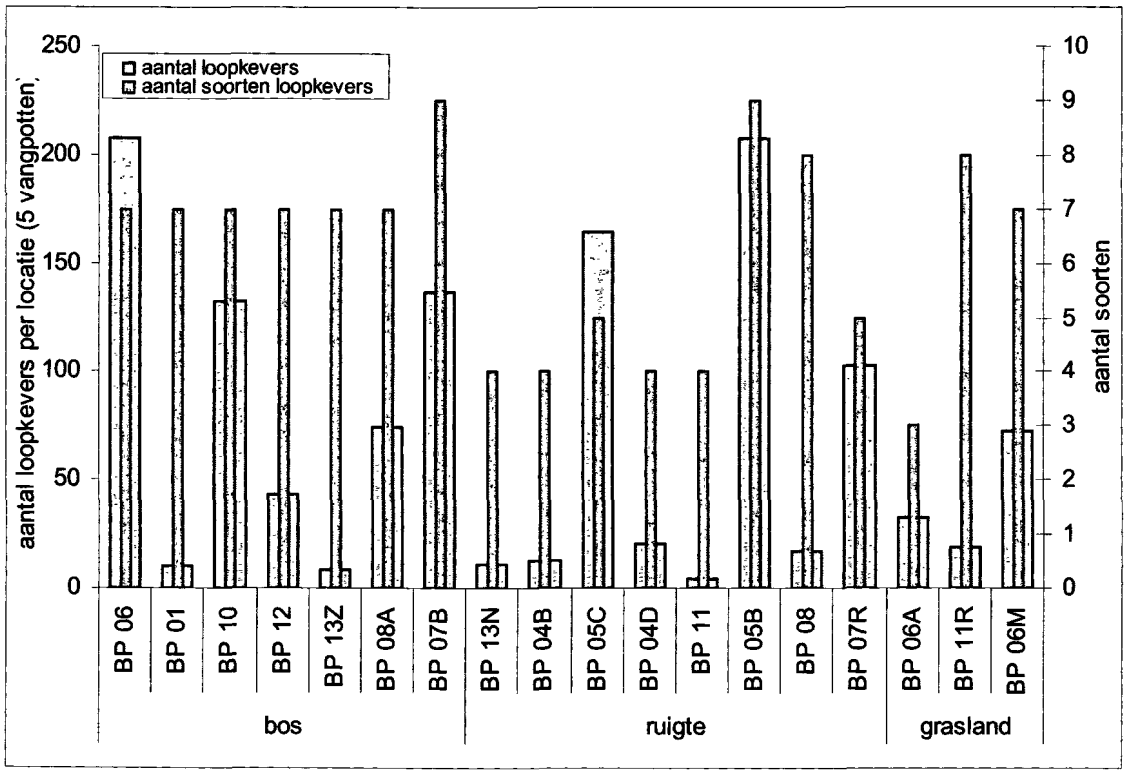
Tabel 17 Typering van loopkevergroepen

Groep	Beschrijving	Aantal soorten
D1	Soorten van xerotherme terreinen	1
D2	Soorten van kalkgraslanden en bossen	2
D3	Soorten van bossen	1
F2	Soorten van vochtige, beschaduwde terreinen	2
G1-G4	Soorten van ruderale, min of meer beschaduwde terreinen	3
H1-H2	Soorten van rietland, polders en jonge terreinen	2
EU(A-H)	Eurytope soorten, die in zeer veel terreintypen voorkomen	25
Z(A-H)	Soorten met te lage aantallen in de vangpotten	2

Harpalus luteicornis is de meest bijzondere loopkever die met dit onderzoek is gevangen. De soort is in Nederland zeer zeldzaam, zodat nog maar weinig bekend is over de ecologische voorkeuren. De meeste waarnemingen komen opvallend genoeg uit het kustgebied, wat de vondst in de Broekpolder opmerkelijk maakt. Toch is de soort al eerder aangetroffen in de omgeving van Rotterdam (pers. comm. M. Edelman). Het enkele exemplaar uit de Broekpolder is gevonden in vak 06A, één van de vakken met een grasvegetatie. Deze vondsten leveren een nieuw beeld van de verspreiding van deze soort in Nederland en zijn daarom zeer waardevol. *Trechoblemus micros* is met 3 exemplaren aangetroffen. De vangsten kwamen uit vak 01 en 08A, beide bosterreinen met een dichte strooisellaag en/of mos. De vangst is leuk omdat deze soort zeer weinig met vangpotten wordt aangetroffen. De kevers leven namelijk ondergronds, veelal in de holen van gravende kleine zoogdieren als muizen en mollen. Op beide locaties zijn inderdaad zowel muizen- als mollengangen gevonden. Waarschijnlijk is deze soort veel algemener dan uit vangpotgegevens naar voren komt.

Loopkevers en verontreinigingsgraad

Er is geen eenduidig verband te leggen tussen verontreinigingsgraad en het aantal (soorten) loopkevers op locaties in de Broekpolder (figuur 12). Andere omstandigheden – zoals eerder aangegeven in de voorgaande tekst – zijn van grotere invloed op het af- of aanwezig zijn van loopkevers dan de aan- of afwezigheid van verontreinigingen.



Figuur 12 Absolute aantallen en aantal soorten loopkevers per locatie en per vegetatietype. Vegetatietypen zijn gesorteerd op oplopende verontreinigingsgraad.

5.6.2 Slakken

De slakken die gevangen zijn met de vangpotten, zijn tot op soort gedetermineerd door dhr. Anton Roeloffzen (DCMR). In bijlage 21 zijn de volledige gegevens te vinden. In totaal zijn er 63 slakken van 18 verschillende soorten gevangen. Een groot deel hiervan (20 stuks, waarvan 15 Look-glansslakken (*Oxychilus alliarius*) is gevangen op de schone graslandlocatie 11R. Slechts op drie locaties werden geen slakken in de vangpotten aangetroffen (01, 06 en 06A). De reden dat er een relatief laag aantal slakken is gevangen, kan gezocht worden in zowel het droge weer (verlaagde activiteit van slakken) als het feit dat enkel slakken die door het kippengaas in de vangbekers passen gevangen zijn. Gezien het relatief lage aantal slakken, kan er geen realistische relatie worden gelegd tussen de aantallen slakken op een locatie en de verontreinigingsgraad. Uit eerdere inventarisaties blijkt dat zowel de gewone tuinslak als de segrijnslak in grote aantallen in het gebied voorkomen (pers. comm. A. Roeloffzen).

5.6.3 Overige bodemfauna

Naast loopkevers en slakken zijn ook de overige belangrijke bodemfaunagroepen geïnventariseerd. Deze groepen zijn niet tot op soort gedetermineerd. De belangrijkste soortgroepen die aan zijn getroffen zijn de springstaarten, pissebedden, spinnen, hooiwagens en miljoenpoten. De volledige gegevens zijn te vinden in bijlage 22.

Voor de springstaarten is weinig correlatie te zien tussen voorkomen en biotoopgesteldheid. De vangseries met de hoogste aantallen springstaarten (>200) bijvoorbeeld komen zowel uit ruigtes met brandnetel (04B), dichte vegetatie van vlier en brandnetel (08A, 11), en bos met zowel een dikke als lichte strooisellaag (01, 06, 12).

Vanglocaties met de meeste pissebedden zijn de vakken met een ruige vegetatie van brandnetel en andere kruiden (04B, 05B, 07B, 07R, 13N), en het lichte vlierbos met dichte ondergroei van brandnetel (08). In de bosachtige terreinen zijn de gevonden dichtheden dus veel lager. Mogelijk wordt dit verschil veroorzaakt door verschillen in voedselaanbod en bodemvochtigheid. De bodem in de ruigtes was inderdaad veelal vochtiger dan in de open bossen.

De spinnen geven de voorkeur aan de grassige biotopen (11R, 06M, 06A, 05C) en ruigten (13N, 05B, 05C, 08), terwijl de hooiwagens weer nauwelijks een voorkeur lijken te hebben. De meeste hooiwagens zijn gevonden in vakken met bos (01, 06, 08A, 10, 12), ruigtes (04B, 08, 11, 13N) en grasland (05C).

De hoogste aantallen miljoenpoten (>100 in een vangserie) tenslotte zijn gevonden in bos (12), ruigtes van vlier en brandnetel (8A) en grasland (06M, 06A). Voor miljoenpoten is het van belang dat er veel organisch materiaal op de bodem aanwezig is en de bodem zacht en vochtig genoeg is zodat de dieren zich kunnen ingraven.

Verder is de vondst van twee vlokreeften *Orchestia cavimana* (zoetwaterstrandvlo) in vak 13Z bijzonder te noemen, daar deze soort normaal gesproken langs oevers wordt gevonden.

Vermeldenswaardig is daarnaast dat op locatie 11R een ondergronds nest met groefbijen (*Lassioglossum* sp.) is aangetroffen (foto 7 en 8, paragraaf 5.2). Het was helaas niet mogelijk tot op soort te determineren. Soorten binnen de familie van de groefbijen variëren van zeer algemeen voorkomend in Nederland tot zeer zeldzaam.

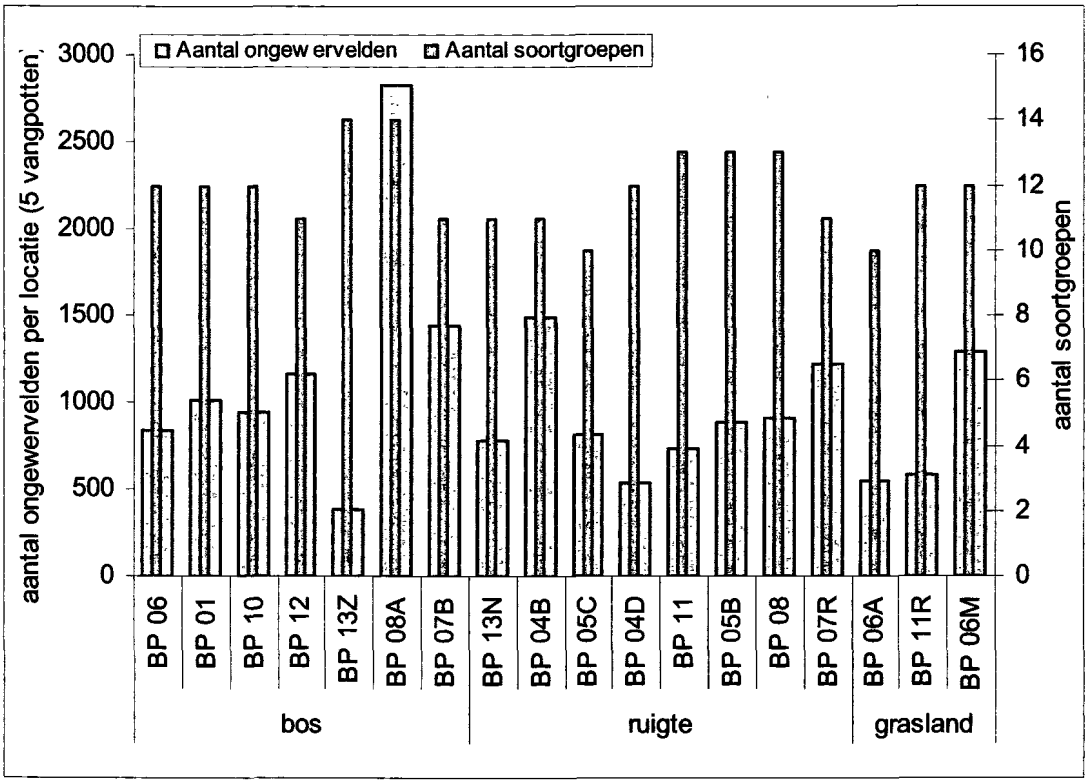
Ondanks de voorzorgsmaatregelen zijn er helaas ook enkele gewervelden als bijvangst aangetroffen. Op locatie 01, 04B en 12 zijn respectievelijk 2, 1 en 1 kleine watersalamanders (*Lissotriton vulgaris*) aangetroffen. Deze dieren zijn dusdanig klein dat ze niet door het kippengaas tegengehouden werden. Daarnaast is er op locatie 13N een juveniele gewone pad (*Bufo bufo*) gevangen. Beide soorten zijn algemene soorten voor Nederland.

Overige bodemfauna en verontreinigingsgraad

Evenals voor de loopkevers is er geen verband te zien tussen aantal (soortgroepen) ongewervelden en de verontreinigingsgraad. Ook wanneer er per soortgroep en vegetatietype wordt ge-

keken is er vrijwel geen enkele soortgroep die sterk gecorreleerd is met een de verontreinigingsgraad. De enige groep die een relatief sterke positieve correlatie laat zien met het beschikbare gehalte aan drins, zijn de pissebedden. Het aantal pissebedden neemt toe met een toenemend beschikbaar gehalte drins. Dit is niet eenduidig te verklaren.

Vochtgehalte van de bodem, bedekkingsgraad, organische stofgehalte, aan- of afwezigheid van een strooisellaag, etc. zijn voor de aan- of afwezigheid van soortgroepen waarschijnlijk beduidend belangrijkere factoren dan de mate van verontreiniging bij de gehalten die in de Broekpolder worden aangetroffen. In figuur 13 is dit weergegeven.



Figuur 13 Absolute aantallen ongewervelden per 5 vangpotten en aantal soortgroepen per locatie en per vegetatietype. Vegetatietypen zijn gesorteerd op oplopende verontreinigingsgraad.

5.6.4 Molleninventarisatie

De mol is oorspronkelijk een bewoner van loofbossen, maar beweegt zich ook graag in open graslanden waar voldoende voedselaanbod is. Het dieet van mollen (Talpa europaea) bestaat voornamelijk uit regenwormen. Daarnaast worden ook andere bodembewonende ongewervelden gegeten (Edwards en Bohlen, 1996; Stone, 1995).
De molleninventarisatie was niet kwantitatief van aard, maar moet worden gezien als een indicatie voor de aan- of afwezigheid van mollen op locaties. Hierbij moet men in het achterhoofd houden dat het niet aantreffen van mollen op een locatie niet direct betekent dat er ook geen mollen voorkomen. Het aantreffen van mollengangen en -hopen op een locatie betekent echter wel dat met zekerheid gesteld kan worden dat er mollen op die locaties aanwezig zijn (geweest).

De meeste mollenactiviteit is aangetroffen in de hoger gelegen, zandige en goed ontwaterde gedeelten van de baggerloswal, zoals vakken 03 en 06 (locatie 06A).

In een groot aantal vakken is zijn geen aanwijzingen voor de aanwezigheid van mollen waargenomen. Dit is voor een aantal vakken simpel te verklaren uit het feit dat een aantal locaties ongeschikt zijn als biotoop voor mollen. Een belangrijke factor hierin is de grondwaterstand: mollen kunnen niet overleven op locaties waar hun holen constant onder water lopen. Een hoge

grondwaterstand zorgt er dus voor dat mollen afwezig zullen zijn. Dit is zeer waarschijnlijk het geval voor (grote delen van) de vakken 4, 5 en 13. Ook locaties waar een verdichte bodemstructuur aanwezig is zijn minder geschikt voor mollen: het graven van gangen wordt hierdoor bemoeilijkt, en vaak betekent een verdikte bodem ook de afwezigheid of beperkte aanwezigheid van hun belangrijkste voedselbron: regenwormen. Een verdichte bodem is vooral te vinden op locaties met intensief maaibeheer, zoals delen van vak 5 en 6 en de uitzichtheuvel in vak 11 (onverontreinigde locatie 11R in dit onderzoek). In de vakken 10 en 12 (de golfbaan) komen geen mollen voor (pers. mededeling terreinbeheerder). Uitgebreidere resultaten van de mollen-inventarisatie zijn te vinden in bijlage 26.

Er lijkt geen verband te zijn tussen de verontreinigingsgraad van de locaties en de aan- of afwezigheid van mollen. De meeste mollengangen en –hopen zijn aangetroffen op locaties waar er relatief weinig verontreiniging aanwezig is, maar dit zijn tevens de locaties waar de omstandigheden, zoals bijvoorbeeld grondwaterstand, gunstig zijn voor mollen. Echter, op niet verontreinigde locaties – zoals bijvoorbeeld de minst verontreinigde locatie in dit onderzoek (11R) – wordt ook geen mollenactiviteit aangetoond. Op met drins verontreinigde locaties als vak 3, 5 zuid en 13 is mollenbewoning aangetroffen. Andere met drins verontreinigde locaties lieten geen mollenbewoning zien. Zaken als voedselaanbod, bodemomstandigheden en grondwaterstand zijn naar alle waarschijnlijkheid van grotere invloed op de aan- of afwezigheid van mollen, dan de dringehalten die er in het huidige onderzoek gevonden zijn. Binnen deze molleninventarisatie is echter niet opgenomen of de aanwezige mollen gezond zijn en of er risico's zijn voor doorvergiftiging naar predatoren van mollen.

6 Resultaten: Bioaccumulatie en doorvergiftigingsrisico's

6.1 Samenvatting bioaccumulatie en doorvergiftiging

- De gechloreerde bestrijdingsmiddelen drins en de metalen zink, kwik en cadmium zijn op basis van totaalgehalten aangewezen als mogelijke risicostoffen voor bioaccumulatie in en doorvergiftiging via regenwormen.
- De metalen cadmium, kwik en zink blijken zeer beperkt opgenomen te worden door de regenwormen. Interne gehalten zijn vaak nog lager dan referentiewaarden uit de literatuur van regenwormen uit niet verontreinigde bodems. Dit is te verklaren door het lage beschikbare gehalte metalen, veroorzaakt door de hoge pH en lutum- en calcietgehalten in de bodem van de Broekpolder.
- Drins – en met name dieldrin – blijken sterk te accumuleren in regenwormen. Er is een sterk lineair verband tussen de beschikbare bodemgehalten en het gehalte in de regenwormen.
- Vanwege de zeer beperkte opname van metalen in regenwormen zijn er ook geen doorvergiftigingsrisico's van metalen in de Broekpolder.
- Op de locaties met hoge gehalten drins in regenwormen zijn er doorvergiftigingsrisico's te verwachten. Het aantal risicolocaties hangt mede af van het gewenste beschermingsniveau van het gebied.

6.2 Keuze voor de analyses

Naast directe effecten kunnen bodemverontreinigingen ook indirecte effecten hebben op soorten die hoger in de voedselketen staan. Dit gebeurt wanneer een stof accumuleert in een organisme (bioaccumulatie) dat gegeten wordt door organismen hoger in de voedselketen (doorvergiftiging). Om het risico op doorvergiftiging te bepalen zijn de regenwormen die in het veld zijn verzameld doorgemeten op de gehalten potentieel bioaccumulerende stoffen. Regenwormen zijn namelijk een belangrijke voedselbron voor veel dieren hoger in de voedselketen zoals mollen, egels en diverse vogels. Hoe hoger de bioaccumulatiefactor (BAF), hoe hoger het risico op doorvergiftiging naar hogere organismen. De BAF kan berekend worden door het gehalte in het organisme te delen door het gehalte in de bodem.

Aan de hand van de gestandaardiseerde totaalgehalten en het NOBO-rapport (2008) is bepaald welke stoffen een potentieel risico vormen. Hierbij is gekeken naar het matige ecologische beschermingsniveau (HC50-niveau) voor doorvergiftigingsrisico's. Op basis van deze vergelijking komen de drins, en de drie metalen: cadmium, kwik en zink naar voren als stoffen die een potentieel doorvergiftigingsrisico geven in de Broekpolder.

De gehalten van deze potentieel risicovolle stoffen zijn voor zover mogelijk in regenwormen van alle locaties bepaald. Op locatie 07R zijn echter geen regenwormen gevonden en op locatie 06M maar zeer weinig, waardoor analyses voor deze locaties niet mogelijk waren.
Voor de analyses zijn verschillende soorten regenwormen gebruikt. Dit is gedaan omdat er geen enkele soort (in voldoende aantal) op alle locaties is aangetroffen. Er is naar gestreefd om zoveel mogelijk regenwormen van dezelfde soort te gebruiken voor de analyses, maar in een aantal gevallen was onvoldoende materiaal aanwezig om dit mogelijk te maken. In deze gevallen zijn zoveel mogelijk regenwormen van hetzelfde geslacht gebruikt.
Het belangrijkste geslacht dat gebruikt is, is Aporrectodea: dit geslacht kwam op de meeste locaties in de grootste aantallen voor en leeft in de ecologisch relevante minerale bodemlaag. In tabel 18 is aangegeven welke soorten of geslachten gebruikt zijn.

Op die locaties waar niet voldoende materiaal beschikbaar was om beide analyses uit te voeren, is de keuze gemaakt om of alleen drins of alleen metalen te analyseren. De mate van normoverschrijding voor het risico op doorvergiftiging was maatgevend bij deze keuze. In een aantal gevallen zijn zowel adulten als juvenielen doorgemeten omdat er onvoldoende materiaal van adulte exemplaren was. In deze gevallen zijn de drin-analyses met de adulte exemplaren uitgevoerd en de metaalanalyses op de juveniele. Dit heeft ermee te maken dat veel metalen gereguleerd worden in het lichaam van een regenworm. Op den duur zal zich een evenwichtssituatie instellen waarbij het interne gehalte niet meer sterk zal toenemen. Drins worden daarentegen in het vetweefsel opgeslagen en dit is een proces dat gedurende het leven van een regenworm plaats zal blijven vinden wanneer hij zich in met drins verontreinigde grond ophoudt. Op locaties waar voldoende materiaal gevonden is, is daarom ook vetgehalte doorgemeten in de soorten die op die locatie ook voor de chemische analyse worden gebruikt. Gebrek aan materiaal maakt dat er maar driemaal vetgehalte is doorgemeten.

In tabel 18 is opgenomen welke stoffen in welke soorten op de verschillende locaties zijn geanalyseerd.

Tabel 18 Uitgevoerde analyses in regenwormen en onderzochte soorten

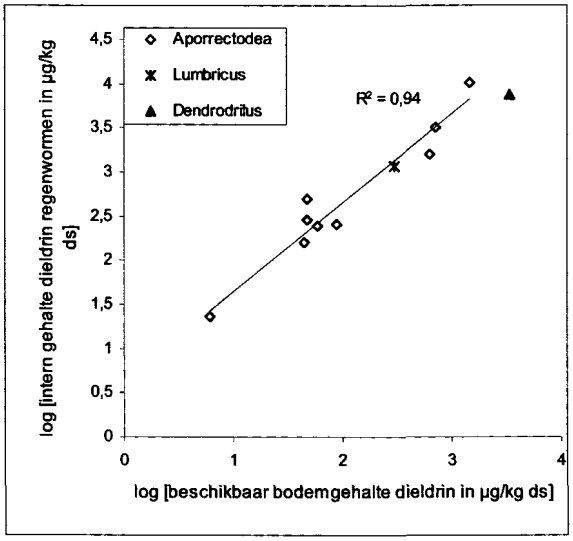
Locatie	Drins	Metalen (Cd, Zn, Hg)	Vetgehalte
BP01	Nb	*L. rubellus*	nb
BP04B	*A. caliginosa*	*Aporrectodea sp.* (juv.)	nb
BP04D	*A. calignosa* en *A. rosea*	*Aporrectodea sp.* (juv.)	nb
BP05C	*L. rubellus* en *Lumbricus sp.* (juv.)	*Nb*	nb
BP05D	*A. calignosa* en *A. rosea*	*A. calignosa* en *A. rosea*	*A. calignosa* en *A. rosea*
BP06	*A. caliginosa*	*Aporrectodea sp.* juv	nb
BP06A	Nb	*L. rubellus en Lumbricus sp.* (juv.)	nb
BP06M	Nb	Nb	nb
BP07B	*D. rubidus*	Nb	nb
BP07R alt	Nb	Nb	nb
BP08	Nb	*A. longa*	nb
BP08A	Nb	*L. rubellus*	nb
BP10	*A. longa*	*A. longa*	*A. longa*
BP11	Nb	*L. rubellus*	nb
BP11R	*A. calignosa* en *A. rosea*	*Aporrectodea sp.* (juv.)	nb
BP12	*A. calignosa* en *A. rosea*	*Aporrectodea sp.* (juv)	nb
BP13N	*A. caliginosa*	*A. caliginosa*	*A. caliginosa*
BP13Z	*A. caliginosa*	*Aporrectodea sp.* (juv)	nb

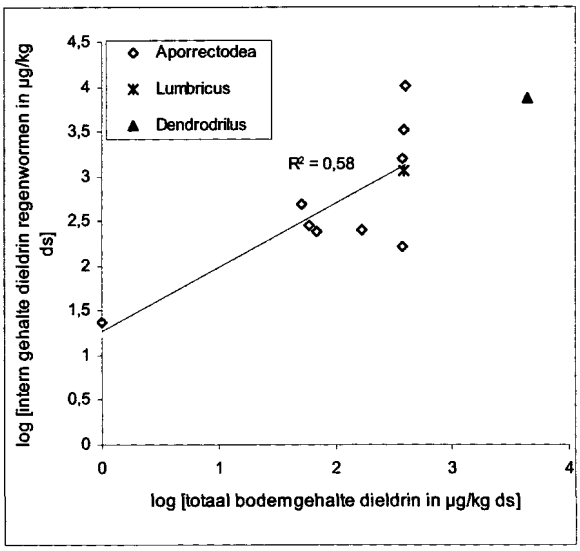
nb=niet bepaald (onvoldoende materiaal); soorten die niet tot de Aporrectodea behoren zijn onderstreept.

6.3 Bioaccumulatie van drins

In bijlage 23 zijn de gehalten drins in de regenwormen weergegeven.

Van de somparameter (aldrin, dieldrin en endrin) is dieldrin de stof die in de hoogste concentraties aangetroffen is in regenwormen. Dieldrin is het belangrijkste afbraakproduct van aldrin. Gemiddeld draagt dieldrin voor 95% bij aan deze somparameter, met als laagste bijdrage 79% op locatie 07B. Wanneer voor dieldrin de interne gehalten in de regenwormen en de beschikbare gehalten (beide op basis van drooggewicht) tegenover elkaar worden gezet, blijkt er een sterke positieve correlatie te zijn. Deze correlatie is minder sterk voor het totaalgehalte en de gehalten in regenwormen(zie figuur 14). In figuur 1 in paragraaf 3.4.2 is reeds de relatie tussen beschikbaar gehalte en totaalgehalte in de bodem weergegeven.





Figuur 14 Gehalte dieldrin in regenwormen (per geslacht) ten opzichte van beschikbaar gehalte (links) en totaalgehalte (rechts) dieldrin in de bodem. Om een duidelijker beeld te krijgen zijn beide assen logaritmisch geschaald. De correlatie tussen beschikbaar bodemgehalte en gehalte in de regenworm is zoals verwacht het sterkst.

Voor het geslacht Aporrectodea zijn de meeste metingen beschikbaar. De mate waarin stoffen worden opgenomen wordt uitgedrukt als de BioAccumulatie Factor of BAF. Dit is de concentratie in de wormen gedeeld door de concentratie in de bodem. Uit de metingen blijkt dat het gehalte in de regenworm gemiddeld ruim viermaal hoger is dan het beschikbare gehalte in de bodem[7] (gemiddelde BAF op basis van drooggewicht: 4,1 met als minimum 2,3 en maximum 7,1). Dit geslacht van regenwormen is het meest relevant: zij komen het meest voor in de Broekpolder qua aantal en massa en ze bewonen de relevante minerale bodemlaag. Het geslacht Lumbricus heeft één meting en deze past binnen dezelfde curve als de Aporrectodea: de soort *Lumbricus rubellus* die voornamelijk voor de analyse gebruikt is heeft een vergelijkbare levensstrategie als de eerder genoemde Aporrectodea, al haalt deze soort het grootste deel van zijn voedsel uit de strooisellaag in plaats van uit de grond zelf.

Een uitbijter is het geslacht Dendrodrilus: hiermee is één analyse gedaan, en wel op locatie 07B, de locatie met het hoogste gehalte aan drins. Het gehalte drins was minder dan tweemaal hoger in de regenworm dan het beschikbare gehalte in de bodem (BAF: 1,8 op basis van drooggewichten). Dit is te verklaren uit het feit dat dit regenwormgeslacht een strooiselbewoner is, en dus minder in contact komt met de bodem.

Aangezien drins zich ophopen in het vetweefsel van organismen, is het gehalte op basis van vetpercentage ook berekend. Het vetpercentage van het geslacht Aporrectodea is bepaald in drie monsters: dit bleek zeer constant te zijn (1,43% ± 0,006%). Vanwege dit constante vetgehalte is de relatie tussen gehalte drins in vet en beschikbaar gehalte in de bodem vergelijkbaar met de gehalten op basis van zowel droog- als natgewicht van de regenwormen. Het gehalte in het vet blijkt gemiddeld een factor 43 hoger te zijn dan het beschikbare gehalte in de bodem.

Voor niet-verontreinigde locaties zijn interne gehalten in regenwormen bekend. Deze zijn voor de relevante regenwormsoorten opgenomen in tabel 19.

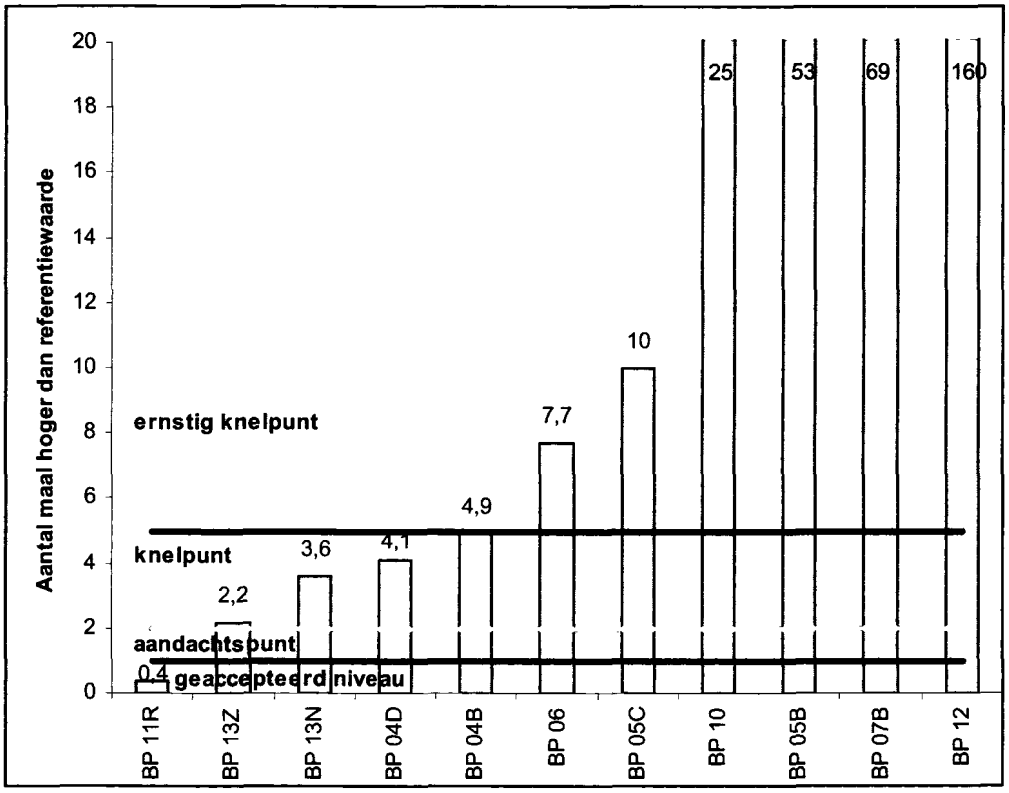
[7] Er is voor beschikbare gehalten gekozen deze waarden relevanter zijn voor de opname in regenwormen dan de totaalgehalten. Ook het hoge beschikbare gehalte (gemiddeld ca. 75%) valideert de keuze voor beschikbare gehalten.

Tabel 19 Referentiewaarden voor dieldrin in regenwormen (Wegener et al., 1999-1)

Regenwormsoort	gehalte dieldrin in µg/kg natgewicht	Locatie
Lumbricus rubellus	0,17 – 16	uiterwaarde
Aporrectodea caliginosa	10	onbespoten bouwland

In Wegener et al (1999-1) wordt een beoordelingsmethode gebruikt waarbij het 75-percentiel van alle metingen in regenwormen op een locatie wordt vergeleken met de referentiewaarde in bovenstaande tabel. Indien deze niet wordt overschreden is er sprake van een geaccepteerd niveau. Een 75-percentiel tussen de referentiewaarde en tweemaal de referentiewaarde geeft aan dat het gehalte in de regenwormen een aandachtspunt is, tussen de twee en vijf maal een knelpunt en een 75-percentiel dat meer dan vijfmaal hoger is dan de referentiewaarde betekent een ernstig knelpunt.

Gezien het feit dat er per locatie in enkelvoud regenwormen zijn geanalyseerd op drins, is er geen 75-percentiel per locatie te berekenen. Echter wel voor de gehele Broekpolder. Het 75-percentiel voor de gehele Broekpolder bedraagt 390 µg/kg natgewicht. Dit is – uitgaande van de soort *A. caliginosa* – 39 keer hoger dan de referentiewaarde. Op basis hiervan kan dus gesproken worden van een ernstig knelpunt. Wanneer per locatie het gehalte in de regenwormen wordt vergeleken met de referentiewaarden voor dieldrin, dan blijkt dat er op een groot aantal van de locaties een (ernstig) knelpunt is (figuur 15).



Figuur 15 Overschrijding van de referentiewaarde voor gehalte aan drins in regenwormen (0,10 µg/kg versgewicht voor A. caliginosa). Omdat per locatie in enkelvoud regenwormen zijn geanalyseerd, is er geen 75-percentiel te berekenen. Daarom zijn de daadwerkelijk gemeten waarden vergeleken met de referentiewaarde. Tussen 0-1: geaccepteerd niveau; 1-2: aandachtspunt; 2-5: knelpunt; >5: ernstig knelpunt (Wegener et al., 1999-1).

In deze figuur ontbreekt locatie 07R. Op deze locatie zijn tijdens het onderzoek geen regenwormen gevonden. Hierdoor waren bioaccumulatiemetingen op deze locatie niet mogelijk. Deze locatie had echter wel de hoogste beschikbare gehalten aan drins. Gezien het sterke lineaire

verband tussen het gehalte aan drins in regenwormen en het beschikbare bodemgehalte is het met grote waarschijnlijkheid te stellen dat de regenwormen (indien aanwezig) op deze locatie gehalten drins bevatten die ruim tienmaal hoger zijn dan de referentiewaarden uit Wegener et al. (1999-1) en waarschijnlijk ook hoger dan op locatie 12.

6.4 Bioaccumulatie van metalen

Naast drins is ook de bioaccumulatie van cadmium, kwik en zink in regenwormen bepaald. Deze gegevens zijn te vinden in bijlage 24. De gehalten van deze metalen in de regenwormen zijn zondermeer laag te noemen. Zoals in onderstaande tabel te zien is, zijn referentiewaarden uit de literatuur van regenwormen uit schone gronden hoger dan de in de Broekpolder aangetroffen gehalten (tabel 20).

Tabel 20 Referentiewaarden voor metaalgehalten in regenwormen uit schone gronden

Regenwormsoort	Cd	Zn	Hg
	mg/kg ds	mg/kg ds	mg/kg ds
Lumbricus rubellus	2,8 – 22[b]	219 – 1442[b]	0,47 – 0,55[a]
Aporrectodea caliginosa	10,8 – 35[b]	400 – 2000[b]	1,8 – 2,3

[a]Van Gestel 1991; [b]Hobbelen et al., 2006

De gevonden gehalten geven aan dat de de metalen nauwelijk worden opgenomen. In tabel 21 staan de gemiddelde, minimale en maximale bioaccumulatiefactoren vermeld (gehalte in de regenworm ten opzichte van het totaalgehalte[8] in de bodem op basis van droge stof).

Tabel 21 Bioaccumulatiefactoren voor metalen in regenwormen in de Broekpolder

	Gemiddelde	Minimum	Maximum
Cadmium	0,0175	0,0007	0,08
Kwik	0,0025	0,0003	0,007
Zink	0,0045	0,001	0,02

De sterkste bioaccumulatie is te zien op de schoonste plekken (11R en 06A). De verhouding tussen gehalte in de regenworm en gehalte in de bodem is dan het hoogst. Dit is een trend die algemeen gevonden wordt: wanneer de gehalten in de bodem toenemen blijven de regenwormen niet met dezelfde factor metalen accumuleren, maar neemt dit af. Dit geldt nog sterker voor voor organismen essentiële en gereguleerde metalen als zink. De laagste bioaccumulatiefactoren zijn dan ook te vinden op de locatie die het sterkst met metalen verontreinigd is (08). De relatie tussen de gehalten in de bodem en in de regenwormen is niet sterk. Dit komt omdat de metalen slechts zeer beperkt in de regenwormen opgenomen worden. Enkel voor cadmium – het metaal dat nog het sterkst opgenomen wordt – is deze relatie enigszins aanwezig.

De bioaccumulatiefactoren (BAF) die in het huidige onderzoek gevonden zijn, zijn zeer laag te noemen. In veel gevallen worden waarden gevonden die tot 100 keer hoger zijn (o.a. Wegener et al., 1999-3).

De zeer beperkte bioaccumulatie van metalen houdt vrijwel zeker verband met de hoge pH en het relatief hoge calciet- en lutumgehalte van de bodem. Hierdoor zullen metalen sterk gebonden zijn aan de bodem en zelfs in de regenworm zeer beperkt beschikbaar komen.

[8] Het gehalte metalen dat voor regenwormen beschikbaar is in de bodem is – vanwege het zure milieu in hun verteringsstelsel – het best vergelijkbaar met het potentieel beschikbare gehalte van metalen in de bodem (Klok et al., 2004). Aangezien dit gehalte – met 0,43M HNO_3-extractie – niet geanalyseerd is, is gekozen om het totaalgehalte te gebruiken: dit gehalte komt dichter in de buurt van de potentieel beschikbare fractie metalen dan het gemeten actueel beschikbare gehalte (0,01M $CaCl_2$-extractie).

6.5 Doorvergiftigingsrisico's

De risico's op doorvergiftiging naar hogere, wormetende organismen op basis van de in de wormen aangetroffen gehalten is berekend met het programma Omega 6.1. Evenals voor bodemgehalten resulteert dit in (ms)PAF-waarden, in dit geval voor wormeters.

6.5.1 Drins in regenwormen

Ook voor drins zijn de doorvergiftingsrisico's vanuit wormen naar wormetende, hogere soorten bepaald. Het gebruik van drins is in Nederland – en het overgrote deel van de rest van de wereld – inmiddels verboden. Dit heeft onder andere te maken met de negatieve effecten van deze stoffen op met name de roofvogelstand (Van de Leemkule et al., 1998). Deze vogels staan bovenaan in de voedselketen en met een biomagnificerende stoffen zoals drins zullen zij de hoogste gehalten binnenkrijgen. In de voedselketen is de bioaccumulatie van bodem naar regenworm naar vogel het op één na hoogst. Alleen de route grond → insect → vogel is sterker (Jongbloed et al., 1994).

Aangezien de in de Broekpolder meest aangetroffen regenwormen (geslacht Aporrectodea) vooral in de grond voorkomen en daardoor meer met drins in aanraking komen dan óp de bodem levende insecten, zullen de absolute gehalten in regenwormen naar alle waarschijnlijkheid hoger zijn dan in insecten. Daarnaast zijn op een aantal locatie bovengemiddeld hoge wormdichtheden aangetroffen. Dit maakt de route voor doorvergiftiging via regenwormen een zeer relevante om te beschouwen.

De resultaten van de berekeningen staan in tabel 22, zowel voor individuele drins als voor de gecombineerde msPAF. Er is niet voor iedere locatie een (ms)PAF berekend, omdat op enkele locatie geen of te weinig wormen verzameld konden worden om de analyses op uit te voeren.

In de tabel is tevens het risico beoordeeld op basis van verschillende risiconiveaus. Deze zijn afhankelijk van de beoogde bodemfunctie (zie NOBO, 2008 voor verdere toelichting).

Tabel 22 PAF voor de individuele drins en de gecombineerde msPAF voor doorvergiftiging naar hogere wormetende organismen

Vegetatietype	locatie	PAF			msPAF
		aldrin	Dieldrin	Endrin	som drins
bos	BP 13Z	0,00	0,00	0,00	0,00
	BP 06	0,00	0,01	0,00	0,01
	BP 10	0,01	**0,11**	0,00	**0,11**
	BP 07B	0,00	**0,53**	**0,22**	***0,63***
	BP 12	0,01	**0,66**	0,04	***0,67***
ruigte	BP 13N	0,00	0,00	0,00	0,00
	BP 04D	0,00	0,00	0,00	0,00
	BP 04B	0,00	0,00	0,00	0,00
	BP 05C	0,00	**0,05**	0,00	**0,05**
	BP 05B	0,00	**0,28**	0,04	**0,31**
grasland	BP 11R	0,00	0,00	0,00	0,00

hoog beschermingsniveau < HC5 ≤ **gemiddeld beschermingsniveau** < HC20 ≤ **matig beschermingsniveau** < HC50

Afhankelijk van het gewenste beschermingsniveau zijn er risico's op doorvergiftiging voor drins op enkele van de onderzochte locaties in de Broekpolder. Op de boslocaties 07B en 12 kunnen respectievelijk 63 en 67% van de hogere wormeters potentieel negatieve effecten ondervinden van de drins die zich in de regenwormen hebben opgehoopt. Hiermee wordt het laagste beschermingsniveau overschreden en zijn maatregelen gewenst. Het gemiddelde beschermingsniveau wordt op de locatie 05B (ruigte) overschreden en het hoogste beschermingsniveau op 10 (bos) en 05C (ruigte). Hier worden respectievelijk 31, 11 en 5% van de regenwormetende soorten potentieel aangetast. Omdat op de locatie 07R geen regenwormen zijn gevonden, is deze niet in de tabel opgenomen. De (beschikbare) concentraties drins op deze locatie zijn echter het hoogste uit het hele onderzoek. Mochten er toch (grotere aantallen) regenwormen op

deze locaties voorkomen, dan is met grote waarschijnlijkheid te zeggen dat de doorvergiftigingsrisico's op deze locaties nog groter zijn dan voor locaties 07B en 12.

Wormeters op de overige zes onderzochte locaties lopen nauwelijks risico om schade te ondervinden van het eten van wormen. Deze msPAF-waarden blijven allemaal onder de grens voor het hoge beschermingsniveau dat voor natuur geldt: minder dan 5% van de soorten wordt hier aangetast.

Het blijkt dat dieldrin de belangrijkste bijdrage levert aan het potentiële doorvergiftigingsrisico. Dit is niet verwonderlijk aangezien dieldrin ook het meest beschikbaar is in de bodem en de hoogste gemeten gehalten in de worm heeft. Daarnaast is het van de drins de slechts afbreekbare soort.

Een kanttekening dient geplaatst te worden bij de berekende risico's op doorvergiftiging. Dit is een worst case scenario waarbij wordt aangenomen dat de wormeters enkel op deze plek foerageren en alle regenwormen het gehalte bevatten dat in dit onderzoek gemeten is. In de realiteit zullen de predatoren van regenwormen vaak een groter foerageergebied hebben waarbinnen zowel (sterk) verontreinigde als niet of minder verontreinigde plekken liggen. Daarnaast zal ook niet elke wormensoort een even hoog gehalte aan drins bevatten. Dit neemt echter niet weg dat er wel degelijk risico's bestaan op doorvergiftiging.

6.5.2 Doorvergiftigingsrisico's: mollen

Er was geen verband te leggen tussen de aan- of afwezigheid van mollen en de verontreinigingsgraad van de onderzoekslocaties. Echter, het dieet van voornamelijk regenwormen maakt de mol kwetsbaar voor doorvergiftigingsroute grond □ regenworm □ mol.

In eerder onderzoek (Wegener et al, 1999-1, 1999-2) in de provincie Zuid-Holland zijn zowel regenwormen als mollenlevers geanalyseerd op dieldrin. Hieruit kwam onder andere naar voren dat gehalten in mollenlevers hogere gehalten werden aangetroffen dan in regenwormen. Wanneer dit doorvertaald wordt naar de Broekpolder, dan is het waarschijnlijk dat ook hier verhoogde gehalten in mollenlevers aangetroffen zullen worden.
Op locaties met sterk verhoogde dringehalten in regenwormen (paragraaf 6.5.1) is het voorstelbaar dat mollen gezondheidsrisico's lopen door het eten van deze regenwormen. Predatoren van deze mollen zouden ook weer risico's kunnen lopen op vergiftiging met dieldrin.

Op basis van doorvertaling van de resultaten van de berekening van doorvergiftigingsrisico's via regenwormen met OMEGA 6.1 (tabel 22 en 23) zouden deze risico's bestaan op de locaties 05C (hoogste beschermingsniveau), 10, 05B (gemiddelde beschermingsniveau), 12, 07R, 11A en 07B (laagste beschermingsniveau). Echter, niet op al deze locaties is het voedselaanbod van regenwormen even groot. Op locatie 07R zijn bijvoorbeeld in zijn geheel geen regenwormen en mollen aangetroffen, en is de doorvergiftigingsroute dus niet van toepassing. Inzicht in de dieldringehalten in mollen zou een nog betere indicatie zijn van de mogelijke risico's van doorvergiftiging.

6.5.3 Metalen in regenwormen

Uit de berekening blijkt dat er minimale risico's zijn voor doorvergiftiging naar wormeters van metalen. Enkel voor cadmium was er sprake van een potentieel aangetaste fractie (PAF) van maximaal 0,01 voor de locaties BP 01, BP 04B, BP 06, BP 08A, BP 10 en BP 11. Voor de overige locaties was de PAF 0,00. Er kan dus geconcludeerd worden dat door de lage gehalten metalen in regenwormen er geen doorvergiftigingsrisico's zijn van metalen naar hogere, wormetende soorten.

6.5.4 Drins en metalen in planten: eerder onderzoek

Naast de verschillende bodemonderzoeken zijn door Alterra in 2001 de risico's van de verontreinigingen in de Broekpolder voor doorvergiftiging naar grote grazers bepaald. Hierbij is de focus geweest op de gebieden die begraasd zouden worden, te weten vakken 6, 6a, 8, 8a, 9 en 11 (potentiële begrazingslocaties). Hiervoor is gebruik gemaakt van eerdere bodem-, grond- en oppervlaktewateronderzoeken in de Broekpolder en zijn gewasmonsters genomen. Op basis

van deze gegevens werden voornamelijk risico's verwacht van metaalverontreinigingen. Dit heeft te maken met het feit dat de gehalten aan drins onder de interventiewaarden lagen in deze vakken, wat ook in het huidige onderzoek het geval is.

Op basis van de gehalten in planten en bodem op de potentiële begrazingslocaties werd slechts een lichte kans op vergiftiging door cadmium en koper verwacht, en dan enkel wanneer de grazers al hun voedsel – jaarrond – op deze locaties zouden vergaren. De hoogste gewasconcentraties cadmium werden in de bast en schors van populieren gevonden. De reden voor deze beperkte risico's van metalen is dezelfde als in het huidige onderzoek: de biobeschikbaarheid is erg laag. Echter, buiten de begrazingsgebieden werden wel ernstige risico's verwacht voor grote grazers. Dit geldt voor de vakken 2, 5, 7, 10, 11a, 12 en 13 en wordt veroorzaakt door de hoge dringehalten op deze locaties.

7 Beoordeling ecologisch risico

In de verschillende hoofdstukken is reeds een beoordeling van de individuele parameters gemaakt. Om een uitspraak te kunnen doen over de mogelijke ecologische risico's op de verschillende locaties in de Broekpolder, worden de resultaten van de verschillende onderdelen van de Triade tot één oordeel over de ecologische risico's geïntegreerd. Daartoe zijn in dit hoofdstuk twee methoden uitgewerkt, namelijk beoordeling op basis van de RIVM-methodiek en beoordeling op basis van expert-judgement. Deze worden achtereenvolgens besproken.

7.1 Beoordeling volgens RIVM Triade methodiek

Voor een uitgebreide uitleg van de RIVM Triade methodiek wordt verwezen naar de literatuur (Schouten et al., 2003; Rutgers et al., 2005; Mesman et al., 2007). In het kort komt het erop neer dat per parameter binnen de Triade waargenomen effecten worden geschaald ten opzichte van een locale referentie en zodanig getransformeerd dat hieruit een waarde tussen 0 en 1 komt. Een 0 houdt in dat er geen effect is gevonden ten opzichte van de referentielocatie terwijl 1 een zeer sterk effect ten opzichte van de referentie betekent. Vervolgens worden de resultaten uit de drie poten van de Triade (chemie, toxicologie en ecologie) gewogen. Elk van de poten krijgt een waarde tussen 0 en 1, waarbij 0 geen risico inhoudt en 1 een ernstig risico. Samen worden deze waarden weer geïntegreerd tot een overall risico-inschatting tussen 0 en 1. Hierbij wordt ook aandacht geschonken aan de gemiddelde afwijking tussen de verschillende Triade-sporen.

Voor de verschillende bodemfuncties zijn er verschillende risiconiveaus bepaald. Voor de functie natuur is deze het strengst. Wanneer hier de waarde boven de 0,25 uitkomt óf er een afwijking tussen de drie Triade-sporen van meer dan 0,4 is, dan wordt het risico onaanvaardbaar geacht. De functie ander 'groen, bebouwing, infrastructuur en industrie' heeft de minst strenge beoordeling: pas bij een waarde van 0,75 is er sprake van een onaanvaardbaar risico (Mesman et al., 2007). Voor alle overige bodemgebruiksfuncties ligt deze grens op 0,25, ongeacht de afwijking tussen de verschillende sporen.
Deze waarden hebben echter nog geen juridische status binnen de Circulaire Bodemsanering van de Wbb.

De berekende risico's waarbij de RIVM-methodiek letterlijk wordt gevolgd staan in bijlage 25. Hierbij zijn de resultaten uit de verschillende Triade-onderdelen vergeleken met de referentie voor dat vegetatietype. Voor de veldinventarisaties is dit vooral gedaan met de BKI- oftewel bodemkwaliteitsindex-berekening (Schouten et al., 2000).

Uit de tabel blijkt dat volgens de RIVM-methodiek op alle locaties – op de referenties na – sprake is van een ernstig ecologisch risico. Dit komt echter niet overeen met het beeld dat uit de beoordelingen van de individuele parameters in eerdere hoofdstukken is gemaakt op basis van expert judgement. Redenen hiervoor zijn:

- De locaties in de Broekpolder vertonen grote mate van heterogeniteit in bodemeigenschappen. Deze kunnen voor een belangrijk deel de waargenomen effecten verklaren. Dit betekent dat de effecten niet door de verontreiniging worden veroorzaakt, maar door andere parameters. Echter, in de RIVM methodiek wordt dit effect, ten onrechte, wel meegenomen in het eindoordeel. Dit is bijvoorbeeld het geval voor de bacteriële groeisnelheid, de plantengroeitest en de veldinventarisatie van nematoden. Ook de msPAF wordt overschat. Deze gaat uit van totaalgehalten, met achterliggende generieke relaties voor beschikbaarheid van stoffen. In de Broekpolder is echter, door de hoge pH, de beschikbaarheid van metalen lager dan op basis van deze generieke relaties.

- In de RIVM-methodiek worden alle waarden geschaald ten opzichte van de locale referentielocatie. Een waardeoordeel over de ernst van het effect hangt daarmee sterk af van (het effect in) de referentie. In hoeverre de beoordeling juist is, staat of valt met de kwaliteit van de locale referentie. Indien deze om wat voor reden dan ook niet goed vergelijkbaar is met de overige monsters leidt dit tot over- of onderschatting van het effect. In de Broekpolder blijkt het niet goed mogelijk een goede locale referentie te vinden. De referenties voor grasland, 06A en 11R, zijn weliswaar schoon, maar wijken qua bodemeigenschappen af (relatief zandig en een laag organisch stof gehalte). Binnen de vegetatietypes bos en ruigte waren geen schone locaties. Daarom zijn daar als locale de minst verontreinigde monsters gekozen, respectievelijk 06 en 13N. Qua bodemeigenschappen zijn ze redelijk vergelijkbaar met de overige locaties maar de ze bevatten aanzienlijke verontreinigingen, locatie 13N bevat zelfs gehalten drins van twee keer de oude Interventiewaarde.
- In het geval de locale referentie niet voldoet zouden standaard referentiebodems of referentiewaarden gebruikt kunnen worden voor de beoordeling. Echter, deze zijn niet beschikbaar voor bodems met vergelijkbare eigenschappen als die in de Broekpolder, en dan met name in bodems met een dergelijke hoge pH.
- Er wordt gewerkt met biologisch materiaal, waarin een ruime mate van variatie normaal is. De beoordelingscriteria en risicogrenzen die het RIVM hanteert suggereren harde grenzen te zijn en suggereren een grote mate van zekerheid over het oordeel. Indien echter de bodem heterogeen is, de locale referenties niet ideaal zijn en/of de bodemeigenschappen mede een rol spelen kunnen dergelijke harde uitspraken niet gedaan worden.
  Bovendien bestaat er (nog) geen consensus over de maatlat, d.w.z. wanneer noemen we iets een matig effect en wanneer iets een ernstig effect.
- De berekeningswijze draagt voor een groot deel bij aan het uiteindelijke oordeel van de ecologische toestand. Met de BKI worden bijvoorbeeld ook effecten die niet direct negatief zijn, als negatief beoordeeld. Dit is het duidelijkst terug te zien in de veldresultaten. Een hoger aantal soorten wordt met deze berekeningsmethode bijvoorbeeld gezien als een negatief effect. Een goed voorbeeld hiervan is de graslandlocatie 11R. Deze zou op basis van chemie en resultaten in de bioassays en het veld goed geschikt zijn als referentielocatie. Wanneer deze echter wordt vergeleken met de referentie die voor gras is gekozen op basis van ligging (06), dan blijkt er een ernstig ecologisch effect te zijn op locatie 11R. In persoonlijk commentaar geeft het RIVM aan dat de berekeningswijze van de resultaten aangepast mag worden wanneer op basis van expert judgement hier reden toe is. Dit geeft aan dat expert judgement een belangrijke factor blijft binnen de RIVM-methodiek.

Samenvattend leidt het strikt volgen van de RIVM-methodiek ons inziens voor de Broekpolder niet tot een juiste beoordeling van het ecologische risico. Deze is daarom op basis van expert judgement bepaald.

7.2 Beoordeling op basis van expert judgement

Bij de beoordeling van de ecologische risico's in de Broekpolder worden eerst de afzonderlijke Triade-poten chemie, bioassays en veldinventarisatie besproken. Ook wordt ingegaan op het bioaccumulatie-onderzoek en het doorvergiftigingsrisico. Daarna worden deze bevindingen geïntegreerd tot het eindoordeel.

Chemie

De Broekpolder is ernstig verontreinigd met metalen, PCB's, dioxines en drins. Op 16 van de 25 onderzochte plekken worden interventiewaarden overschreden. Voor metalen is dit maximaal 1,6 keer, drins maximaal 2 keer[9] en dioxines maximaal 11 keer.

Door de hoge pH is de beschikbaarheid van metalen erg laag. De biologische beschikbaarheid van drins is zeer hoog: ongeveer driekwart van het totaalgehalte blijkt snel beschikbaar te kunnen komen. De biologische beschikbaarheid van dioxines is niet onderzocht.

[9] Tussen 1 oktober 2008 en 1 april 2009 was de interventiewaarde voor drins tijdelijk verlaagd van 4,0 mg/kgds naar 0,14 mg/kgds, gebaseerd op risico's voor de ecologie. Bij deze verlaagde interventiewaarde waren de overschrijdingen zeer fors, tot wel 56 keer.

Theoretisch kunnen de ecologische risico's ingeschat worden op basis van totaalgehalten in de bodem door middel van een msPAF-berekening. Dit wordt ook wel toxische druk genoemd. Uit de berekening blijkt dat op een groot aantal locaties een acuut risico verwacht mag worden. Theoretisch dragen metalen op de meeste locaties voor het grootste deel bij aan de toxische druk. Op 7 van de 25 locaties is de invloed van drins op de msPAF substantieel te noemen. In paragraaf 7.1 is al beredeneerd dat voor de Broekpolder met de msPAF-berekening het risico van metalen wordt overschat. De berekening gaat uit van totaalgehalten, met achterliggende generieke relaties voor beschikbaarheid van stoffen. In de Broekpolder is echter, door de hoge pH, de beschikbaarheid van metalen lager dan op basis van deze generieke relaties.

Bioassays
In de bioassays zijn geen aanwijzingen gevonden voor effecten van de verontreinigingen. Dit ondanks de verwachte toxiciteit op basis van de msPAF-berekeningen. Wel waren de prestaties in een aantal gevallen lager dan in referentiegebieden of referentiegronden. Zo was bijvoorbeeld de bacteriële groeisnelheid laag ten opzichte van referentiegebieden en de plantengroei laag ten opzichte van een standaard referentiegrond. In beide gevallen is dit te verklaren door de hoge pH in de Broekpolder.

Veldinventarisaties
In het veld zijn geen eenduidige aanwijzingen gevonden voor effecten van de verontreiniging. De aangetroffen planten en (bodem)fauna zijn op bijna alle locaties (zeer) algemeen. Alleen in vak 06 zijn bijzondere planten aangetroffen (o.a. op het toortsenveld). De nematodenpopulatie vertoont op een aantal van de locaties indicaties van stress of van een hoog voedselaanbod. Er zijn echter geen eenduidige aanwijzingen dat de aanwezige verontreinigingen hierbij een rol spelen: op een aantal vuile locaties is de nematodenfauna verstoord, echter op andere vuile locaties is dit niet het geval.
Ook is er geen direct verband tussen het verontreinigingsniveau en de aantallen regenwormen, hoewel de meest vervuilde locaties (07R en 07B) geen of weinig regenwormen bevatten. Het is niet uit te sluiten noch aan te tonen dat verontreinigingen hierbij een rol spelen. Er zijn namelijk ook andere, minder verontreinigde locaties waar geen of weinig regenwormen voorkomen. Het aantal soorten regenwormen is laag maar dit wordt waarschijnlijk veroorzaakt door de droge omstandigheden tijdens de monstername. Het absolute aantal regenwormen is op een aantal locaties hoog te noemen: dit kan als oorzaak hebben dat bepaalde soorten in droge bodems in een rustfase gaan, waardoor ze niet proberen te ontsnappen. Hierdoor kunnen op bepaalde momenten grotere aantallen worden aangetroffen in een plag, dan op momenten waarin de wormen in beweging zijn.
De variatie in overige bodemfauna, die met de vangpotten zijn verzameld, is groot maar normaal en is niet gerelateerd aan de verontreinigingsgraad van de bodem.

Bioaccumulatie
Op basis van een vergelijking van het totaalgehalte met normen voor doorvergiftiging zijn zink, kwik, cadmium en drins aangewezen als stoffen die mogelijk een doorvergiftingsrisico veroorzaken. Deze stoffen zijn gemeten in regenwormen. Daarnaast zouden dioxines potentieel op kunnen hopen in de voedselketen.

De metalen blijken nauwelijks opgenomen te worden: interne gehalten in wormen overschrijden referentiewaarden uit de literatuur niet. Dit is conform de verwachting omdat uit de beschikbaarheidmetingen blijkt dat metalen nauwelijks beschikbaar zijn door de hoge pH en lutum- en calcietgehalten in de bodem van de Broekpolder. Er zijn dan ook geen doorvergiftiginsrisico's voor metalen in de Broekpolder.

Drins – en dan met name dieldrin – blijken sterk te accumuleren in regenwormen. Er is een sterk lineair verband tussen de beschikbare bodemgehalten en het gehalte in de regenwormen. Op de locaties met hoge gehalten drins in regenwormen zijn er doorvergiftigingsrisico's te verwachten voor organismen hoger in de voedselketen. Het aantal risicolocaties hangt mede af van het gewenste beschermingsniveau voor het gebied.

Het blijkt dat dieldrin de belangrijkste bijdrage levert aan het potentiële doorvergiftigingsrisico. Dit is niet verwonderlijk aangezien dieldrin ook het meest beschikbaar is in de bodem, hetgeen resulteert in de hoogste gehalten in regenwormen van alle drins. Bovendien breekt dieldrin van de drins het slechts af. In tabel 23 is berekend bij welke dieldringehalten in worm en bodem bepaalde beschermingsniveau's worden overschreden.
Het beschermingsniveau is gebaseerd op gehalten in regenwormen en afkomstig uit het programma OMEGA 6.1. Deze gehalten zijn gerelateerd aan de beschikbare gehalten in de bodem (zie figuur 14). De totaalgehalten in de bodem zijn berekend uitgaande van een gemiddelde beschikbaarheid van drins van 75%.

Tabel 23 Berekende maximale dieldringehalten in worm en bodem uit de Broekpolder, waarbij voor respectievelijk 5, 20 of 50% van de soorten doorvergiftigingsrisico's verwacht kunnen worden.

Dieldrin	**Ecologisch beschermingsniveau**		
	Hoog (HC5)	**Gemiddeld (HC20)**	**Matig (HC50)**
Gehalte in regenworm (Aporrectodea)	0,16 mg/kg natgewicht	0,395 mg/kg natgewicht	1,02 mg/kg natgewicht
Beschikbaar bodemgehalte	0,15 mg/kg ds	0,38 mg/kg ds	1,01 mg/kg ds
Totaalgehalte	0,20 mg/kg ds	0,51 mg/kg ds	1,34 mg/kg ds

Uit tabel 23 is af te leiden dat er al bij gehalten onder de interventiewaarden doorvergiftigingsrisico's verwacht kunnen worden[10]. Er dient wel een kanttekening geplaatst te worden bij de berekende risico's op doorvergiftiging. Dit is een worst case scenario waarbij wordt aangenomen dat de wormeters enkel op deze plek foerageren en alle regenwormen het gehalte bevatten dat in dit onderzoek gemeten is. In de realiteit zullen de predatoren van regenwormen vaak een groter foerageergebied hebben waarbinnen zowel (sterk) verontreinigde als niet of minder verontreinigde plekken liggen. Daarnaast zal ook niet elke wormensoort een even hoog gehalte aan drins bevatten. Dit neemt echter niet weg dat er wel degelijk risico's bestaan op doorvergiftiging.

Eindoordeel
Ondanks de interventiewaardeoverschrijdingen van metalen en organische microverontreinigingen, zijn in het Triade onderzoek geen duidelijke aanwijzingen gevonden voor directe effecten van de verontreiniging op de bodemfauna. De drins in de bodem, en dan met name dieldrin, veroorzaken wel een doorvergiftigingsrisico voor wormetende organismen zoals (roof)vogels, muizen, mollen, egels. Deze risico's kunnen verwacht worden vanaf ongeveer 0,2 mg/kgds dieldrin in de bodem bij het hoogste beschermingsniveau.

Afgaande op de beschikbare en totaalgehalten dieldrin in de Broekpolder, zoals gemeten in dit onderzoek, zijn de risico's verdeeld zoals in onderstaande tabel aangegeven. Hierbij is onderscheid gemaakt tussen de verschillende ecologische beschermingsniveau's. Het blijkt dat voor het grootste deel van de Broekpolder geen ecologische risico's te verwachten zijn: zowel het beschikbare als totaalgehalte dieldrin overschrijdt in 17 van de 25 locaties niet de HC5 op basis van de in tabel 23 berekende grenswaarden. Daarentegen overschrijden beide gehalten op locatie 07B en 07R de HC50-waarde. Voor locatie 12 en 11A overschrijdt het beschikbare gehalte wel de berekende HC50-waarde, maar het totaalgehalte niet.

[10] Deze bevinding bevestigt dat, vanuit oogpunt van ecologische risico's, de interventiewaarde voor drins onvoldoende bescherming biedt en eigenlijk lager zou moeten liggen dan 4,0 mg/kgds.

Tabel 24 Oordeel ecologische risico's van dieldrin in de Broekpolder, opgedeeld per locatie

Vegetatie	Locatie	Totaalgehalte dieldrin mg/kgds	Beschikbaar gehalte dieldrin mg/kg ds	Geïntegreerd risico
Volledige Triade				
bos	BP 08A Triade	<0,001	nb	<HC5
	BP 06 Triade	0,052	0,048	<HC5
	BP 01 Triade	0,077	0,066	<HC5
	BP 13Z Triade	0,37	0,044	<HC20
	BP 10 Triade	0,37	0,629	<HC50
	BP 12 Triade	0,4	[illegible]	[illegible]
	BP 07B alt Triade	[illegible]	[illegible]	[illegible]
gras	BP 06A Triade	<0,001	nb	<HC5
	BP 11R Triade	<0,001	nb	<HC5
	BP 06M Triade	<0,001	<0,006	<HC5
ruigte	BP 11 Triade	<0,001	nb	<HC5
	BP 08 Triade	<0,001	nb	<HC5
	BP 04B Triade	0,06	0,048	<HC5
	BP 04D Triade	0,07	0,059	<HC5
	BP 13N Triade	0,17	0,089	<HC5
	BP 05C Triade	0,38	0,3	<HC20
	BP 05B Triade	0,38	0,701	<HC50
	BP 07R Triade	[illegible]	[illegible]	[illegible]
Fysisch-chemische grondonderzoek				
bos	BP 08B Chemie	<0,001	nb	<HC5
	BP 08C Chemie	<0,001	nb	<HC5
	BP 09B Chemie	0,025	0,015	<HC5
	BP 03B Chemie	0,035	0,023	<HC5
	BP 09A Chemie	0,04	0,025	<HC5
	BP 03A Chemie	0,095	0,06	<HC5
	BP 11A Chemie	0,13	[illegible]	[illegible]

In deze tabel zijn de totaalgehalten en beschikbare gehalten dieldrin vergeleken met de berekende HC5-, HC20- en HC50-waarden. De kleurcoderingen betekenen het volgende:

nb: niet gemeten	<HC5	<HC20	<HC50	[illegible]

Het toxicologische deel van het onderzoek heeft zich voornamelijk gericht op de bacteriën en planten. Andere sleutelsoorten uit het bodemecosysteem zijn niet onderzocht. Uit de veldinventarisaties zijn geen duidelijke aanwijzingen gekomen voor negatieve effecten van de verontreiniging, maar het kan ook niet geheel uitgesloten worden. Opmerkelijk is in dit verband bijvoorbeeld dat op de meest vervuilde locaties (07R en 07B) geen of weinig regenwormen zijn aangetroffen. Er waren echter ook andere, niet of minder vervuilde locaties waar geen of weinig regenwormen zijn aangetroffen. Daarnaast kan, omdat het insecticiden zijn, verwacht worden dat drins een effect hebben op springstaarten. Uit de inventarisatie van bodemfauna zijn geen aanwijzingen naar voren gekomen voor effecten op de springstaartenpopulatie, maar de methode met vangpotten is niet erg geschikt om springstaarten kwantitatief te bemonsteren.

Daarnaast is het mogelijk om de bioaccumulatie van dioxines op locaties met verhoogde gehalten nader te onderzoeken. Echter, op de locaties waar dioxines in verhoogde gehalten aangetroffen zijn, zijn geen negatieve effecten in zowel bioassays als veldinventarisaties waargenomen.

8 Conclusies en aanbevelingen

8.1 Conclusies

De bodem in de Broekpolder kenmerkt zich als een extreem voedselrijke en over het algemeen kleiige bodem met een hoge pH (rond de 8). Er zijn echter ook enkele zandige plekken. Vanwege het bemonsteringsseizoen is op een aantal locaties de bodem droog te noemen. Op andere locaties is de bodem echter vochtig tot nat. Dit heeft onder andere te maken met de hoogteligging van de vakken: de opgespoten vakken zijn over het algemeen droger dan de niet lager gelegen, niet-opgespoten vakken.

De achtergrondwaarden voor metalen en/of organische microverontreinigingen worden in vrijwel de gehele Broekpolder overschreden. Interventiewaardenoverschrijdingen zijn er op 16 van de 25 locaties, met name de metalen barium, cadmium, chroom en zink, PCB's, drins en dioxines. Door de hoge pH is de beschikbaarheid van metalen is erg laag. De beschikbaarheid van drins daarentegen is echter zeer hoog: ongeveer driekwart van het totaalgehalte blijkt snel beschikbaar te kunnen komen.

De chemische analyseresultaten zijn vergeleken met eerdere onderzoeken vanaf 1974. Hieruit blijkt dat over het algemeen de metaalgehalten vergelijkbaar zijn. In vergelijking met eerder onderzoek zijn de dringehalten aanzienlijk lager. Mogelijke verklaringen hiervoor zijn verschillen in bemonsteringsdiepte, afbraak en/of de heterogeniteit van het gebied.

Theoretisch kunnen op basis van berekeningen van de potentieel aangetaste fractie op 19 van de 25 locaties acuut toxische effecten verwacht worden, waarbij vooral metalen een rol zouden spelen. Op bijna een derde van de locaties dragen theoretisch ook drins substantieel bij.

De verwachte hoge toxiciteit wordt echter niet teruggevonden in de bioassays: in geen van de bioassays zijn aanwijzingen voor toxicologische effecten. Wel zijn er verschillen tussen de monsters, maar die kunnen verklaard worden door verschillen in bodemeigenschappen.

In het veld zijn geen eenduidige aanwijzingen gevonden voor effecten van de verontreiniging. De aangetroffen planten en (bodem)fauna zijn op bijna alle locaties (zeer) algemeen. Verschillen tussen de locaties kunnen verklaard worden door bodemeigenschappen, voedselaanbod en/of algemene vormen van stress bijvoorbeeld droogte. Opmerkelijk is wel dat op de meest vervuilde locaties (07R en 07B) geen of weinig regenwormen zijn aangetroffen. Het is niet uit te sluiten noch aan te tonen dat verontreinigingen hierbij een rol spelen.

Theoretisch zouden zink, cadmium en kwik doorvergiftigingsrisico's kunnen veroorzaken in de Broekpolder. Dit blijkt in de praktijk echter niet het geval. Door de zeer lage beschikbaarheid worden de metalen nauwelijks opgenomen in regenwormen.

Drins, en dan met name dieldrin, veroorzaken echter wel een doorvergiftigingsrisico, vanaf een concentratie van ongeveer 0,2 mg/kgds dieldrin in de bodem bij het hoogste beschermingsniveau. Hierbij moet wel de kanttekening gemaakt worden dat er hierbij van is uitgegaan dat wormetende organismen al hun voedsel halen uit met drins verontreinigde vakken. In de praktijk is dit waarschijnlijk niet het geval. Ook is er geen rekening gehouden met de heterogeniteit van de verontreiniging.

8.2 Aanbevelingen

De resultaten van het Triade-onderzoek zijn erg eenduidig. Enige mate van onzekerheid bestaat er nog over risico's voor groepen bodemorganismen anders dan bacteriën en planten. Hierbij moet met name gedacht worden aan directe effecten op regenwormen en springstaarten. Om deze onzekerheden in het eindoordeel te reduceren kan overwogen worden om aanvullend een regenwormenreproductietest en/of een springstaartenreproductietest uit te voeren.

De ecologische risico's in de Broekpolder worden bepaald door doorvergiftigingsrisico van drins, en dan met name dieldrin, voor hogere organismen. Regenwormen vormen hierbij een belangrijke schakel in de voedselketen. Overwogen kan worden om op een aantal verdachte locaties in verschillende perioden nogmaals regenwormen te verzamelen op de sterkst verontreinigde locaties. Daarbij is het raadzaam om een vochtige periode te kiezen, omdat het huidige onderzoek tijdens een droge periode is uitgevoerd. Eventueel kan ook overwogen worden om wormeneters (bijvoorbeeld mollen of spitsmuizen) te vangen op de sterkst met drins verontreinigde plekken. Door in doelorganen van deze dieren dringehalten te meten, kan bepaald worden in welke mate doorvergiftiging *daadwerkelijk* een risico is. Indien dit gebeurt, dan is het ook raadzaam om in dezelfde campagne dioxines te meten in de organen van deze dieren.

Met de resultaten van het huidige onderzoek blijkt dat maatregelen om de ecologische risico's te beperken zich dienen te richten op de beperking van risico's voor wormeneters. Mogelijke aangrijpingspunten zijn:

1) verlagen van de beschikbaarheid van drins;
2) de omstandigheden minder gunstig maken voor wormen op locaties met hoge dringehalten;
3) de omstandigheden minder gunstig maken voor wormeneters op locaties met hoge dringehalten.

Een andere manier om met de potentieel negatieve effecten van drins om te gaan, is het wegnemen van de risico's door het wegnemen van de verontreiniging. Mogelijkheden hiervoor zijn bijvoorbeeld:

4) verhogen van de afbreekbaarheid van drins;
5) (deel)sanering van sterk met drins verontreinigde locaties.

De keuze welke aanpak te volgen en/of welke (beheers)maatregelen door te voeren voor de Broekpolder zal door de betrokken partijen met bevoegd gezag besproken moeten worden.

9 Referenties

ATSDR, 2002. Toxicological profile for Aldrin/Dieldrin. Report of the Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR), Department of Health and Human Services, Public Health Service Atlanta, U.S.A.

Beddows, A.R. 1967. Biological flora of the British Isles: Lolium perenne L. Journal of Ecology, pp. 567-587.

Binkley, D. en P. Vitousek, 1989. Soil nutrient availability. In: Plant Physiological Ecology – Field methods and instrumentation. R.W. Pearcy, J. Ehleringer, H.A. Mooney en P.E. Rundel (eds.), pp. 75-96, Chapman & Hall, Londen.

Bloem, J. en P.R. Bolhuis, 2006. Thymidine and Leucine Incorporation to Assess Bacterial Growth Rate. In: Microbiological Methods for Assessing Soil Quality. J. Bloem, A. Benedetti en D.W. Hopkins (eds), pp. 142-149, CABI, Wallingford.

Bollen, W.B. en C.M. Tu, 1971. Influence of endrin on soil microbial populations and their activity. Research Paper PNW 114, US Department of Agriculture, Forest Service, Washington DC.

Bongers, T. en M. Bongers, 1998. Functional diversity of nematodes. Applied Soil Ecology, pp. 239-251.

Bongers, T., 1990. The maturity index: an ecological measure of environmental disturbance based on nematode species composition. Oecologia, pp. 14-19.

Bosveld, B., J. de Jonge, D. de Zwart, P. den Besten, P. Doelman, J. Faber, H. Maas, J. Postma, M. Rutgers, B. van Hattum, N. van Straalen, J. van der Waarde, 2003. Periscoop, taakgroep "veldecologische beoordelingscriteria". Resultaatdocument van een workshop in Utrecht d.d. 21 januari 2003. Bijlage C behorende bij: van der Waarde et al. (2003). Periscoop Platform ecologische risicobeoordeling (SP-015). Stichting Kennisontwikkeling Kennisoverdracht Bodem, Gouda.

Breure, A.M., B.S. Wind, S.J.H. Crum en M. Rutgers, 1997. Naar een indicator voor functionele diversiteit van microbiële gemeenschappen. RIVM-rapport 607601001, Bilthoven

Brink, N. van den, L. Bonten, P. Römkens & J. van der Pol (2008). De invloed van veranderingen in bodemeigenschappen op de blootstelling van hogere organismen aan verontreinigingen. Effecten van inrichting, beheer en veranderend landgebruik. Alterra-rapport 1556, Wageningen.

Chemielinco, 1997. Nader bodemonderzoek baggerspecielokactie "Broekpolder" te Vlaardingen. Definitief eind-rapport, proj.nr. 94595, Utrecht.

Circulaire Bodemsanering, 2006. Staatscourant 10 juli 2008, nr. 131 / pag. 23

Curry, J.P., 2004. Factors affecting the abundance of earthworms in soils. In: Earthworm Ecology, C.A. Edwards (ed.), pp. 91-114, CRC Press, Boca Raton, VS.

Curry, J.P., D. Byrne en K.E. Boyle, 1995. The earthworm population of a winter cereal field and its effects on soil and nitrogen turnover. Biology and Fertility of Soils, pp. 166-172.

Edwards, C.A. en P.J. Bohlen, 1996. Biology and ecology of earthworms – Third edition. Chapman and Hall, Londen.

Faber, J.H., 1995. Bescherming van organische bodems. TCB-rapport R05 (1995), Den Haag.

Gestel, C.A.M. van, 2008. Physico-chemical and biological parameters determine metal bioavailability in soils. Science of the Total Environment, pp. 385-395.

Groot, M.S.M., J.J.B. Bronswijk, W.J. Willems, T. de Haan, P. del Castilho, 1996. Landelijk Meetnet Bodemkwaliteit - Resultaten 1993. RIVM-rapport 714801007/1996, Bilthoven.

Groot, M.S.M., J.J.B. Bronswijk, W.J. Willems, T. de Haan, P. del Castilho, 1997. Landelijk Meetnet Bodemkwaliteit - Resultaten 1994. RIVM-rapport 714801017/1997, Bilthoven.

Hara, J., Y. Kawabe, T. Komai en C. Inoue, 2009. Chemical Degradation of Dieldrin using Ferric Sulfide and Iron Powder. Proceedings of the International Conference on Energy and Environment, March 19-21, 2009, pp. 135-140.

Jongbloed, R.H., J. Pijnenburg, B.J.W.G. Mensink, T.P. Traas, R. Luttik, 1994. A model for environmental risk assessment and standard setting based on biomagnification. Top predators in terrestrial ecosystems (incl. Annex). RIVM-rapport 719101012/1994, Bilthoven.

Klok, C., P. Römkens, J.H. Faber, M.A. van de Leemkule, 2004. Risicobeheer van verontreinigde gronden - Kwetsbaarheid en kansrijkdom van natuurdoelen op verontreinigde bodems. Alterra-rapport 908, Wageningen.

Leemkule, M.A. van de, S. van Hesteren en M.A. Pruiksma, 1998. Minimale bodemkwaliteit: een gebruiksgerichte benadering vanuit de ecologie. Deel 2: immobiele organische microverontreinigingen. TCB-rapport R09, Technische Commissie Bodembescherming, Den Haag.

Lijzen, J.P.A., M. Mesman, T. Aldenberg, C.D. Mulder, P.F. Otte, R. Posthumus, E. Roex, F.A. Swartjes, C.W. Versluijs, P.L.A. van Vlaardingen, A.P. van Wezel en H.J. van Wijnen (2002). Evaluatie onderbouwing BodemGebruiksWaarden. RIVM rapport 711701029/2002, Bilthoven.

Ma, W.C., A.T.C. Bosveld en D.B. van den Brink, 2001. Schotse Hooglanders in de Broekpolder? Analyse van de veterinair-toxicologische risico's van de verontreinigde bodem voor grote grazers. Alterra-rapport 260, Wageningen.

Meent, D. van de, 1999. Potentieel Aangetaste Fractie (PAF) als maatlat voor toxische druk op ecosystemen. RIVM-rapport 607504007/1999, Bilthoven.

Mesman, M., A.J. Schouten, M. Rutgers en E.M. Dirven-van Breemen, 2007.Handreiking TRIADE - Locatiespecifiek ecologisch onderzoek in stap drie van het Saneringscriterium. RIVM-rapport 711701068/2007, Bilthoven.

Nijs A.M.C. de, A.M. Wintersen, L. Posthuma, J.P.A. Lijzen, P.F.A.M. Römkens, D. de Zwart, 2008. Het webportaal: www.RisicotoolboxBodem.nl – Modelbeschrijving. RIVM-rapport 711701067/2008, Bilthoven.

NOBO, 2008. NOBO: Normstelling en bodemkwaliteitsbeoordeling. Onderbouwing en beleidsmatige keuzes voor de bodemnormen in 2005, 2006 en 2007. VROM-rapport in prep.

Posthuma, L., G.W. Suter, T.P. Traas, 2002. Species Sensitivity Distributions in Ecotoxicology. Lewis publisher, Boca Raton, VS.

Rutgers, M., A.J. Schouten, E.M. Dirven-van Breemen, P.F. Otte, F.A. Swartjes en M. Mesman, 2005. Naar een richtlijn voor locatiespecifieke ecologische risicobeoordeling met de TRIADE. RIVM-rapport 711701038/2005, Bilthoven.

Rutgers, M., C. Mulder, A.J. Schouten, J. Bloem, J.J. Bogte, A.M. Breure, L. Brussaard, R.G.M. de Goede, J.H. Faber, G.A.J.M. Jagers op Akkerhuis, H. Keidel, G.W. Korthals, F.W. Smeding, C. ten Berg, N. van Eekeren, 2007. Typeringen van bodemecosystemen in Nederland met tien referenties voor biologische bodemkwaliteit. RIVM-rapport 607604008/2007, Bilthoven.

Rutgers, M., J. Tuinstra, J. Spijker, M. Mesman, A. Wintersen en L. Posthuma, 2008. Risico's voor het ecosysteem in stap twee van het Saneringscriterium. RIVM-rapport 711701072/2008, Bilthoven.

Schouten, A.J., E.M. Dirven-van Breemen, J.J. Bogte, M. Rutgers, R. Baerselman, J. Bloem, W.A.M. Didden, W. Dimmers, A. de Groot, H. Keidel, C. Mulder, W. Peijnenburg, H. Siepel en

M. Wouterse, 2003. Locatiespecifieke ecologische risicobeoordeling. Praktijkonderzoek met de TRIADE-benadering: deel 3. RIVM rapport 711701036/2003, Bilthoven.

Schouten, A.J., J. Bloem, A.M. Breure, W.A.M. Didden, M. van Esbroek, P.C. de Ruiter, M. Rutgers, H. Siepel en H. Velvis, 2000. Pilotproject bodembiologische indicator voor life support functies van de bodem. RIVM-rapport 607604001/2000, Bilthoven.

Stone, R.D., 1995. Eurasian Insectivores and Tree Shrews - Status Survey and Conservation Action Plan. IUCN-rapport, Gland, Zwitserland.

Van Vliet, P.C.J. en R.G.M. de Goede, 2008. Nematode-based risk assessment of mixture toxicity in a moderately polluted river floodplain in The Netherlands. Science of The Total Environment, pp. 449-454.

Wegener, J.W.M., A. van der Horst, K.A. Oudhoff, G. Hopman-Ubbels, I.C.B. Burgers, P.E.G. Leonards en R.G. Mes, 1999-2. Nader onderzoek naar het voorkomen van lindaan en drins (en andere organochloorbestrijdingsmiddelen) in mollen in Zuid-Holland in 1997. IVM-rapport R-99/09, Vrije Universiteit, Amsterdam.

Wegener, J.W.M., G.J. Stroomberg, A. van der Horst, K.A. Oudhoff en C.P. Swart, 1999-1. Bestrijdingsmiddelen in wormen, mollen en muizen: analyses in het kader van het Provinciaal Integraal Meetnet Milieukwaliteit 1998. IVM-rapport R-99/11, Vrije Universiteit, Amsterdam.

Wegener, J.W.M., I.C.B. Burgers, A. van der Horst, C.P. Swart en R.G. Mes, 1999-3. Zware metalen in wormen, mollen en muizen : analyses en referentiewaarden in het kader van het Provinciaal Integraal Meetnet Milieukwaliteit 1996-1998. IVM-rapport R-99/06, Vrije Universiteit, Amsterdam.

Wilt, C.G.D. de, 1997. Inventaris van het archief van de Broekpolder onder Vlaardingen. Hoogheemraadschap van Delfland, Delft.

Xu, B, Y. Zhang, M. Chen, N. Zhu en H. Ming, 1999. Impact of repeated insecticide application on soil microbial activity. In: Impact of Long-term Pesticide Use on Soil Properties using Radiotracer Techniques. pp. 41-47, FAO/IAEA rapport.

Thompson, A.R., C.A. Edwards, M.J. Edwards en K.I. Beynon, 1970. Movement of dieldrin through soils: II. In sloping troughs and soil columns. Pesticide Science, pp. 174-178.

Bijlage 1

Achtergrond Triade-methodiek

TRIADE-benadering (achtergrondinformatie)

Kader en onderzoeksvragen
Per 10 juli 2008 is de nieuwe circulaire bodemsanering 2006 van kracht geworden. Als op basis van een eerder (nader) bodemonderzoek geconcludeerd kan worden dat er sprake is van een onaanvaardbaar actueel ecologisch risico, terwijl men het idee heeft dat er in de werkelijkheid geen sprake is van onaanvaardbare risico's, kan locatiespecifiek bodemonderzoek gedaan worden (stap 3; Circulaire bodemsanering 2006).

Aandacht voor **directe en indirecte risico's** speelt een grote rol in de uiteindelijke opzet van het onderzoek, zoals bij de keuze van de parameters en de interpretatie gegevens.
Het uitvoeren van een dergelijk onderzoek kan bestaan uit aanvullende modelberekeningen en/of aanvullende metingen om uit te zoeken of er is sprake is van onaanvaardbare risico's indien bij het huidige of voorgenomen gebruik. Vragen zijn dan of:
A) de biodiversiteit wordt aangetast (direct risico), ter bescherming van soorten
B) kringloopfuncties worden verstoord (direct risico), ter bescherming processen
C) of bioaccumulatie en doorvergiftiging kan plaatsvinden (indirect risico).
Al deze drie aspecten zullen daarom in de parameterkeuze terugkomen met informatie van veld, chemische analyse en bioassays. Gestreefd wordt naar parameters waarbij meerdere van bovengenoemde aspecten tegelijkertijd kunnen worden onderzocht.

Uitvoering
Het locatiespecifiek onderzoek in de Broekpolder volgt de TRIADE-benadering. De TRIADE benadering gaat uit van drie componenten met elk specifieke informatie bij het vaststellen van de ecologische risico's;
1. **Chemische analyse** (inclusief gehalten in organismen; verklaarbaarheid effecten bioassays en biologische beschikbaarheid; indirecte risico's op doorvergiftiging). Chemische analyses geven aan welke verontreinigingen verantwoordelijk kunnen zijn voor de toxiciteit (*direct risico*). Chemische analyses zijn dus van belang om oorzaak-gevolg relaties vast te kunnen stellen. Het meten van de opname van stoffen in organismen (bioaccumulatie) geeft inzicht in de biologische beschikbaarheid van de verontreinigingen en de doorvergiftigingsrisico's naar organismen hoger in de voedselketen zoals zoogdieren en vogels (*indirect risico*).
2. **Veldinventarisatie** (bepaling effecten onder veldomstandigheden, waarbij verontreiniging slechts één van de stressfactoren is). Veldinventarisaties van aantallen en soortensamenstelling van planten en/of bodemorganismen geven aan wat de effecten onder veldomstandigheden zijn (zowel *direct* als *indirect risico)*. Rekening moet gehouden worden met het feit dat populaties in het veld, behalve door verontreiniging, ook beïnvloed worden door verdroging, vermesting, verstoring, onderlinge concurrentie enzovoorts.
3. **Bioassays** (bepaling directe toxiciteit in het laboratorium, ter ondersteuning van de veldwaarnemingen). Bioassays geven inzicht in de gecombineerde toxiciteit van alle aanwezige, biologisch beschikbare verontreinigingen en zijn dus handig bij het onderbouwen van oorzaak-gevolg. Bioassays kunnen bestaan uit zowel chronische als acute testen: over het algemeen zijn chronische testen, waarbij parameters als groei of reproductie worden gemeten, gevoeliger dan acute testen, waarbij meestal naar overleving wordt gekeken.

Door deze informatie te integreren is een locatiespecifieke inschatting van het daadwerkelijke ecologische risico mogelijk en beter dan op basis van elk van de componenten afzonderlijk.

Bijlage 2

RD-coördinaten

Locatie-code	RD-coördinaten (x,y)	Locatie-code	RD-coördinaten (x,y)
Volledige Triade en grondwateronderzoek		Fysisch-chemische grondonderzoek	
BP 01	81.227 - 437.536	BP 03A	82.277 - 437.967
BP 04B	81.858 - 437.622	BP 03B	82.685 - 437.939
BP 04D	81.922 - 438.006	BP 08B	81.630 - 439.111
BP 05B	82.561 - 438.073	BP 08C	81.683 - 438.898
BP 05C	82.240 - 438.440	BP 09A	81.339 - 438.453
BP 06	81.725 - 438.205	BP 09B	81.542 - 438.058
BP 06A	81.607 - 438.288	BP 11A	80.880 - 438.784
BP 06M	82.073 - 438.394		
BP 07B alt	81.853 - 439.212		
BP 07R	81.975 - 438.841		
BP 08	81.428 - 438.527		
BP 08A	81.220 - 439.086		
BP 10	81.442 - 439.616		
BP 11	81.099 - 438.501		
BP 11R	80.940 - 438.230		
BP 12	81.015 - 439.300		
BP 13N	82.122 - 439.412		
BP 13Z	82.865 - 438.015		

Bijlage 3

Achtergrond nematodenanalyses

De nematodenanalyses, alsmede de extractie van de nematoden uit de bodem, zijn uitbesteed aan het daarin gespecialiseerde Bedrijfs Laboratorium voor Grond- en Gewasonderzoek (BLGG) in Oosterbeek.

De twintig steken zijn als één monster in behandeling genomen. De nematoden zijn van de grond gescheiden met behulp van een Oostenbrinktrechter. Deze scheidingsmethode maakt gebruik van het verschil in dichtheid tussen nematoden en grond, waardoor in een vloeistofkolom gronddeeltjes sneller zakken dan nematoden (van Bezooijen, 1999).

De nematoden zijn in duplo geteld in 10 ml suspensie. Bij een afwijking van meer dan 10% is het monster opnieuw in duplo geteld. Het gemiddelde van deze twee tellingen is gebruikt om de aantallen per 100 g grond te berekenen. De monsters zijn gefixeerd met formaline. Van elk monster zijn 2 preparaten gemaakt, waarin met behulp van een lichtmicroscoop circa 75 nematoden in willekeurige volgorde zijn gedetermineerd tot op geslachtsniveau. Voor de naamgeving is het boek van Bongers (1988) aangehouden. In een aantal gevallen zijn de nieuwe inzichten gevolgd aan de hand van recente artikelen.

De volgende resultaten zijn vermeld:

- Totale aantallen nematoden per 100 g veldnatte grond;
- Aantallen individuen per geslacht;
- Aantallen per voedselgroepen
- Aantallen per cp-groep
- De Maturity Index (MI)

De indeling in voedselgroepen is gedaan aan de hand van Yeates *et al.* (1993).

De Maturity Index is berekend volgens Bongers (1990). Nematoden kunnen op basis van hun levensstrategie ingedeeld worden in zogenaamde 'colonizer – persister' groepen (cp-groepen). Deze indeling kent een schaal van 1 tot 5 (cp-waarde). De uitersten van deze schaal vertonen eigenschappen van 'colonizers' (cp-waarde 1 en 2) of 'persisters' (cp-waarde 5). Nematoden met een cp-waarde van 1 hebben een zeer korte generatietijd en een zeer hoge reproductiesnelheid. Ze komen vooral voor onder voedselrijke omstandigheden en worden ook wel verrijkingsopportunisten genoemd. Nematoden met een cp-waarde van 2 hebben een iets langere generatietijd en een hoge reproductiesnelheid. Ze komen vooral voor onder voedselarme omstandigheden en kunnen goed verstoringen en verontreinigingen doorstaan. Deze groep colonizers worden ook wel algemene opportunisten genoemd. 'Persisters' (cp-groep 5) hebben een lange generatietijd en een lage reproductiesnelheid. Deze soorten zijn bovendien gevoelig voor chemische vervuiling. Cp-groepen 3 en 4 vormen intermediairen tussen 2 en 5.

De verdeling over de verschillende cp-groepen kan uitgedrukt worden in een getal, de zogenaamde Maturity Index (MI) (Bongers, 1990), die gebruikt kan worden voor de beoordeling van bodems. De MI wordt als volgt berekend:

$$MI = \sum_{i=1}^{n} v(i) * f(i)$$

met:
v(i)= cp-waarde van de familie;
f(i)= frequentie van de familie in een monster.
Voor het berekenen van de MI is de familie Monhysteridae in cp-klasse 2 ingedeeld conform Bongers *et al.* (1995). Voorts zijn bij de MI-berekening de plantenparasieten buiten beschouwing gelaten, omdat hun relatie met stressfactoren (nog) onduidelijk is.

Onder voedselrijke omstandigheden kunnen bacterie-etende nematoden uit de cp-1 groep zeer sterk toenemen. Hierdoor daalt de Maturity Index, niet zozeer vanwege een stressfactor maar

vanwege het voedselaanbod. Om onderscheid te kunnen maken tussen effecten van voedsel en van stress wordt daarom ook wel de MI2-5 berekend, waarbij de cp-1 groep buiten beschouwing wordt gelaten bij de berekening.

In het algemeen kan gesteld worden dat hoe hoger de Maturity Index is, hoe gezonder de bodem is. Dit geldt met name voor de MI2-5. Een lage Maturity Index duidt op verstoring van de bodem, mogelijk veroorzaakt door verontreinigingen.

Bijlage 4

Locatie- en bodembeschrijving

Locatie-code	Locatiebeschrijving	Bodemsamenstelling
Volledige Triade en grondwateronderzoek		
BP 01	populierenbos met weinig onderbegroeiing (brandnetels)	0-3 cm-mv: humus; 0/3-20 cm-mv: zeer droog zand, organischestofrijk (donker)bruingekleurd
BP 04B	ruigte van riet, brandnetel en wilgenroos en hieronder volledige mosbedekking	0-8 cm-mv: los, donker (organischrijk) slib/silt, opgewerkt door wormen; 8-20 cm-mv: compacter slib/silt
BP 04D	Moerassige ruigte met riet, brandnetels, distels en wilgenroos	0-20 cm-mv: kleiige/slibbige grond zonder noemenswaardige humuslaag; vrijwel volledig met mos begroeid; bovenlaag opgewerkt door wormen
BP 05B	ruigte met brandnetel, distels, haagwinde en wilgenroosje; binnen locatie lijken voren te lopen (hogere en lagere delen) (voormalig landbouwgrond)	0-20 cm-mv: zeer organisch rijk, vochtig siltig zand met gradiënt van donkerbruin naar donkergrijs over diepte; mosbedekking op meeste plekken
BP 05C	ruigte met voornamelijk pluimgras (voormalig landbouwgrond)	0-2 cm-mv: humuslaag (onder dikke laag dood pluimgras); 1/2-20 cm-mv: zand in een gradiënt van donkerbruin naar gelig grijs over de diepte
BP 06	open bos met populieren, vlier en matige ondergroei van brandnetel	0-1 cm-mv: humuslaag onder 2 cm dikke strooisellaag; 1-20 cm-mv: zeer rul klei/slib in een gradiënt van lichtbruin naar grijs over de diepte, door wormen opgewerkt
BP 06A	bloemrijk grasland met lokaal een struik en vrijwel volledige mosbegroeiing onder overige planten, rondom gemaaid	heterogene bodem: 0-1 cm-mv: humus(achtige) laag; 1-20 cm-mv: variërend van siltig, donker zand tot grofkorrelig, ijzerhoudend (roodgeel/grijs) zand ('zandbakzand') met brokken klei en plaatselijk grind
BP 06M	Toortsenveld met hoge grasbegroeiing, teunisbloemen en distels; veel mosbegroeiing onder grassen	0-5 cm-mv: humus-/strooisellaag; 0/5-20 cm-mv: vochtige, losse zandlaag, organischestofrijke kleur, met enkele puin en klei-/slibbrokken
BP 07B alt	overgang van essenbosrand met weinig ondergroei naar ruigte met dode populieren en dichte brandnetelbegroeiing	heterogene bodem: bossige gedeelte: 0-20 cm-mv: zeer droog, hard slib/klei; open gedeelte: 0-4 cm-mv: humuslaag; 2/4-20 cm-mv: licht vochtig, zeer poreus, grijs slib
BP 07R	ruigte met brandnetel, riet, wilgenroos en haagwinde op verhoging in het terrein; ingesloten door (lokaal vrijwel droge) sloot	0-10 cm-mv: vochtige, losse zandgrond met brokken slib met zeer dichte wortelzone onder een 2-4 cm dikke strooisellaag van riet; 10-20 cm-mv: droge zandgrond
BP 08	ruigte met vlier en dichte brandnetel met hieronder volledige mosbegroeiing	0-5 cm-mv: zeer los, rul, grijs siltig slib; 5-20 cm-mv: compact siltig slib
BP 08A	overgang van bos(schage) met weinig onderbegroeing naar ruigte met dode bomen en veel brandnetel	0-20 cm-mv: zeer vaste zandgrond met veel klei-/slibbrokken (donkerbruin/grijze grond --> org.stofrijk (uitspoeling?)); in bosgedeelte lossere, zeer droge zandgrond met klei-/slibbrokken; geen tekenen van opwerking door regenwormen
BP 10	bosschage op golfbaan met enkele bomen/struiken en veel brandnetel begroeiing	0-6 cm-mv: humuslaag; 3/6-20 cm-mv: zandige/siltige grond, vochtig, met plaatselijk resten puin
BP 11	moerassige ruigte met veel vlier en brandnetels	0-3 cm-mv: humus; 0/3-20 cm-mv: zandige klei
BP 11R	grasveld met veel distels, aan opgaande kant van een verhoogd terreindeel	0-20 cm-mv: organische stofrijk silt/zand
BP 12	bos op golfbaan zonder onderbegroeiing	0-10 cm-mv: organischestofrijke donkerbruine, kleiige grond, opgewrkt door regenwormen; 10-20 cm-mv: siltige/zandige, grijze grond
BP 13N	vochtige ruigte met brandnetels, riet en plaatselijk struiken	heterogene bodem over locatie: 0-20 cm: zeer organischestofrijke sliblaag, opgewerkt door regenwormen, tot zeer organische stofrijke zandige kleilaag met brokken klei
BP 13Z	bos(schage) tussen twee open velden met reuzenberenklauw en weinig onderbegroeiing; veel mosplekken	0-15 cm-mv: hard, siltig zand met uitspoelingskleur van organische stof; 15-20 cm-mv: gelig silt

Locatie-code	Locatiebeschrijving	Bodemsamenstelling
Fysisch-chemische grondonderzoek		
BP 03A	bos van populieren en jonge essen met matige ondergroei van brandnetel, vlier en plaatselijk varens; grotendeels mosbegroeiing; droge watergang aanwezig	0-20 cm-mv: onder dunne strooisellaag een droge, rulle slibgrond met regenwormen
BP 03B	open bos van populier en vlier met redelijk dichte ondergroei van brandnetel, distels en klit	0-10 cm-mv: organischestofrijk donkerbruin silt/slib; 10-20 cm-mv: grijs, droog slib/silt
BP 08B	dicht bos van eik en vlier met matige ondergroei van brandnetel	0-2 cm-mv: humuslaag; 2-20 cm-mv: droog, bruingrijs zandig slib
BP 08C	bos met vlier en dode populieren en dichte ondergroei van brandnetels, gras en smeerwortel en matige mosbedekking	0-1 cm-mv: humuslaag onder strooisellaag; 1-20 cm-mv: droge, donkerbruin/grijze zandige grond
BP 09A	bos van eik, esdoorn, vlier en populier met matige ondergroei van brandnetel en matige mosbedekking	0-2 cm-mv: humuslaag onder laag strooisel; 2-20 cm-mv: zand/silt in een gradiënt van donkerbruin naar donkergrijs over de diepte
BP 09B	bos van populier en vlier met zeer weinig ondergroei; aan randen ondergroei van brandnetel	0-20 cm-mv: zeer droog, donkergrijs slib/silt onder een dikke, droge strooisellaag
BP 11A	gemengd bos op golfbaan, weinig onderbegroeiing (brandnetel/vlier)	0-20 cm-mv: gelijkmatig, droog en los lichtbruin zand; plaatselijk ca. 2cm houtsnippers

*Op de eerste 18 locaties zijn mengmonsters genomen voor fysisch-chemische grondanalyses, bioassays, nematodeninventarisatie en zijn vangpotten ingegraven en regenwormen verzameld. Daarnaast zijn op deze locaties peilbuizen geplaatst. Voor de laatste 8 locaties zijn enkel mengmonsters voor chemische bodemanalyses genomen.

Bijlage 5

Bodemeigenschappen

Locatie-code	droge stof	calciet	organische stof (gloei-verlies)	lutum	pH (H_2O)	NH_4^+	PO_4^{2-}
	gew.-%	% vd DS	% vd DS	% vd DS	-	mgN/kgds	mgP/kgds
Volledige Triade							
BP 01	85,6	11	5,5	6	8,1	20	1700
BP 04B	72,5	11	8,6	13	8,2	20	1700
BP 04D	70,7	11	10,4	13	8,1	20	2600
BP 05B	78,7	8,3	7	6,2	8,3	20	1600
BP 05C	84,3	6,4	3,4	3,4	8,4	20	730
BP 06	78	10	8,8	24	8	20	1800
BP 06A	92,5	5,8	1,5	1,9	8,8	20	180
BP 06M	89,5	6,7	3	2,4	8,5	20	640
BP 07B alt	68,6	13	12,5	10	8,1	20	3600
BP 07R	70,2	11	9,4	19	8,3	20	1500
BP 08	62	15	12,3	24	7,9	20	4400
BP 08A	77,7	12	15,2	19	7,9	20	3300
BP 10	78,8	8,5	6,4	7	8	20	1600
BP 11	66	13	27,3	24	8	20	3300
BP 11R	74,5	17	6,3	15	8,3	20	640
BP 12	83,3	10	10,1	14	8	20	1400
BP 13N	68,8	8,7	6,6	8,2	8	20	860
BP 13Z	81,9	12	9,1	17	8,2	20	1500
Fysisch-chemische grondonderzoek							
BP 03A	65,1	11	12,9	28	7,7	20	3000
BP 03B	74,4	13	11,4	25	8,1	20	1900
BP 08B	71,3	12	16	43	7,7	20	4700
BP 08C	77,4	12	7,8	32	7,9	20	2900
BP 09A	68,3	15	11,3	28	7,9	20	3300
BP 09B	75,8	13	14,3	17	7,4	20	4400
BP 11A	82,3	11	7,4	16	8,1	20	1900

Bijlage 6

Gemeten en gestandaardiseerde totaalgehalten (bodem)

Monsterspecificatie	Eenheid	BP 01 Triade	BP 04B Triade	BP 04D Triade	BP 05B Triade	BP 05C Triade	BP 06 Triade	BP 06A Triade	BP 06M Triade	BP 07B Triade	BP 07R Triade	BP 08 Triade	BP 08A Triade	BP 10 Triade	BP 11 Triade	BP 11R Triade	BP 12 Triade	BP 13N Triade	BP 13Z Triade
droge stof	gew.-%	85,6	72,5	70,7	78,7	84,3	78	92,5	89,5	68,6	70,2	62	77,7	78,8	66	74,5	83,3	68,8	81,9
calciet	% vd DS	11	11	11	8,3	6,4	10	5,8	6,7	13	11	15	12	8,5	13	17	10	8,7	12
gewicht artefacten	g	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
aard van de artefacten	g	Geen	Geen	Geen	Geen	Geen	Geen	Geen	Geen	Geen	Geen	Geen	Geen	Geen	Geen	Geen	Geen	Geen	Geen
organische stof (gloeiverlies)	% vd DS	5,5	8,6	10,4	7	3,4	8,8	1,5	3	12,5	9,4	12,3	15,2	6,4	27,3	6,3	10,1	6,6	9,1
KORRELGROOTTEVERDELING																			
lutum (bodem)	% vd DS	6	13	13	6,2	3,4	24	1,9	2,4	10	19	24	19	7	24	15	14	8,2	17
pH (H_2O)	-	8,1	8,2	8,1	8,3	8,4	8	8,8	8,5	8,1	8,3	7,9	7,9	8	8	8,3	8	8	8,2
temperatuur t.b.v. pH	°C	20,1	20,2	20,2	20,2	20,2	20,3	20,1	20,3	20,1	20,1	20,2	21,9	21,8	21,9	21,9	21,7	21,8	20
METALEN																			
antimoon	mg/kgds	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00
arseen	mg/kgds	18	25	37	16	12	28	<5,000	8,9	49	37	34	33	15	32	8,2	29	17	33
barium	mg/kgds	130	190	270	140	96	210	<20,000	120	500	280	570	540	110	530	27	190	120	170
cadmium	mg/kgds	4,2	3,5	4,5	2,5	1,7	5,8	<0,350	1,6	12	4,1	18	15	3,5	16	<0,350	4	2,1	4,3
chroom	mg/kgds	65	75	100	52	37	96	<15,000	37	210	100	280	220	53	250	20	82	47	89
kobalt	mg/kgds	7,1	8,5	12	6,5	4,8	10	<3,000	6,1	16	12	15	13	6,6	15	4,4	9,7	6,8	11
borium	mg/kgds	<25,000	<25,000	<25,000	<25,000	<25,000	<25,000	<25,000	<25,000	26	<25,000	33	<25,000	<25,000	30	<25,000	<25,000	<25,000	<25,000
koper	mg/kgds	46	64	93	49	30	67	<10,000	66	150	87	160	140	42	160	<10,000	80	35	78
kwik	mg/kgds	1,6	2,1	2,9	1,4	0,96	2,3	<0,100	0,65	5,3	2,9	4,7	4	1,2	4,5	<0,100	4,2	1	2,7
lood	mg/kgds	69	89	130	71	48	100	<13,000	120	220	130	240	200	62	210	<13,000	110	68	130
molybdeen	mg/kgds	<1,500	<1,500	<1,500	<1,500	<1,500	<1,500	<1,500	2,3	<1,500	<1,500	<1,500	<1,500	<1,500	<1,500	<1,500	<1,500	<1,500	<1,500
nikkel	mg/kgds	17	21	28	15	11	26	6,3	10	39	28	41	35	16	38	11	24	16	26
seleen	mg/kgds	<10,000	<10,000	<10,000	<10,000	<10,000	<10,000	<10,000	<10,000	<10,000	<10,000	<10,000	<10,000	<10,000	<10,000	<10,000	<10,000	<10,000	<10,000
tin	mg/kgds	<10,000	<10,000	<10,000	<10,000	<10,000	<10,000	<3,000	<10,000	16	<10,000	21	15	<10,000	17	<3,000	<10,000	<10,000	<3,000
vanadium	mg/kgds	26	28	39	19	14	36	7,5	35	52	37	59	46	22	57	24	33	21	27
zink	mg/kgds	340	360	550	290	180	480	41	510	920	540	1000	910	300	930	40	460	290	510
ANORGANISCHE VERBINDINGEN																			
ammonium	mgN/kgds	<20,000	<20,000	<20,000	<20,000	<20,000	<20,000	<20,000	<20,000	<20,000	<20,000	<20,000	<20,000	<20,000	<20,000	<20,000	<20,000	<20,000	<20,000
bromide	mg/kgds	<5,000	<5,000	<5,000	<5,000	<5,000	<5,000	<5,000	<5,000	<5,000	<5,000	<5,000	<5,000	<5,000	<5,000	<5,000	<5,000	<5,000	<5,000
fosfaat (tot.)	mgP/kgds	1700	1700	2600	1600	730	1800	180	640	3600	1500	4400	3300	1600	3300	640	1400	860	1500

Monsterspecificatie	Eenheid	BP 03A Chemie	BP 03B Chemie	BP 08B Chemie	BP 08C Chemie	BP 09A Chemie	BP 09B Chemie	BP 11A Chemie
droge stof	gew.-%	65,1	74,4	71,3	77,4	68,3	75,8	82,3
calciet	% vd DS	11	13	12	12	15	13	11
gewicht artefacten	g	<1,000	<1,000	<1,000	<1,000	<1,000	<1,000	<1,000
aard van de artefacten	g	Geen	Geen	Geen	Geen	Geen	Geen	Geen
organische stof (gloeiverlies)	% vd DS	12,9	11,4	16	7,8	11,3	14,3	7,4
KORRELGROOTTEVERDELING								
lutum (bodem)	% vd DS	28	25	43	32	28	17	16
pH (H_2O)	-	7,7	8,1	7,7	7,9	7,9	7,4	8,1
temperatuur t.b.v. pH	°C	21,9	21,8	21,8	20,3	20,2	20,2	20,1
METALEN								
antimoon	mg/kgds	<3,000	<3,000	<3,000	<3,000	<3,000	<3,000	<3,000
arseen	mg/kgds	46	48	49	30	46	37	30
barium	mg/kgds	350	360	670	400	660	530	270
cadmium	mg/kgds	9,6	6,6	24	12	20	18	6,3
chroom	mg/kgds	150	150	380	180	340	260	120
kobalt	mg/kgds	16	14	20	12	18	15	10
borium	mg/kgds	31	<25,000	35	28	52	36	<25,000
koper	mg/kgds	140	120	230	120	200	150	93
kwik	mg/kgds	4,1	4,1	6,3	4,1	6,4	4,7	3,2
lood	mg/kgds	180	160	330	160	290	230	190
molybdeen	mg/kgds	<1,500	<1,500	1,8	<1,500	1,8	<1,500	<1,500
nikkel	mg/kgds	42	35	54	30	47	41	26
seleen	mg/kgds	<10,000	<10,000	<10,000	<10,000	<10,000	<10,000	<10,000
tin	mg/kgds	11	10	27	12	24	18	<10,000
vanadium	mg/kgds	56	51	64	46	68	59	37
zink	mg/kgds	930	690	1300	700	1200	1100	540
ANORGANISCHE VERBINDINGEN								
ammonium	mgN/kgds	<20,000	<20,000	<20,000	<20,000	<20,000	<20,000	<20,000
bromide	mg/kgds	<5,000	<5,000	<5,000	<5,000	<5,000	<5,000	<5,000
fosfaat (tot.)	mgP/kgds	3000	1900	4700	2900	3300	4400	1900

Metalen en nutriënten

= Rapportagegrens

Organische verontreinigingen

= Rapportagegrens

Monsterspecificatie	Eenheid	BP 01 Triade	BP 04B Triade	BP 04D Triade	BP 05B Triade	BP 05C Triade	BP 06 Triade	BP 06A Triade	BP 06M Triade	BP 07B Triade	BP 07R Triade	BP 08 Triade	BP 08A Triade	BP 10 Triade	BP 11 Triade	BP 11R Triade	BP 12 Triade	BP 13N Triade	BP 13Z Triade
CHLOORBESTRIJDINGSMIDDELEN																			
aldrin	µg/kgds	11	6,4	10	51	48	13	<1,000	3,3	230	210	<1,000	<1,000	82	<1,000	<1,000	320	14	320
dieldrin	µg/kgds	77	60	70	380	380	52	<1,000	<1,000	4400	2200	<1,000	<1,000	370	<1,000	<1,000	400	170	370
endrin	µg/kgds	44	58	60	230	56	20	<1,000	26	5200	1700	<1,000	<1,000	150	<1,000	<1,000	380	21	360
som aldrin/dieldrin	µg/kgds	88	66	80	430	430	65	<2,000	3,3	4600	2400	<2,000	<2,000	450	<2,000	<2,000	720	180	690
telodrin	µg/kgds	16	9,1	18	94	78	3,5	<1,000	<1,000	650	370	<1,000	<1,000	82	<1,000	<1,000	250	21	240
som aldrin/dieldrin (0.7 factor)	µg/kgds	88	66	80	430	430	65	1,4	4	4600	2400	1,4	1,4	450	1,4	1,4	720	180	690
isodrin	µg/kgds	16	10	5,1	90	24	4,2	<1,000	2,6	990	390	<1,000	<1,000	64	<1,000	<1,000	190	14	170
tot. 5 drins (0.7 factor)	µg/kgds	160	140	160	840	590	93	<5,000	33	11000	4900	<5,000	<5,000	750	<5,000	<5,000	1500	240	1500
tot. 5 drins	µg/kgds	160	140	160	840	590	93	<5,000	32	11000	4900	<5,000	<5,000	750	<5,000	<5,000	1500	240	1500
FTALATEN																			
dimethylftalaat	mg/kgds	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050
diethylftalaat	mg/kgds	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050
di-n-butylftalaat	mg/kgds	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	0,09	<0,050	0,19	0,11	<0,050	0,09	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050
butylbenzylftalaat	mg/kgds	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050
di-2-ethylhexylftalaat	mg/kgds	0,26	0,43	0,46	0,25	0,14	0,37	0,29	0,1	1,1	0,56	1,5	18	0,28	0,95	<0,050	0,26	0,2	0,39
ORGANO-TIN VERBINDINGEN																			
tributyltin (als Sn)	µg/kgds	<1,000	<1,000	<2,000	<1,000	<1,000	<1,000	<1,000	1,1	<1,000	<1,000	6,7	2,6	<1,000	11	<1,000	<1,000	<1,000	<1,000
trifenyltin (als Sn)	µg/kgds	<1,000	25	<1,000	6,6	22	<1,000	<1,000	<1,000	<1,000	3,9	<1,000	<1,000	<1,000	2,2	<1,000	<1,000	<1,000	<1,000
PCB's																			
PCB 028	mg/kgds	0,0062	0,015	0,013	0,007	0,0052	0,015	0,002	0,0027	0,039	0,018	0,046	0,042	0,0065	0,039	0,002	0,0096	0,0029	0,0082
PCB 052	mg/kgds	0,002	0,0046	0,0045	0,0028	0,002	0,0052	0,002	0,0091	0,011	0,006	0,031	0,026	0,002	0,022	0,002	0,0039	0,002	0,002
PCB 101	mg/kgds	0,0038	0,013	0,017	0,0058	0,0052	0,012	0,002	0,06	0,022	0,014	0,053	0,047	0,0036	0,049	0,002	0,018	0,0038	0,0063
PCB 118	mg/kgds	0,002	0,0065	0,0071	0,0032	0,0021	0,0065	0,002	0,023	0,012	0,0071	0,029	0,024	0,0026	0,027	0,002	0,0067	0,002	0,0032
PCB 138	mg/kgds	0,012	0,039	0,041	0,018	0,012	0,034	0,002	0,12	0,059	0,026	0,078	0,051	0,013	0,08	0,002	0,041	0,0095	0,015
PCB 153	mg/kgds	0,01	0,038	0,045	0,016	0,012	0,035	0,002	0,15	0,058	0,029	0,11	0,095	0,011	0,094	0,002	0,039	0,013	0,014
PCB 180	mg/kgds	0,016	0,033	0,045	0,022	0,01	0,029	0,002	0,11	0,088	0,05	0,069	0,059	0,017	0,06	0,002	0,045	0,012	0,02
som PCB (7) (0,7 factor)	mg/kgds	0,048	0,1491	0,1726	0,0748	0,0465	0,1367	0,002	0,4748	0,289	0,1501	0,416	0,344	0,0537	0,371	0,002	0,1632	0,0412	0,0687
som PCB (7)	mg/kgds	0,048	0,15	0,17	0,075	0,046	0,14	0,002	0,48	0,29	0,15	0,41	0,34	0,054	0,37	0,002	0,16	0,041	0,068

Monsterspecificatie	Eenheid	BP 03A Chemie	BP 03B Chemie	BP 08B Chemie	BP 08C Chemie	BP 09A Chemie	BP 09B Chemie	BP 11A Chemie
CHLOORBESTRIJDINGSMIDDELEN								
aldrin	µg/kgds	10	<1,000	<1,000	<1,000	3,3	<1,000	21
dieldrin	µg/kgds	95	35	<1,000	<1,000	40	25	130
endrin	µg/kgds	34	<1,000	<1,000	<1,000	<1,000	30	5,4
som aldrin/dieldrin	µg/kgds	100	35	<2,000	<2,000	43	25	150
telodrin	µg/kgds	27	16	<1,000	<1,000	5,8	<1,000	3,5
som aldrin/dieldrin (0.7 factor)	µg/kgds	100	35	1,4	1,4	43	26	150
isodrin	µg/kgds	12	<1,000	<1,000	<1,000	<1,000	<1,000	120
tot. 5 drins (0.7 factor)	µg/kgds	180	53	<5,000	<5,000	50	58	280
tot. 5 drins	µg/kgds	180	50	<5,000	<5,000	49	56	280
FTALATEN								
dimethylftalaat	mg/kgds	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050
diethylftalaat	mg/kgds	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050
di-n-butylftalaat	mg/kgds	0,06	0,06	0,18	0,1	0,2	0,15	0,06
butylbenzylftalaat	mg/kgds	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050
di-2-ethylhexylftalaat	mg/kgds	0,73	0,73	1,7	1,2	2,3	1,4	0,67
ORGANO-TIN VERBINDINGEN								
tributyltin (als Sn)	µg/kgds	<1,000	<1,000	<1,000	2,9	<1,000	<1,000	<1,000
trifenyltin (als Sn)	µg/kgds	<1,000	<1,000	<1,000	<1,000	<1,000	<1,000	<1,000
PCB's								
PCB 028	mg/kgds	-	-	0,073	0,028	-	-	-
PCB 052	mg/kgds	-	-	0,042	0,012	-	-	-
PCB 101	mg/kgds	-	-	0,089	0,024	-	-	-
PCB 118	mg/kgds	-	-	0,041	0,013	-	-	-
PCB 138	mg/kgds	-	-	0,11	0,054	-	-	-
PCB 153	mg/kgds	-	-	0,14	0,063	-	-	-
PCB 180	mg/kgds	-	-	0,089	0,05	-	-	-
som PCB (7) (0,7 factor)	mg/kgds	-	-	0,584	0,244	-	-	-
som PCB (7)	mg/kgds	-	-	0,59	0,24	-	-	-

ALcontrol Laboratories

Customer: ALcontrol Laboratories

Arrival Date: 3-10-2008
Sample Status: Gerapporteerd
Report Date: 14-10-2008

Dioxines en furanen

		BP 01	BP 04B	BP 04D	BP 05B	BP 05C	BP 06	BP 06A	BP 06M	BP 07B	BP 07R	BP 08	BP 08A	BP 10	BP 11	BP 11R	BP 12	BP 13N	BP 13Z
Stof	Unit																		
2378 TCDD	ng/kg DS	16	38	40	18	11	22	<2	3.9	81	64	200	81	15	70	<2	79	9.5	33
12378 PeCDD	ng/kg DS	4.2	7.4	5.8	6.2	4.4	11	<2	<2	7.9	7.0	29	24	4.8	29	<2	95	3.7	8.6
123478 HxCDD	ng/kg DS	5.0	9.5	10	8.5	4.7	12	<2	2.8	29	17	33	33	7.6	35	<2	87	2.4	6.0
123678 HxCDD	ng/kg DS	12	17	8.3	15	5.1	21	<2	4.3	59	32	44	44	12	58	3.6	88	2.2	12
123789 HxCDD	ng/kg DS	7.4	11	15	10	4.4	11	2.1	3.7	18	11	22	21	6.2	27	2.2	270	3.8	8.4
1234678 HpCDD	ng/kg DS	95	180	230	180	64	150	13	49	620	330	520	530	110	590	36	350	48	130
OCDD	ng/kg DS	850	1300	1600	1200	440	1000	45	280	3600	1400	5100	5500	570	5200	390	1100	340	1300
2378 TCDF	ng/kg DS	21	24	28	14	10	25	4.0	12	62	28	75	53	17	62	5.6	54	10	21
12378 PeCDF	ng/kg DS	390	31	32	21	12	31	3.4	7.3	69	28	69	65	16	71	3.2	92	10	29
23478 PeCDF	ng/kg DS	64	21	24	12	10	30	3.6	10	48	24	59	52	15	59	<2	81	7.6	20
123478 HxCDF	ng/kg DS	7700	73	80	49	32	100	4.2	24	200	98	140	170	48	170	4.3	150	32	72
123678 HxCDF	ng/kg DS	1300	31	36	25	14	48	2.7	9.4	80	46	70	96	25	89	3.1	120	14	39
123789 HxCDF	ng/kg DS	250	19	20	17	9.1	21	<2	4.4	74	42	47	44	18	36	4.8	170	9.6	34
234678 HxCDF	ng/kg DS	120	40	37	27	15	49	2.4	15	100	55	96	90	24	100	3.6	120	12	35
1234678 HpCDF	ng/kg DS	4300	560	660	350	190	470	17	140	1200	620	1200	1300	270	1200	18	570	160	480
1234789 HpCDF	ng/kg DS	1800	83	78	63	37	70	<2	14	200	100	180	210	43	170	4.1	330	29	96
OCDF	ng/kg DS	10000	2900	2700	1600	950	2100	53	520	6400	3100	5700	6600	1100	6100	43	2100	610	2500
I-PCDD/F-TEQ Lower Bound	ng/kg DS	1100	88	94	53	33	83	3.9	20	210	130	330	210	47	210	3.9	290	28	82
I-PCDD/F-TEQ Upper Bound	ng/kg DS	1100	88	94	53	33	83	7.5	21	210	130	330	210	47	210	8.1	290	28	82

		BP 03A Chemie	BP 03B Chemie	BP 08B Chemie	BP 08C Chemie	BP 09A Chemie	BP 09B Chemie	BP 11A Chemie
Stof	Unit							
2378 TCDD	ng/kg DS	57	60	95	82	150	71	39
12378 PeCDD	ng/kg DS	18	19	23	20	14	27	15
123478 HxCDD	ng/kg DS	7.5	14	31	30	30	20	14
123678 HxCDD	ng/kg DS	20	15	48	32	42	34	24
123789 HxCDD	ng/kg DS	17	14	26	17	30	24	17
1234678 HpCDD	ng/kg DS	210	220	570	350	500	330	260
OCDD	ng/kg DS	1600	1800	7500	5300	6700	4100	2300
2378 TCDF	ng/kg DS	36	34	66	60	49	46	68
12378 PeCDF	ng/kg DS	44	53	78	59	75	50	190
23478 PeCDF	ng/kg DS	28	34	70	58	63	41	63
123478 HxCDF	ng/kg DS	120	120	210	170	190	120	530
123678 HxCDF	ng/kg DS	62	69	120	96	130	80	150
123789 HxCDF	ng/kg DS	15	11	84	50	84	53	110
234678 HxCDF	ng/kg DS	52	52	97	88	110	73	67
1234678 HpCDF	ng/kg DS	880	980	1700	1100	1400	960	720
1234789 HpCDF	ng/kg DS	180	160	340	160	260	180	190
OCDF	ng/kg DS	5500	5800	10000	5900	7900	5400	3400
I-PCDD/F-TEQ Lower Bound	ng/kg DS	140	140	260	210	290	180	200
I-PCDD/F-TEQ Upper Bound	ng/kg DS	140	140	260	210	290	180	200

Monstercode	BP 01 Triade	BP 04B Triade	BP 04D Triade	BP 05B Triade	BP 05C Triade	BP 06 Triade	BP 06A Triade	BP 06M Triade	BP 07B alt Triade	BP 07R Triade	BP 08 Triade	BP 08A Triade	BP 10 Triade	BP 11 Triade	BP 11R Triade	BP 12 Triade	BP 13N Triade	BP 13Z Triade
Metalen																		
Antimoon	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Arseen	26,63	30,67	44,05	22,88	19,64	28,88	8,73	15,04	59,21	40,71	33,40	33,37	21,37	26,13	10,11	34,13	23,57	37,62
Barium	335,83	310,00	440,53	355,74	316,60	217,00	77,50	442,86	968,75	347,20	589,00	669,60	262,31	547,67	39,86	294,50	261,97	229,13
Cadmium	5,91	4,09	4,98	3,32	2,69	6,05	0,60	2,62	12,86	4,41	17,10	13,82	4,71	11,00	0,43	4,42	2,77	4,75
Chroom	104,84	98,68	131,58	83,33	65,14	97,96	27,78	67,52	300,00	113,64	285,71	250,00	82,81	255,10	25,00	105,13	70,78	105,95
Kobalt	17,36	13,56	19,15	15,66	14,63	10,32	10,55	20,55	30,00	14,75	15,48	15,98	15,00	15,48	6,39	14,75	14,25	14,64
Koper	75,62	82,40	115,29	76,96	56,60	69,55	20,69	130,26	189,47	97,75	156,61	141,89	65,63	125,82	12,96	97,76	52,76	91,59
Kwik	2,10	2,45	3,34	1,81	1,33	2,34	0,14	0,92	6,27	3,12	4,69	4,16	1,54	4,14	0,12	4,79	1,26	2,98
Lood	95,37	105,66	150,54	95,49	71,83	102,66	20,46	184,12	257,93	140,94	236,38	201,90	83,12	176,21	15,50	126,18	89,20	145,20
Molybdeen	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	2,30	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
Nikkel	37,19	31,96	42,61	32,41	28,73	26,76	18,38	28,23	68,25	33,79	42,21	42,24	32,94	39,12	15,40	35,00	30,77	33,70
Tin	25,00	16,10	16,10	24,61	31,46	10,33	10,96	34,93	30,40	12,34	21,68	18,51	23,17	17,55	4,38	15,32	21,30	4,01
Vanadium	56,88	42,61	59,35	41,05	36,57	37,06	21,88	98,79	91,00	44,66	60,74	55,52	45,29	58,68	33,60	48,13	40,38	35,00
Zink	624,26	494,60	736,14	513,27	385,91	497,04	97,29	1157,21	1304,30	624,28	996,80	981,51	521,09	799,02	53,61	601,03	480,47	622,76
Organochloorverbindingen																		
Aldrin	0,020	0,007	0,010	0,073	0,141	0,015	0,005	0,011	0,184	0,223	0,001	0,001	0,128	0,000	0,002	0,317	0,021	0,352
Dieldrin	0,140	0,070	0,067	0,543	1,118	0,059	0,005	0,003	3,520	2,340	0,001	0,001	0,578	0,000	0,002	0,396	0,258	0,407
Endrin	0,080	0,067	0,058	0,329	0,165	0,023	0,005	0,087	4,160	1,809	0,001	0,001	0,234	0,000	0,002	0,376	0,032	0,396
Isodrin	0,029	0,012	0,005	0,129	0,071	0,005	0,005	0,009	0,792	0,415	0,001	0,001	0,100	0,000	0,002	0,188	0,021	0,187
Telodrin	0,029	0,011	0,017	0,134	0,229	0,004	0,005	0,003	0,520	0,394	0,001	0,001	0,128	0,000	0,002	0,248	0,032	0,264
Drins (som, factor 0,7)	0,291	0,163	0,154	1,200	1,735	0,106	0,025	0,110	9,176	5,181	0,004	0,003	1,172	0,002	0,008	1,485	0,364	1,648
Drins3 (som, factor 0,7)	0,24	0,14	0,13	0,94	1,42	0,10	0,01	0,10	7,86	4,37	0,00	0,00	0,94	0,00	0,00	1,09	0,31	1,15
Dioxine (som I-TEQ)	0,00200	0,00010	0,00009	0,00008	0,00010	0,00009	0,00004	0,00007	0,00017	0,00014	0,00027	0,00014	0,00007	0,00008	0,00001	0,00029	0,00004	0,00009
Ftalaten (som 5, factor 0,7)	0,73	0,66	0,58	0,56	0,82	0,58	2,15	0,80	1,04	0,74	1,46	11,98	0,66	0,42	0,40	0,40	0,52	0,58
dimethylftalaat	0,09	0,06	0,05	0,07	0,15	0,06	0,25	0,17	0,04	0,05	0,04	0,03	0,08	0,02	0,08	0,05	0,08	0,05
diethylftalaat	0,09	0,06	0,05	0,07	0,15	0,06	0,25	0,17	0,04	0,05	0,04	0,03	0,08	0,02	0,08	0,05	0,08	0,05
di-n-butylftalaat	0,09	0,06	0,05	0,07	0,15	0,06	0,25	0,17	0,07	0,05	0,15	0,07	0,08	0,03	0,08	0,05	0,08	0,05
butylbenzylftalaat	0,09	0,06	0,05	0,07	0,15	0,06	0,25	0,17	0,04	0,05	0,04	0,03	0,08	0,02	0,08	0,05	0,08	0,05
di-2-ethylhexylftalaat	0,47	0,50	0,44	0,36	0,41	0,42	1,45	0,33	0,88	0,60	1,22	11,84	0,44	0,35	0,08	0,26	0,30	0,43
ftalaten (som 5)	0,47	0,50	0,44	0,36	0,41	0,42	1,45	0,33	0,95	0,60	1,37	11,91	0,44	0,38	0,00	0,26	0,30	0,43

Monstercode	BP 03A Chemie	BP 03B Chemie	BP 08B Chemie	BP 08C Chemie	BP 09A Chemie	BP 09B Chemie	BP 11A Chemie
Metalen							
Antimoon	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00
Arseen	<42,54	<47,09	<36,81	<28,14	<43,42	<38,99	<35,71
Barium	<319,12	<360,00	<423,88	<326,32	<601,76	<714,35	<380,45
Cadmium	<8,69	<6,36	<18,17	<11,96	<18,84	<17,25	<7,41
Chroom	<141,51	<150,00	<279,41	<157,89	<320,75	<309,52	<146,34
Kobalt	<14,63	<14,00	<12,82	<9,85	<16,46	<19,97	<13,89
Koper	<127,47	<117,26	<164,29	<111,11	<186,63	<159,86	<115,29
Kwik	<3,90	<4,07	<5,10	<3,84	<6,15	<5,03	<3,62
Lood	<168,32	<157,41	<257,34	<151,45	<276,04	<240,47	<220,03
Molybdeen	<1,50	<1,50	<1,80	<1,50	<1,80	<1,50	<1,50
Nikkel	<38,68	<35,00	<35,66	<25,00	<43,29	<53,15	<35,00
Tin	<10,05	<10,00	<17,21	<9,83	<21,92	<24,08	<13,97
Vanadium	<51,58	<51,00	<42,26	<38,33	<62,83	<76,48	<49,81
Zink	<849,04	<679,80	<896,55	<621,43	<1112,95	<1257,66	<692,94
Organochloorverbindingen							
Aldrin	0,008	0,001	0,001	0,001	0,003	0,001	0,028
Dieldrin	0,074	0,031	0,001	0,001	0,035	0,017	0,176
Endrin	0,026	0,001	0,001	0,001	0,001	0,021	0,007
isodrin	0,009	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,162
Telodrin	0,021	0,014	0,001	0,001	0,005	0,001	0,005
Drins (som, factor 0,7)	0,140	0,046	0,003	0,006	0,044	0,041	0,378
Drins3 (som, factor 0,7)	0,1077519	0,0319298	0,0013125	0,0026923	0,0389381	0,038951	0,1479459
Dioxine (som I-TEQ)	0,00011	0,00012	0,00016	0,00027	0,00026	0,00013	0,00027
Ftalaten (som 5, factor 0,7)	0,69	0,79	1,24	1,80	2,31	1,16	1,13
dimethylftalaat	0,04	0,04	0,03	0,06	0,04	0,03	0,07
diethylftalaat	0,04	0,04	0,03	0,06	0,04	0,03	0,07
di-n-butylftalaat	0,05	0,05	0,11	0,13	0,18	0,10	0,08
butylbenzylftalaat	0,04	0,04	0,03	0,06	0,04	0,03	0,07
di-2-ethylhexylftalaat	0,57	0,64	1,06	1,54	2,04	0,98	0,91
ftalaten (som 5)	0,61	0,69	1,18	1,67	2,21	1,08	0,99

Gestandaardiseerde gehalten
(10% organische stof, 25% lutum)

= Rapportagegrens

Bijlage 7

Parameters gebruikt in PAF-berekeningen

Metalen / metalloïden	PCB's (Polychloorbifenylen)	OCB's (Organochloorbestrijdingsmiddelen)	Ftalaten	Organotinverbindingen
Antimoon	PCB28	Aldrin	Dimethylftalaat	Tributyltin
Arseen	PCB52	Endrin	Diethylftalaat	Trifenyltin
Barium	PCB101	Dieldrin	Di-n-butylftalaat	
Cadmium	PCB118		Butylbenzylftalaat	
Chroom	PCB138		Di-2-ethylhexylftalaat	
Kobalt	PCB153			
Koper	PCB180			
Kwik				
Lood				
Molybdeen				
Nikkel				
Seleen				
Tin				
Vanadium				
Zink				

Voor de omrekening naar gehalten in standaardbodem (10% organische stof, 25% lutum) zijn organische stof- en lutumgehalte zoals gemeten op locatie gebruikt in de msPAF-berekening

Bijlage 8

Boorprofielen grondwateronderzoek

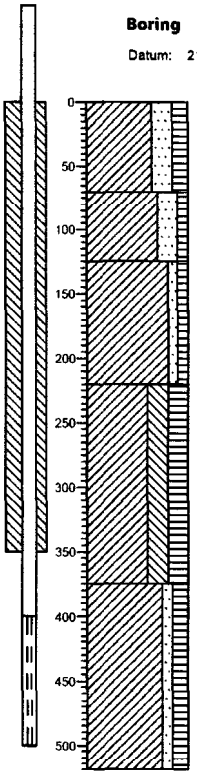
Grontmij

Projectnaam: **Broekpolder** **Projectnummer:** **256581**

Opdrachtgever: **Aquasense** **Boormeester:** **Paul Palmigiano**

Boring PB01

Datum: 21-10-2008



0 gras

Klei, matig vast, sterk zandig, matig humeus, sterk zandhoudend, matig wortelhoudend, donkerbruin, Edelmanboor, Beworteld

-70

Klei, matig vast, sterk zandig, zwak humeus, sterk zandhoudend, zwak roesthoudend, lichtbruin, Edelmanboor, Opgebracht

-125

Klei, matig vast, zwak zandig, zwak humeus, matig zandhoudend, bruin, Edelmanboor, Opgebracht

-220

Klei matig vast, sterk siltig, sterk humeus, zwak zandhoudend, uiterst slibhoudend, resten planten, matige olie-water reactie, donker zwartgrijs, Edelmanboor, Slibiaag

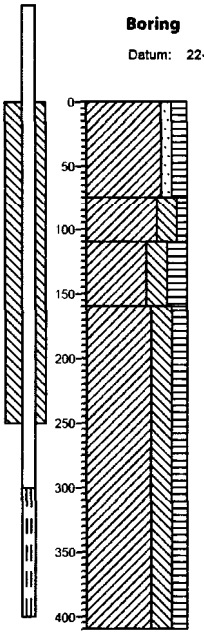
-375

Klei, matig vast, zwak zandig, matig humeus, matig zandhoudend, laagjes zand, zwakke olie-water reactie, donkergrijs, Edelmanboor, Slibiaag

-520

Boring PB04B

Datum: 22-10-2008



0 gras

Klei, matig vast, zwak zandig, matig humeus, matig zandhoudend, matig wortelhoudend, bruin, Edelmanboor, Beworteld

-75

Klei, matig vast, sterk siltig, zwak humeus, zwak zandhoudend, zwak wortelhoudend, zwak roesthoudend, bruin, Edelmanboor, Opgebach

-110

Klei, matig vast, sterk siltig, sterk humeus, matig zandhoudend, uiterst slibhoudend, resten planten, zwakke olie-water reactie, donker zwartgrijs, Edelmanboor, Slibiaag

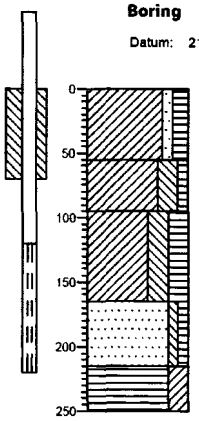
-160

Klei, matig vast, sterk siltig, matig humeus, zwak zandhoudend, brokken veen, brokken slib, laagjes zand, donkergrijs, Horst, Slibiaag

-410

Boring PB04D

Datum: 21-10-2008



0 gras

Klei, matig vast, zwak zandig, matig humeus, matig zandhoudend, matig wortelhoudend, bruin, Edelmanboor, Beworteld

-55

Klei, matig vast, sterk siltig, zwak humeus, zwak zandhoudend, zwak roesthoudend, bruin, Edelmanboor, Geroerd Profiel

-95

Klei, matig vast, sterk siltig, sterk humeus, zwak zandhoudend, uiterst slibhoudend, resten planten, zwakke olie-water reactie, donker zwartgrijs, Edelmanboor, Slibiaag(Havenslib)

-165

Zand, matig fijn, matig vast, zwak siltig, zwak humeus, laagjes klei, grijs, Zuigerboor, Ongeroerd Profiel?

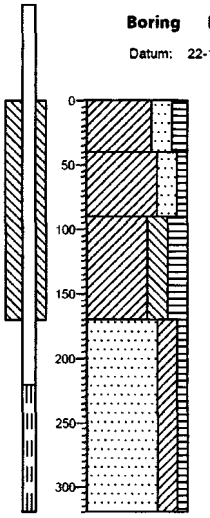
-215

Veen, matig vast, sterk kleiig, laagjes zand, zwak nethoudend, matig zandhoudend, grijsbruin, Zuigerboor, Ongeroerd Profiel

-250

Boring PB05B

Datum: 22-10-2008



0 gras

Klei, matig vast, sterk zandig, matig humeus, sterk zandhoudend, zwak wortelhoudend, bruin, Edelmanboor, Beworteld

-40

Klei, matig vast, sterk zandig, zwak humeus, sterk zandhoudend, zwak roesthoudend, licht grijsbruin, Edelmanboor, Opgebracht

-90

Klei, matig vast, sterk siltig, sterk humeus, zwak zandhoudend, uiterst slibhoudend, zwakke olie-water reactie, donker zwartgrijs, Edelmanboor, Slibiaag

-170

Zand, matig fijn, matig vast, sterk kleiig, zwak humeus, brokken klei, resten schelpen, brokken veen, donkergrijs, Horst, Opgebracht

-320

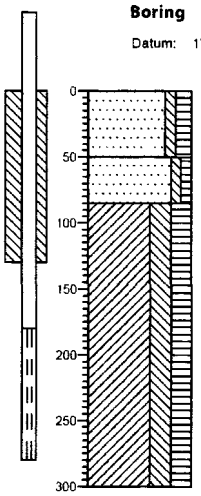
Grontmij

Projectnaam: **Broekpolder** **Projectnummer:** **256581**

Opdrachtgever: **Aquasense** **Boormeester:** **Paul Palmigiano**

Boring PB05C

Datum: 17-10-2008



0 gras

Zand, matig fijn, matig vast, zwak siltig, matig humeus, matig wortelhoudend resten schelpen, bruin, Edelmanboor Beworteld

-50

Zand, matig fijn, matig vast, zwak siltig, zwak humeus, resten schelpen, licht grijsbruin, Edelmanboor, Opgebracht

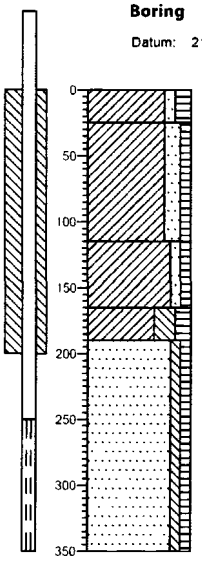
-85

Klei, matig vast, sterk siltig, sterk humeus, matig zandhoudend, brokken veen resten planten, laagjes slib, donker zwartgrijs, Horst, Sliblaag

-300

Boring PB06

Datum: 21-10-2008



0 gras

Klei, vast, zwak zandig matig humeus, matig zandhoudend, matig wortelhoudend, bruin, Edelmanboor, Beworteld

-25

Klei, matig vast, matig zandig, zwak humeus, sterk zandhoudend, brokken klei, zwak roesthoudend, zwak wortelhoudend, lichtbruin, Edelmanboor, Geroerd Profiel

-115

Klei, matig vast, zwak zandig, zwak humeus, laagjes zand, zwak wortelhoudend, matig zandhoudend, bruin, Edelmanboor, Geroerd Profiel

-165

Klei, matig vast, sterk siltig, matig humeus, zwak zandhoudend, uiterst slibhoudend zwakke olie-water reactie, donkergrijs, Edelmanboor, Sliblaag Opgebracht

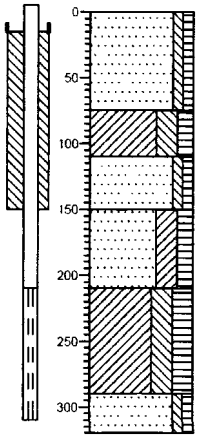
-190

Zand, matig fijn, matig vast, zwak siltig, zwak humeus, brokken klei, brokken slib, resten schelpen, brokken veen, grijs, Zuigerboor, Opgebracht

-350

Boring PB06A

Datum: 21-10-2008



0 gras

Zand, matig fijn, matig vast, zwak siltig, zwak humeus, brokken klei, resten schelpen, zwak roesthoudend, lichtbruin, Edelmanboor Opgebracht

-75

Klei, matig vast, sterk siltig, matig humeus, matig zandhoudend, brokken slib, matig roesthoudend bruingrijs, Edelmanboor, Opgebracht

-110

Zand, matig fijn, matig vast, zwak siltig, zwak humeus, zwak schelphoudend, matig roesthoudend, brokken klei, lichtbruin, Edelmanboor, Opgebracht

-150

Zand, matig fijn, matig vast, sterk kleiig, matig humeus, brokken slib, brokken klei, resten planten, zwakke olie-water reactie, donkergrijs Edelmanboor, Opgebracht

-210

Klei, matig vast, sterk siltig, sterk humeus, laagjes zand, brokken puin, brokken slib resten schelpen, zwakke olie-water reactie, grijsbruin, Edelmanboor, Opgebracht

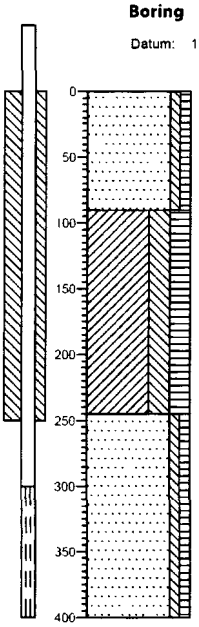
-290

Zand, matig fijn, vast, zwak siltig, zwak humeus brokken klei, resten schelpen, resten puin, zwakke olie-water reactie, donkergrijs Zuigerboor Opgebracht

-320

Boring PB06M

Datum: 17-10-2008



0 gras

Zand, matig fijn, matig vast, zwak siltig, zwak humeus, resten schelpen, zwak roesthoudend, lichtbruin, Edelmanboor, Opgebracht

-90

Klei, matig vast, sterk siltig, sterk humeus, zwak zandhoudend, resten planten, laagjes zand, laagjes slib, donker zwartgrijs, Edelmanboor, Sliblaag(Havenslib?)

-245

Zand, matig fijn, matig vast, zwak siltig, zwak humeus brokken klei, zwak schelphoudend, donkergrijs, Zuigerboor, Opgebracht

-400

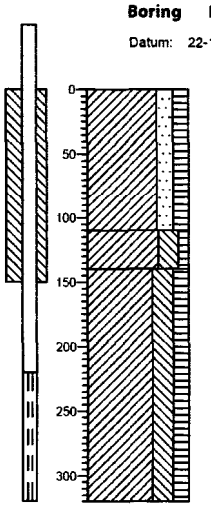
Grontmij

Projectnaam: **Broekpolder** **Projectnummer:** **256581**

Opdrachtgever: **Aquasense** **Boormeester:** **Paul Palmigiano**

Boring PB07B ALT

Datum: 22-10-2008



0 gras

Klei, matig vast, matig zandig, matig humeus, matig zandhoudend, matig wortelhoudend, bruin, Edelmanboor, Boomwortels

-110

Klei, matig vast, sterk siltig, zwak humeus, zwak zandhoudend, brokken veen, bruin, Edelmanboor, Opgebracht

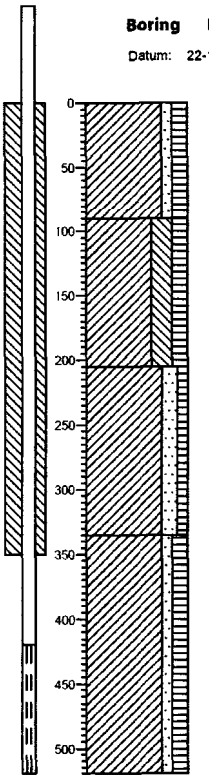
-140

Klei, matig vast, sterk siltig, matig humeus, zwak zandhoudend, uiterst slibhoudend, resten planten, brokken veen, geen olie-water reactie, donker zwartgrijs, Edelmanboor, Siblaag(Havenslib

-320

Boring PB07R

Datum: 22-10-2008



0 gras

Klei, matig vast, zwak zandig, matig humeus, matig zandhoudend, zwak roesthoudend, zwak wortelhoudend, bruin, Edelmanboor, Bewrteld

-90

Klei, matig vast, sterk siltig, matig humeus, uiterst slibhoudend, brokken klei, zwak plantenhoudend, zwakke olie-water reactie, donker zwartgrijs, Edelmanboor, Siblaag (Havenslib)

-205

Klei, matig vast, matig zandig, zwak humeus, matig zandhoudend, brokken klei, brokken veen, donkergrijs, Edelmanboor, Opgebacht

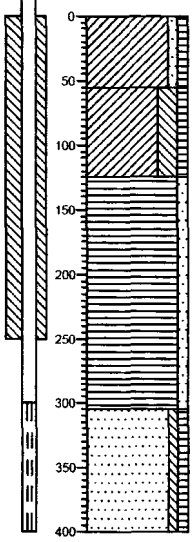
-335

Klei, matig vast, zwak zandig, matig humeus, laagjes zand, brokken veen, brokken slib, resten schelpen, zwakke olie-water reactie, donkergrijs, Edelmanboor, Opgebracht

-520

Boring PB08

Datum: 21-10-2008



0 gras

Klei, matig vast, zwak zandig, zwak humeus, matig zandhoudend, matig wortelhoudend, bruin, Edelmanboor, Beworteld

-55

Klei, matig vast, sterk siltig, zwak humeus, matig zandhoudend, matig roesthoudend, laagjes zand, lichtbruin, Edelmanboor, Opgebracht

-125

Veen, matig vast, zwak zandig, uiterst slibhoudend, zwak zandhoudend, zwak plantenhoudend, zwakke olie-water reactie, donker zwartgrijs, Edelmanboor, Opgebracht

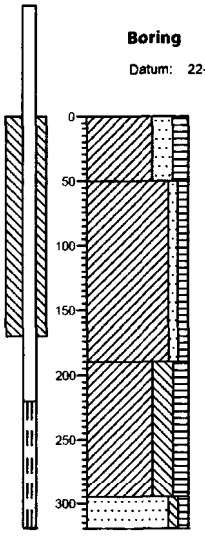
-305

Zand, matig fijn, vast, zwak siltig, zwak humeus, brokken klei, resten schelpen, zwakke olie-water reactie, donkergrijs, Zuigerboor, Opgebracht

-400

Boring PB08A

Datum: 22-10-2008



0 gras

Klei, matig vast, sterk zandig, matig humeus, sterk zandhoudend, matig wortelhoudend, bruin, Edelmanboor, Beworteld

-50

Klei, matig vast, zwak zandig, zwak humeus, matig zandhoudend, zwak roesthoudend, lichtbruin, Edelmanboor, Opgbracht

-190

Klei, matig vast, sterk siltig, matig humeus, zwak zandhoudend, brokken slib, laagjes zand, resten planten, donkergrijs, Edelmanboor, Opgebracht

-295

Zand, matig fijn, vast, zwak siltig, zwak humeus, grijs, Edelmanboor, Opgebacht

-320

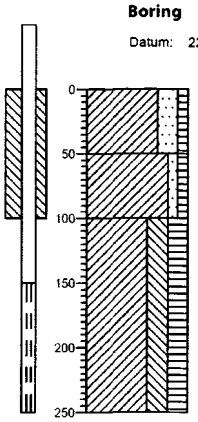
Grontmij

Projectnaam: **Broekpolder** **Projectnummer:** **256581**

Opdrachtgever: **Aquasense** **Boormeester:** **Paul Palmigiano**

Boring PB10

Datum: 22-10-2008



0 gras

Klei, matig vast, sterk zandig, zwak humeus, sterk zandhoudend, matig wortelhoudend, bruin, Edelmanboor, Beworteld

-50

Klei, matig vast, zwak zandig, zwak humeus matig zandhoudend, zwak roesthoudend, zwak wortelhoudend, bruingrijs, Edelmanboor, Boomwortels

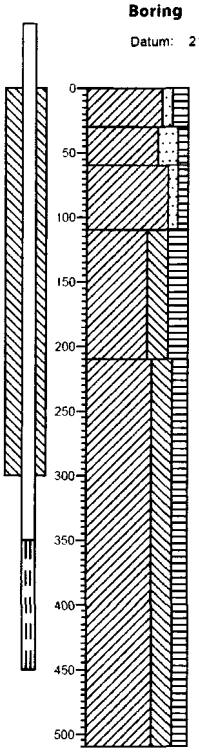
-100

Klei, matig vast, sterk siltig, sterk humeus, zwak zandhoudend, uiterst slibhoudend, brokken veen, resten planten, zwakke olie-water reactie, donker bruingrijs, Edelmanboor, Sliblaag

-250

Boring PB11

Datum: 21-10-2008



0 gras

Klei, matig vast, zwak zandig, matig humeus, matig zandhoudend, matig wortelhoudend, bruin, Edelmanboor, Beorteld

-30

Klei, matig vast, sterk zandig, zwak humeus sterk zandhoudend, brokken klei, zwak roesthoudend, zwak wortelhoudend, lichtbruin, Edelmanboor, Opgebracht

-60

Klei, matig vast, zwak zandig, zwak humeus laagjes zand, matig roesthoudend, matig zandhoudend, bruin, Edelmanboor, Opgebrscht

-110

Klei, matig vast, sterk siltig, sterk humeus, uiterst slibhoudend, zwak zandhoudend, resten planten, matige olie-water reactie, donker zwartgrijs, Edelmanboor, Sliblaag(Havenslib)

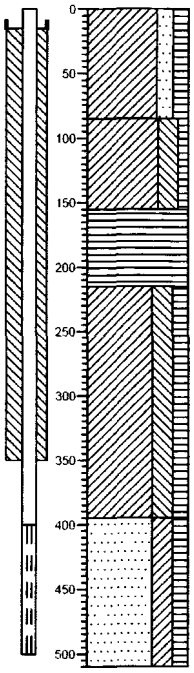
-210

Klei, matig vast, sterk siltig, matig humeus, brokken slib, brokken veen, laagjes zand, resten schelpen, donker bruingrijs, Horst, Geroerd Profiel

-510

Boring PB11R

Datum: 21-10-2008



0 gras

Klei, matig vast, matig zandig, matig humeus, matig zandhoudend, matig roesthoudend, brokken klei, laagjes zand, bruin, Edelmanboor, Opgebracht

-85

Klei, matig vast, sterk siltig, zwak humeus, zwak zandhoudend, resten planten, grijs, Edelmanboor, Opgebracht

-155

Veen, matig vast, brokken klei, matig plantenhoudend, zwak zandhoudend, donkerbruin, Edelmanboor, Opgebracht

-215

Klei, matig vast sterk siltig, matig humeus, zwak zandhoudend, brokken veen, resten planten, bruin, Horst, Opgebracht

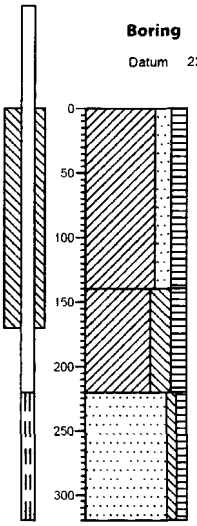
-395

Zand, matig fijn, matig vast, sterk kleiig, matig humeus, resten planten, resten schelpen, brokken klei, brokken slib, donkergrijs, Horst, Opgebracht

-510

Boring PB12

Datum 22-10-2008



0 braak

Klei, matig vast, matig zandig, matig humeus, matig zandhoudend, matig wortelhoudend, brokken klei, bruin, Edelmanboor, Boomwortels

-140

Klei, matig vast, sterk siltig, matig humeus, zwak zandhoudend, uiterst slibhoudend, brokken veen, zwakke olie-water reactie, donker zwartgrijs, Edelmanboor, Sliblaag

-220

Zand, matig fijn, matig vast, zwak siltig, zwak humeus, brokken kolen, brokken klei, donkergrijs, Horst, Opgebracht

-320

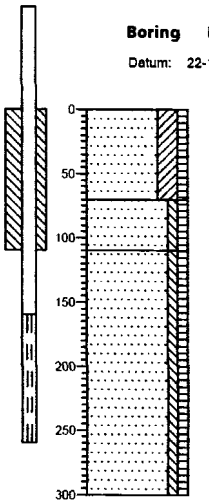
Grontmij

Projectnaam: **Broekpolder** **Projectnummer:** **256581**

Opdrachtgever: **Aquasense** **Boormeester:** **Paul Palmigiano**

Boring PB13N

Datum: 22-10-2008



0 gras

Zand, matig fijn, matig vast, sterk kleiig, zwak humeus, brokken klei, matig wortelhoudend, bruin, Edelmanboor, Beworteld

-70

Zand, matig fijn, matig vast, zwak siltig, zwak humeus, matig roesthoudend, zwak wortelhoudend, lichtbruin, Edelmanboor, Opgebracht

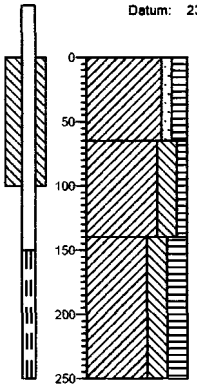
-110

Zand, matig fijn, matig vast, zwak siltig, zwak humeus, grijs, Zuigerboor, Opgebracht

-300

Boring PB13Z

Datum: 23-10-2008



0 gras

Klei, matig vast, zwak zandig, matig humeus, matig zandhoudend, matig wortelhoudend, bruin, Edelmanboor, Beworteld

-65

Klei, matig vast, sterk siltig, zwak humeus, zwak zandhoudend, matig roesthoudend, lichtbruin, Edelmanboor, Geroerd Profiel

-140

Klei, matig vast, sterk siltig, sterk humeus, zwak zandhoudend, uiterst slibhoudend, resten schelpen, resten planten, matige olie-water reactie, donker bruingrijs, Edelmanboor, Slibklaag(Havenslib)

-250

Bijlage 9

Totaalgehalten in grondwater

Monsterspecificatie		BP 01	BP 04B	BP 04D	BP 05B	BP 05C	BP 06	BP 06A	BP 06M	BP 07B	BP 07R	BP 08	BP 08A	BP 10	BP 11	BP 11R	BP 12	BP 13N	BP 13Z
pH	-	6,8	6,8	6,7	7,1	6,7	6,8	7,5	7	6,5	6,9	6,9	6,6	6,7	6,7	6,9	6,8	7,1	7
geleidingsvermogen (EC)	µS/cm	8700	7900	2000	2600	8600	9000	780	3200	3300	3700	6400	4600	4700	9000	3600	7800	1500	4800
temperatuur t.b.v. pH	°C	17,1	16,7	17,2	17	16,7	17,7	17,9	17,7	17,1	17,1	17,5	16,8	17,1	17,2	17,9	16,9	17,7	16,7
METALEN																			
antimoon	µg/l	<3,9	<3,9	<3,9	<3,9	<3,9	<3,9	<3,9	<3,9	<3,9	<3,9	<3,9	<3,9	<3,9	<3,9	<3,9	<7,8	<3,9	<3,9
arseen	µg/l	33	23	17	19	20	<20	12	17	52	<10	17	15	68	23	300	23	14	180
barium	µg/l	420	680	70	110	710	610	220	280	180	200	330	70	140	520	170	840	80	110
cadmium	µg/l	<1,6	<0,8	<0,8	<0,8	<1,6	<1,6	<0,8	<0,8	<0,8	<0,8	<0,8	12	<0,8	<1,6	<0,8	<0,8	<0,8	<0,8
chroom	µg/l	4,9	4,9	1,3	2,7	4	5,4	<1	5,6	2,3	3,9	3,9	1,6	2	3,3	6,6	9,3	1,5	4,2
kobalt	µg/l	20	8,8	6,8	<5	10	<10	<5	<5	12	<5	<5	6,3	21	16	39	<5	<5	13
borium	µg/l	1300	540	440	1400	720	1200	94	1500	800	790	2100	1100	770	1100	660	1000	520	960
koper	µg/l	<30	<15	<15	<15	<30	<30	<15	<15	<15	<15	<15	<15	<15	<30	<15	<15	<15	<15
kwik	µg/l	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
lood	µg/l	<30	<15	<15	<15	<30	<30	<15	<15	<15	<15	<15	<15	<15	<30	20	<15	<15	<15
molybdeen	µg/l	<7,2	<3,6	<3,6	<3,6	<7,2	<7,2	8	<3,6	<3,6	<3,6	<3,6	<3,6	<3,6	<7,2	11	<3,6	<3,6	7
nikkel	µg/l	<30	<15	<15	<15	<30	<30	<15	<15	<15	<15	<15	31	<15	<30	46	<15	<15	<15
seleen	µg/l	6,1	<5	<5	7,2	<5	<5	<5	<5	<5	11	5,6	<5	<5	<5	<5	<10	<5	5,2
vanadium	µg/l	7	4	<2	<2	<4	<4	<2	2,5	<2	<2	2,3	3,2	<2	<4	8,1	4,5	<2	3,1
zink	µg/l	<120	<60	<73	<60	<120	<120	<60	<60	<60	<60	<60	<720	<88	<120	<60	<60	<60	<60
ANORGANISCHE VERBINDINGEN																			
ammonium	mgN/l	86	3,8	1,2	53	6,3	5,6	3,2	9,6	21	19	69	2,2	9	6,8	<0,15	2,1	0,2	56
bromide	mg/l	7,9	8,6	1,3	0,91	9	11	<0,3	1,7	2,6	2,3	5,9	2,9	3,5	11	2,2	14	0,56	2,7
fosfaat (tot.)	mgP/l	0,3	3,4	6,3	6,6	4,7	4,8	1,5	6,5	1,8	11	6,4	0,2	4,3	3	2	3,8	1,9	7,6
nitraat	mg/l	<7,5	<3,0	<1,5	<1,5	<7,5	<7,5	<1,5	<1,5	<1,5	<1,5	<1,5	5,4	<1,5	<7,5	<1,5	<1,5	<1,5	8,3
CHLOORBESTRIJDINGSMIDDELEN																			
aldrin	µg/l	<0,01	0,07	1,1	0,04	0,32	0,11	<0,01	0,03	0,11	0,06	<0,01	<0,01	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,19
dieldrin	µg/l	<0,04	0,02	<0,01	0,04	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,09	<0,02	<0,01	<0,01	0,02	<0,01	<0,01	<0,01	<0,02	0,14
endrin	µg/l	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,05	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
telodrin	µg/l	<0,03	0,03	0,18	<0,03	0,14	<0,03	<0,03	<0,03	0,05	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	0,12
isodrin	µg/l	<0,03	0,19	8,6	0,1	0,58	0,19	<0,03	0,19	0,03	<0,03	<0,03	<0,03	0,05	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
tot. 5 drins	µg/l	<0,09	0,31	9,9	0,19	1	0,31	<0,09	0,24	0,33	0,09	<0,09	<0,09	<0,09	<0,09	<0,09	<0,09	<0,09	0,44
FTALATEN																			
dimethylftalaat	µg/l	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
diethylftalaat	µg/l	1,8	0,85	0,7	2	3,4	0,94	0,91	1,4	0,68	0,89	0,6	0,49	0,57	1	0,52	0,36	0,44	1,4
di-n-butylftalaat	µg/l	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
butylbenzylftalaat	µg/l	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
di-2-ethylhexylftalaat	µg/l	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	0,89
ORGANO-TIN VERBINDINGEN																			
tributyltin (als Sn)	µg/l	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
trifenyltin (als Sn)	µg/l	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01

= Rapportagegrens

Bijlage 10

Beschikbare gehalten metalen

In onderstaande tabel zijn de beschikbare gehalten weergegeven. De gele velden zijn rapportagegrenzen.

Analyses		BP 01 Triade	BP 04B Triade	BP 04D Triade	BP 05B Triade	BP 05C Triade	BP 06 Triade	BP 06A Triade	BP 06M Triade	BP 07B alt Triade	BP 07R Triade	BP 08 Triade	BP 08A Triade	BP 10 Triade	BP 11 Triade	BP 11R Triade	BP 12 Triade	BP 13N Triade	BP 13Z Triade
Monster-specificatie		Eluaat X1	Eluaat X2	Eluaat X3	Eluaat X4	Eluaat X5	Eluaat X6	Eluaat X7	Eluaat X8	Eluaat X9	Eluaat X10	Eluaat X11	Eluaat X12	Eluaat X13	Eluaat X14	Eluaat X15	Eluaat X16	Eluaat X17	Eluaat X18
temperatuur t.b.v. pH	°C	19,9	20	20	19,9	20	20	20	20	19,9	20	20	20	19,9	20	20	20	19,9	19,8
EC na uitloging	µS/cm	2270	2180	2240	2220	2230	2250	2220	2230	2210	2230	2200	2250	2230	2180	2220	2260	2220	2250
fosfor	mg/kgds	1,5	1,4	2	1,4	0,96	2,2	0,29	0,6	1,1	0,12	4,3	2,4	1,6	2,8	0,4	1,3	1	0,9
eind pH na uitloging	-	7,5	8,02	7,44	7,21	7,47	7,5	7,43	7,44	7,48	7,49	7,44	7,36	7,42	7,39	7,72	7,57	7,6	7,53
L/S	ml/g	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
METALEN																			
antimoon	mg/kgds	<0,039	<0,039	<0,039	<0,039	<0,039	<0,039	<0,039	<0,039	<0,039	0,22	<0,039	<0,039	<0,039	<0,039	<0,039	<0,039	<0,039	<0,039
arseen	mg/kgds	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100
barium	mg/kgds	2,8	4,2	2,9	2,2	3,6	2,6	0,99	2,9	2,9	3,4	2,3	3,5	2,1	3,1	0,37	2,6	2,4	2,7
borium	mg/kgds	0,95	<0,500	0,74	<0,500	<0,500	0,94	<0,500	<0,500	0,82	0,57	0,64	0,72	<0,500	0,79	<0,500	0,69	<0,500	1,1
cadmium	mg/kgds	0,03	0,02	<0,010	0,01	0,01	0,03	<0,010	0,01	0,03	<0,010	0,05	0,08	0,02	0,05	<0,010	0,02	0,01	0,01
chroom	mg/kgds	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100
kobalt	mg/kgds	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100
koper	mg/kgds	<0,100	<0,100	0,11	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	0,1	0,23	0,16	0,15	<0,100	0,17	<0,100	<0,100	<0,100	0,11
kwik	mg/kgds	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
lood	mg/kgds	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	0,22	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100
molybdeen	mg/kgds	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100
nikkel	mg/kgds	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100
seleen	mg/kgds	<0,039	<0,039	<0,039	<0,039	<0,039	<0,039	<0,039	<0,039	<0,039	0,42	<0,039	<0,039	<0,039	<0,039	<0,039	<0,039	<0,039	<0,039
tin	mg/kgds	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	0,21	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100
vanadium	mg/kgds	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100
zink	mg/kgds	0,44	0,38	0,39	0,38	0,2	0,68	<0,200	0,34	0,61	0,39	1,3	1,7	0,58	0,92	<0,200	0,47	0,34	0,38

Analyses		BP 03A Chemie	BP 03B Chemie	BP 08B Chemie	BP 08C Chemie	BP 09A Chemie	BP 09B Chemie	BP 11A Chemie
Monster-specificatie		Eluaat X19	Eluaat X20	Eluaat X21	Eluaat X22	Eluaat X23	Eluaat X24	Eluaat X25
temperatuur t.b.v. pH	°C	20,2	19,7	19,9	20	20	20,1	19,9
EC na uitloging	µS/cm	2300	2230	2190	2220	2240	2260	2200
fosfor	mg/kgds	1,7	1,2	2,4	2	4,7	1,4	2,9
eind pH na uitloging	-	7,59	7,57	7,17	7,44	7,18	7,44	7,19
L/S	ml/g	10	10	10	10	10	10	10
METALEN								
antimoon	mg/kgds	<0,039	<0,039	<0,039	<0,039	<0,039	<0,039	<0,039
arseen	mg/kgds	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100
barium	mg/kgds	2,1	3,1	3,8	3,5	1,9	3,4	2,5
borium	mg/kgds	2,7	0,93	0,68	1	1,4	0,68	<0,500
cadmium	mg/kgds	0,03	0,02	0,09	0,07	0,07	0,03	0,05
chroom	mg/kgds	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100
kobalt	mg/kgds	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100
koper	mg/kgds	0,13	0,11	0,15	0,16	0,16	0,10	0,12
kwik	mg/kgds	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
lood	mg/kgds	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100
molybdeen	mg/kgds	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100
nikkel	mg/kgds	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100
seleen	mg/kgds	<0,039	<0,039	<0,039	<0,039	<0,039	<0,039	<0,039
tin	mg/kgds	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100
vanadium	mg/kgds	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100
zink	mg/kgds	1	0,47	2,1	1,8	2,1	0,54	1,4

Gemiddelde, minimale en maximale beschikbare metaalpercentages*

Stof	indicatief gemiddeld beschikbaar percentage*	min*	max*	aantal metingen*
antimoon	>7,33%	>7,33%	>7,33%	1
arseen	<0,44%	<0,20%	<1,22%	24
barium	1,43%	0,29%	>4,95%	25
borium	3,32%	1,89%	8,71%	16
cadmium	0,43%	0,17%	0,79%	23
chroom	<0,12%	<0,03%	<0,50%	24
kobalt	<1,06%	<0,50%	<2,27%	24
koper	0,15%	0,07%	<0,33%	23
kwik	<0,05%	<0,02%	<0,15%	23
lood	0,09%	<0,03%	<0,21%	23
molybdeen	<5,15%	<4,35%	<5,56%	3
nikkel	<0,49%	<0,19%	<1,59%	25
seleen	>4,20%	>4,20%	>4,20%	1
tin	0,78%	<0,37%	>2,10%	11
vanadium	<0,34%	<0,15%	<1,33%	25
zink	0,15%	0,05%	<0,50%	25

**gebaseerd op metingen waarbij beschikbaar en/of totaalgehalte boven de rapportagegrens was*

Bijlage 11

Beschikbare gehalten drins

In onderstaande tabel zijn de beschikbare gehalten weergegeven. De gele velden zijn rapportagegrenzen.

Beschikbaar gehalte	eenheid	BP 01 Triade	BP 04B Triade	BP 04D Triade	BP 05B Triade	BP 05C Triade	BP 06 Triade	BP 06M Triade	BP 07B alt Triade	BP 07R Triade	BP 10 Triade	BP 12 Triade	BP 13N Triade	BP 13Z Triade
droge stof	gew.-%	86	72,6	70,5	79	83	77,8	90	68,6	69,4	79,8	82,1	75,9	81,2
Aldrin	µg/kg ds	<6	<6	<6	<6	<6	<6	<6	14	23	9	12	<6	<6
Telodrin	µg/kg ds	14	10	18	86	46	<6	<6	365	192	76	95	18	26
Isodrin	µg/kg ds	<6	<6	<6	<6	<6	<6	<6	37	22	8	8	<6	<6
Dieldrin	µg/kg ds	66	48	59	701	300	48	<6	3403	1796	629	1465	89	44
Endrin*	µg/kg ds	12	22	20	213	18	22	<6	1855	475	45	<6	18	<6
som drins 3	µg/kg ds	84	76	85	920	324	76	18	5272	2294	683	1483	113	56
som drins 5	µg/kg ds	104	92	109	1012	376	88	30	5674	2508	767	1586	137	88

Beschikbaar gehalte	eenheid	BP 03A Chemie	BP 03B Chemie	BP 09A Chemie	BP 09B Chemie	BP 11A Chemie
droge stof	gew.-%	65,9	73,5	67,9	74,4	81,9
Aldrin	µg/kg ds	<6	<6	<6	<6	65
Telodrin	µg/kg ds	19	10	<6	<6	113
Isodrin	µg/kg ds	<6	<6	<6	<6	25
Dieldrin	µg/kg ds	60	23	25	15	2906
Endrin*	µg/kg ds	<6	<6	<6	<6	314
som drins 3	µg/kg ds	72	35	37	27	3285
som drins 5	µg/kg ds	97	51	49	39	3423

Bijlage 12

Vergelijking met eerdere bodemonderzoeken

DCMR,1998 (bestand: [Broekpolder bodemdata no 98.xls])								
vak	**Humus**	**som PCB's**	**som drins**	**ftalaten**	**som PCB's**	**som drins**	**ftalaten**	**aantal**
	%	totaalgehalten (mg/kg ds)			gecorrigeerde gehalten (mg/kg ds)			**monsters**
vak 1	7,7	0,07		7,00	0,09		9,09	1
vak 3	9,5	0,07		7,00	0,07		7,37	1
vak 4	8,9	0,07	0,20	7,00	0,08	0,06	7,90	4
vak 5	10,8	0,12	12,20	7,00	0,11	11,19	6,58	4
vak 6	9,8	0,07		7,00	0,07		7,14	1
vak 7	8,9	0,07	36,40	7,00	0,08	42,44	7,99	2
vak 8	9,5	0,22		7,00	0,23		7,37	1
vak 8A	9,6	0,29		7,00	0,29		7,39	3
vak 9	11,0	0,31		7,00	0,28		6,36	1
vak 10	8,0	0,07	8,05	7,00	0,09	10,12	8,81	2
vak 11	9,7	0,15		7,00	0,15		7,22	1
vak 11A	8,0	0,07	2,55	7,00	0,09	3,20	8,81	2
vak 12	8,8	0,39	2,90	7,00	0,45	3,31	7,96	2
vak 13	8,1	0,28	3,90	7,00	0,27	1,08	9,81	3

Huidig onderzoek (Grontmij|AquaSense, 2008)								
vak	**Humus**	**som PCB's**	**som drins**	**ftalaten**	**som PCB's**	**som drins**	**ftalaten**	**aantal**
	%	totaalgehalten (mg/kg ds)			gecorrigeerde gehalten (mg/kg ds)			**monsters**
vak 01	5,5	0,05	0,16	0,46	0,087	0,291	0,836	1
vak 03	12,2		0,12	0,94		0,092	0,777	2
vak 04	9,5	0,16	0,15	0,65	0,169	0,158	0,684	2
vak 05	5,2	0,06	0,72	0,40	0,121	1,468	0,821	2
vak 06	5,9	0,31	0,06	0,44	0,880	0,106	0,824	2
vak 07	11,0	0,22	7,95	1,05	0,196	7,006	0,940	2
vak 08	13,8	0,38	0,01	10,05	0,279	0,004	6,755	2
vak 08a	11,9	0,42	0,01	1,74	0,338	0,005	1,564	2
vak 09	12,8		0,05	2,18		0,041	1,767	2
vak 10	6,4	0,05	0,75	0,48	0,084	1,172	0,750	1
vak 11	16,8	0,19	0,01	0,72	0,079	0,005	0,416	2
vak 11a	7,4		0,28	0,88		0,378	1,189	1
vak 12	10,1	0,16	1,50	0,46	0,158	1,485	0,455	1
vak 13	7,9	0,05	0,87	0,50	0,068	1,006	0,627	2

Vergelijking: gehalten eerder onderzoek / gehalten huidig onderzoek							
vak	**Humus**	**som PCB's**	**som drins**	**ftalaten**	**som PCB's**	**som drins**	**ftalaten**
		totaalgehalten			gecorrigeerde gehalten		
vak 1	1,40	1,46			1,04		
vak 3	0,78			7,45			9,49
vak 4	0,94	0,44	1,33		0,47	0,35	
vak 5	2,07	2,02			0,90	7,62	8,02
vak 6	1,66	0,23					8,67
vak 7	0,81	0,32	4,58	6,67	0,41	6,06	8,49
vak 8	0,69	0,59		0,70	0,83		1,09
vak 8A	0,81	0,69		4,02	0,86		4,73
vak 9	0,86			3,22			3,60
vak 10	1,24	1,30			1,04	8,63	
vak 11	0,58	0,78		9,72	1,96		
vak 11A	1,07		9,11	7,95		8,47	7,40
vak 12	0,87	2,41	1,93		2,81	2,23	
vak 13	1,03	5,14	4,48		3,99	1,08	

verschil >2x of <0,5x
verschil >4x of <0,25x
verschil >10x of <0,1x

DCMR,1998 (bestand: [Broekpolder bodemdata no 98.xls])

vak	Lutum	Humus	Arseen	Cadmium	Koper	Kwik	Lood	Zink	Arseen	Cadmium	Koper	Kwik	Lood	Zink	aantal monsters
	%		totaalgehalten (mg/kg ds)						gecorrigeerde gehalten (mg/kg ds)						
vak 1	15,00	7,9	32,5	5,8	81,5	2,2	120,0	455,0	39,1	6,9	102,2	2,5	140,0	596,7	2
vak 3	21,00	9,8	41,0	4,8	96,5	3,2	140,0	555,0	43,6	5,1	103,9	3,3	147,4	610,1	2
vak 4	16,25	8,9	49,5	5,7	96,0	2,8	140,0	542,5	57,3	6,5	115,1	3,1	158,3	676,4	4
vak 5	18,25	10,8	57,3	6,7	122,3	4,0	190,0	747,5	62,0	7,1	134,9	4,3	202,7	858,9	4
vak 6	21,00	9,9	41,5	6,3	110,0	3,3	155,0	615,0	44,0	6,7	117,9	3,4	162,8	673,2	2
vak 6A	20,00	10,0	37,5	8,6	110,0	4,6	160,0	740,0	40,3	9,2	120,0	4,8	170,0	828,8	2
vak 7	18,00	8,9	46,7	5,0	117,3	4,1	166,7	673,3	52,3	5,6	134,9	4,4	183,5	797,2	3
vak 8	21,00	9,8	39,0	13,0	150,0	4,0	220,0	920,0	41,4	13,8	161,3	4,1	231,5	1007,8	2
vak 8A	21,25	9,7	40,3	12,5	152,5	4,4	227,5	955,0	42,4	13,2	162,1	4,5	237,7	1037,0	4
vak 9	24,50	10,5	36,5	15,0	170,0	5,0	245,0	1100,0	36,5	15,2	170,0	5,0	245,0	1106,0	2
vak 10	17,00	8,0	31,0	4,9	88,0	2,3	126,7	470,0	36,0	5,7	105,7	2,6	143,6	582,6	3
vak 11	21,00	9,9	37,5	15,0	165,0	4,1	240,0	985,0	39,7	15,9	177,4	4,3	252,5	1079,4	2
vak 11A	12,00	8,0	29,7	4,5	87,7	2,7	120,0	450,0	37,4	5,5	116,8	3,2	145,7	642,6	3
vak 12	20,00	8,9	42,0	5,5	98,7	2,9	150,0	606,7	45,9	6,1	109,9	3,1	161,6	688,6	3
vak 13	14,75	8,6	30,0	3,4	66,5	2,3	105,8	407,5	35,2	3,9	82,5	2,5	121,1	531,4	4

Huidig onderzoek (Grontmij|AquaSense, 2008)

vak	Lutum	Humus	Arseen	Cadmium	Koper	Kwik	Lood	Zink	Arseen	Cadmium	Koper	Kwik	Lood	Zink	aantal monsters
	%		totaalgehalten (mg/kg ds)						gecorrigeerde gehalten (mg/kg ds)						
vak 01	6	5,5	18,0	4,2	46,0	1,6	69,0	340,0	26,6	5,9	75,6	2,1	95,4	624,3	1
vak 03	26,5	12,15	47,0	8,1	130,0	4,1	170,0	810,0	44,8	7,5	122,4	4,0	162,9	764,4	2
vak 04	13	9,5	31,0	4,0	78,5	2,5	109,5	455,0	37,4	4,5	98,8	2,9	128,1	615,4	2
vak 05	4,8	5,2	14,0	2,1	39,5	1,2	59,5	235,0	21,3	3,0	66,8	1,6	83,7	449,6	2
vak 06	13,2	5,9	18,5	3,7	66,5	1,5	110,0	495,0	22,0	4,3	99,9	1,6	143,4	827,1	2
vak 06a	1,9	1,5	5,0	0,4	10,0	0,1	13,0	41,0	8,7	0,6	20,7	0,1	20,5	97,3	1
vak 07	14,5	10,95	43,0	8,1	118,5	4,1	175,0	730,0	50,0	8,6	143,6	4,7	199,4	964,3	2
vak 08	21,5	13,75	33,5	16,5	150,0	4,4	220,0	955,0	33,4	15,5	149,2	4,4	219,1	989,2	2
vak 08a	37,5	11,9	39,5	18,0	175,0	5,2	245,0	1000,0	32,5	15,1	137,7	4,5	204,4	759,0	2
vak 09	22,5	12,8	41,5	19,0	175,0	5,6	260,0	1150,0	41,2	18,0	173,2	5,6	258,3	1185,3	2
vak 10	7	6,4	15,0	3,5	42,0	1,2	62,0	300,0	21,4	4,7	65,6	1,5	83,1	521,1	1
vak 11	19,5	16,8	20,1	8,2	85,0	2,3	111,5	485,0	18,1	5,7	69,4	2,1	95,9	426,3	2
vak 11a	16	7,4	30,0	6,3	93,0	3,2	190,0	540,0	35,7	7,4	115,3	3,6	220,0	692,9	1
vak 12	14	10,1	29,0	4,0	80,0	4,2	110,0	460,0	34,1	4,4	97,8	4,8	126,2	601,0	1
vak 13	12,6	7,85	25,0	3,2	56,5	1,9	99,0	400,0	30,6	3,8	72,2	2,1	117,2	551,6	2

Vergelijking: gehalten eerder onderzoek / gehalten huidig onderzoek

vak	Lutum	Humus	Arseen	Cadmium	Koper	Kwik	Lood	Zink	Arseen	Cadmium	Koper	Kwik	Lood	Zink
	%		totaalgehalten						gecorrigeerde gehalten					
vak 01	2,50	1,43	1,81	1,38	1,77	1,38	1,74	1,34	1,47	1,17	1,35	1,19	1,47	0,96
vak 03	0,79	0,80	0,87	0,59	0,74	0,77	0,82	0,69	0,97	0,67	0,85	0,82	0,90	0,80
vak 04	1,25	0,94	1,60	1,41	1,22	1,10	1,28	1,19	1,53	1,42	1,16	1,05	1,24	1,10
vak 05	3,80	2,07	4,09	3,19	3,09	3,39	3,19	3,18	2,92	2,36	2,02	2,71	2,42	1,91
vak 06	1,59	1,68	2,25	1,70	1,65	2,20	1,41	1,24	2,00	1,54	1,18	2,07	1,14	0,81
vak 06a	10,53	6,67	7,50	24,57	11,00	45,50	12,31	18,05	4,61	15,22	5,80	33,34	8,31	8,52
vak 07	1,24	0,82	1,09	0,62	0,99	0,99	0,95	0,92	1,05	0,65	0,94	0,93	0,92	0,83
vak 08	0,98	0,71	1,16	0,79	1,00	0,91	1,00	0,96	1,24	0,89	1,08	0,93	1,06	1,02
vak 08a	0,57	0,82	1,02	0,70	0,87	0,84	0,93	0,96	1,31	0,88	1,18	1,01	1,16	1,37
vak 09	1,09	0,82	0,88	0,79	0,97	0,90	0,94	0,96	0,89	0,84	0,98	0,89	0,95	0,93
vak 10	2,43	1,24	2,07	1,39	2,10	1,94	2,04	1,57	1,68	1,20	1,61	1,67	1,73	1,12
vak 11	1,08	0,59	1,87	1,83	1,94	1,78	2,15	2,03	2,19	2,78	2,56	2,00	2,63	2,53
vak 11a	0,75	1,08	0,99	0,71	0,94	0,85	0,63	0,83	1,05	0,74	1,01	0,89	0,66	0,93
vak 12	1,43	0,88	1,45	1,38	1,23	0,69	1,36	1,32	1,34	1,38	1,12	0,64	1,28	1,15
vak 13	1,17	1,09	1,20	1,06	1,18	1,24	1,07	1,02	1,15	1,04	1,14	1,19	1,03	0,96

verschil >2x of <0,5x
verschil >4x of <0,25x
verschil >10x of <0,1x

Bijlage 13

Biolog

Resultaten van de door het RIVM uitgevoerde CLPP (community-level physiological profiles) meting van de monsters van de Triade Broekpolder:

Monstercode	**Kolonievorming**[a]	**Functionele diversiteit**[b]	**Microbiële activiteit**[c]
	log [kolonievormende eenheden/g grond]	**helling AWCD-curve**	**µg grond per 50% omzetting-capaciteit**
BP 01	6,83	0,78	1632
BP 04B	6,8	0,55	2983
BP 04D	6,87	0,49	1887
BP 05B	6,87	0,54	1792
BP 05C	6,9	0,64	2588
BP 06	6,85	0,56	760
BP 06A	6,75	0,68	3405
BP 06M	6,91	0,55	4548
BP 07B alt	7,11	0,53	468
BP 07R	6,81	0,55	1321
BP 08	7,12	0,66	471
BP 08A	7,44	0,63	784
BP 10	6,99	0,76	876
BP 11	7,09	0,56	792
BP 11R	6,89	0,6	2320
BP 12	7,21	0,76	741
BP 13N	6,68	0,61	1399
BP 13Z	6,94	0,8	1462

[a]Kolonievorming geeft aan hoeveel kolonies van reeds in de bodem aanwezige bacteriën zich per gram grond hebben ontwikkeld. Let op, dit is een logaritmische waarde.

[b]De functionele diversiteit geeft aan hoeveel functies de in de bodem aanwezige bacteriën kunnen vervullen en hoe makkelijk deze door andere in de gemeenschap aanwezige bacteriën kunnen worden overgenomen. Dit wordt gemeten door te bestuderen hoeveel van de op een Biologplaat aanwezige substraten omgezet worden door bacteriën in het bodemmonster bij oplopende verdunningen van een extract van het bodemmonster. Als de microbiële gemeenschap in de bodem zeer divers is, zal het aantal omgezette substraten bij een oplopende verdunning hoger blijven dan bij minder diverse gemeenschappen. In een diverse bodembacteriegemeenschap blijven er namelijk ook bij hoge verdunningen voldoende functioneel verschillende bacteriën over om substraten om te zetten: functies worden overgenomen. Bij minder diverse gemeenschappen zullen onder invloed van de verdunningen bepaalde functionele groepen verdwijnen, waardoor sommige substraten niet meer omgezet worden. Wanneer de substraatomzetting tegen de verdunningsfactor uit wordt gezet ontstaat er een curve. Hoe vlakker deze curve, hoe hoger de diversiteit. De helling van deze curve geeft dus informatie over de functionele diversiteit van de bacteriegemeenschap in de bodem: hoe *lager* dit getal, hoe *hoger* de functionele diversiteit.

[c]De microbiële activiteit geeft aan hoe snel de in de bodem aanwezige bacteriën in staat zijn stoffen om te zetten. Dit wordt in deze test gemeten door te bepalen hoeveel grond er nodig is om 50% van een substraat binnen een vastgestelde tijd af te breken. Hoe minder grond hiervoor nodig is, hoe hoger de activiteit is. Evenals voor de functionele diversiteit geldt hier dus: hoe *lager* de waarde, hoe *hoger* de activiteit.

Bijlage 14

Bacteriële groeisnelheid

Resultaten van het door de WUR uitgevoerde meting van de bacteriële groeisnelheid en biomassa van de monsters van de Triade Broekpolder:

Monstercode	Thymidine inbouw[a]	Leucine inbouw[b]	Bacterie biomassa[c]	Verhouding[d] Thymidine-inbouw:Leucine-inbouw
	(pmol/g grond/uur)	(pmol/g grond/uur)	(µg C/g grond)	
BP 01	4,50	276	25,5	1,63E-02
BP 04B	38,15	715	32,1	5,34E-02
BP 04D	32,67	595	51,3	5,49E-02
BP 05B	15,57	413	30,0	3,77E-02
BP 05C	9,71	373	34,3	2,60E-02
BP 06	9,25	327	26,2	2,83E-02
BP 06A	4,67	256	19,5	1,82E-02
BP 06M	4,44	267	22,3	1,66E-02
BP 07B alt	11,55	413	37,7	2,79E-02
BP 07R	16,59	570	47,4	2,91E-02
BP 08	15,74	624	42,5	2,52E-02
BP 08A	5,93	252	19,1	2,35E-02
BP 10	16,00	474	32,7	3,38E-02
BP 11	29,45	863	44,1	3,41E-02
BP 11R	29,81	656	45,1	4,54E-02
BP 12	15,85	505	34,9	3,14E-02
BP 13N	26,50	709	57,8	3,74E-02
BP 13Z	28,42	708	64,5	4,01E-02
Gemiddelde	*17,49*	*500*	*37,1*	*3,50E-02*

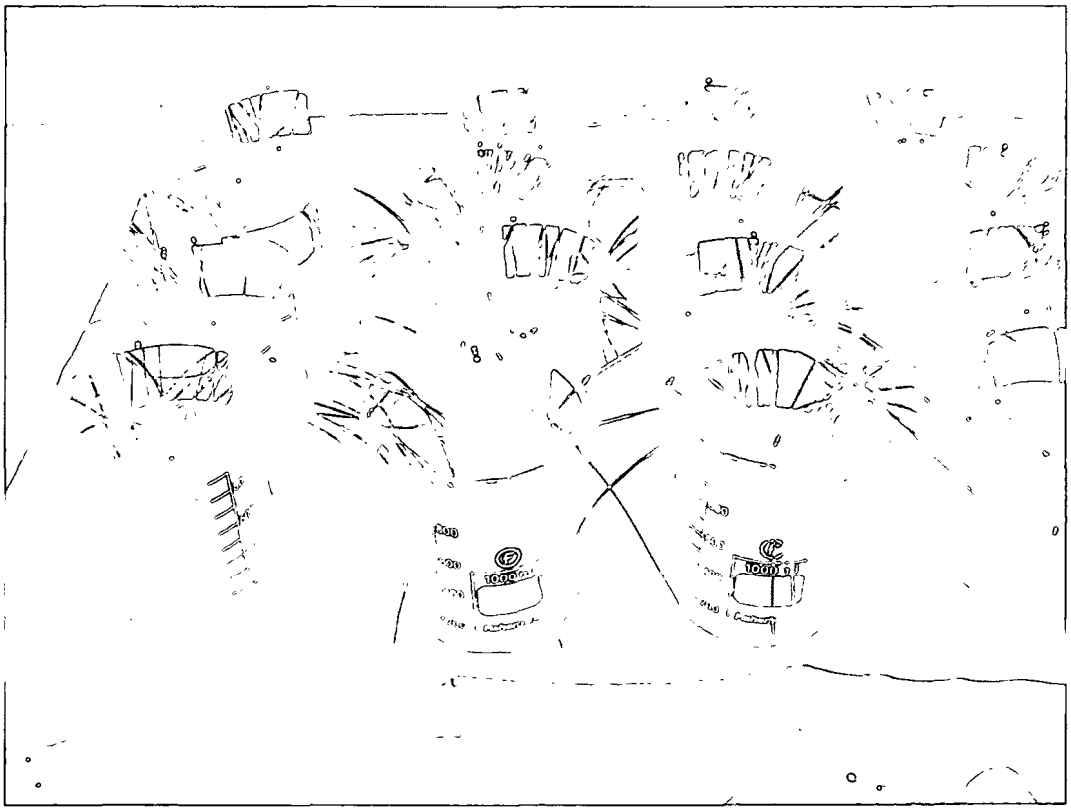
[a]Thymidine-inbouw geeft inzicht in de mate waarin de bacteriële gemeenschap zich vermenigvuldigd. Thymidine is namelijk een dna-bouwsteen en dus nodig bij het delen van bacteriën.
[b]Leucine geeft inzicht in de mate waarin de bacteriegemeenschap onderhoud pleegt aan het eigen systeem (op individueeel niveau). Leucine is namelijk een aminozuur dat wordt ingebouwd in eiwitten.
[c]De bacteriële biomassa geeft inzicht in de totale hoeveelheid bacteriën die voorkomt in de bodem.
[d]De verhouding tussen thymidine- en leucine-inbouw geeft inzicht in hoeverre een bacteriegemeenschap invloed heeft van stress – waaronder verontreinigingsstress. Een lage verhouding, dus veel leucine-inbouw en weinig thymidine-inbouw, is een indicatie dat er een stresssituatie is: simpel gezegd wordt er dan relatief weinig energie gestoken in deling (dna-synthese → thymidine-inbouw) omdat de bacterie voorkeur geeft om zijn energie te gebruiken voor onderhoud van zijn cel (eiwitsynthese → leucine-inbouw)

Bijlage 15

Plantenkiemings- en groeitest

Resultaten van kieming- en groei van Engels raaigras (*Lolium perenne*) in monsters uit de Broekpolder:

locatie		Kieming		natgewicht/plant		drooggewicht/plant	
	aantal replica's	Gemiddelde	±sd	Gemiddelde	±sd	Gemiddelde	±sd
Blanco	8	18,00	2,45	134,54	19,45	13,70	1,69
BP 01	4	16,25	2,99	66,21	15,22	7,09	1,36
BP 04B	4	15,50	2,08	72,08	14,10	7,66	2,48
BP 04D	4	18,00	1,83	81,07	9,65	8,29	1,43
BP 05B	4	13,75	4,03	61,31	18,00	6,07	1,75
BP 05C	4	17,00	3,37	68,66	9,24	6,84	1,29
BP 06	4	14,25	3,20	100,17	11,90	10,60	1,34
BP 06A	4	16,50	5,00	64,66	6,25	7,48	0,54
BP 06M	4	16,00	2,71	60,02	10,22	7,12	0,96
BP 07B alt	4	18,00	2,45	93,11	7,79	9,41	0,22
BP 07R	4	16,75	1,71	91,39	11,21	9,94	1,25
BP 08	4	16,00	3,56	114,02	19,12	11,87	2,10
BP 08A	4	17,25	2,87	80,11	9,95	10,45	4,54
BP 10	4	15,75	1,71	91,63	12,08	8,97	1,35
BP 11	4	14,50	2,65	94,24	3,47	9,52	0,30
BP 11R	4	15,00	3,56	80,56	10,40	8,91	0,83
BP 12	4	20,00	1,41	90,46	12,32	8,19	1,02
BP 13N	4	15,75	2,63	103,81	10,19	10,52	1,16
BP 13Z	4	16,25	2,22	107,80	11,79	11,54	1,55
	80	16,43	2,92	89,52	24,36	9,39	2,60



Enkele monsters van de Broekpolder op dag 28 (einde test)

Bijlage 16

Veldwaarnemingen

Beknopte waarnemingen zoals gedaan tijdens veldbezoeken tussen 15 en 22 september 2008.

Monsterco-de	Ongewervelden	Gewervelden (excl. vogels)	Vogels*	Opmerkingen
Triade en Grondwateronderzoek				
BP 01	matige hoeveelheid bodemfauna: duizendpoten, miljoenpoten, pissebedden, grote wegslak, mieren, wolfspinnen	bruine kikker, bosmuis (juv.)		zeer weinig regenwormen: te droge, losse grond. Enkele regenwormen getrild voor bioaccumulatiemetingen
BP 04B	redelijke hoeveelheid bodemfauna: loopkevers, pissebedden, duizendpoten, miljoenpoten, naaktslakken	bruine kikker	heggenmus, grote gele kwikstaart, torenvalk, zwarte mees, havik	havik probeert torenvalk te pakken
BP 04D	matige hoeveelheid bodemfauna: miljoenpoten, duizendpoten, pissebedden, loopkevers, naaktslakken	bruine kikker	tjiftjaf	
BP 05B	matige hoeveelheid bodemfauna: miljoenpoten, duizendpoten, pissebedden, kortschildkevers, cicaden, schildpadkever		sperwer, tjiftjaf	
BP 05C	matige hoeveelheid bodemfauna: sabelsprinkhaan, miljoenpoten, duizendpoten, pissebedden, loopkevers		havik (♂), zwarte mees, tjiftjaf, putter	
BP 06	weinig bodemfauna: miljoenpoten, duizendpoten, loopkevers, kortschildkevers, pissebedden		tjiftjaf, staartmees, grote bonte specht	regenwormen vnl. in bovenlaag aanwezig, maar zeer klein
BP 06A	weinig bodemfauna: miljoenpoten, duizendpoten, kortschildkevers, mieren (nest opgegraven bij wormenmonster), wolfspinnen		watersnip, goudhaan, vuurgoudhaan, grote bonte specht, tjiftjaf, winterkoning, roodborst, buizerd, sijs	wormen bevinden zich allemaal in wortelzone
BP 06M	vrijwel geen bodemfauna: miljoenpoten, loopkevers, mieren		tjiftjaf	
BP 07B alt	matige hoeveelheid bodemfauna: pissebedden, miljoenpoten, loopkevers, vleugelloze vlieg, bont zandoogje, atalanta	konijn, bruine kikker, kleine watersalamander	staartmees, winterkoning, pimpelmees, grote bonte specht	regenwormen alleen in strooisellaag aanwezig
BP 07R	lage hoeveelheid bodemfauna: pissebedden, duizendpoten, mijoenpoten, hommels, slakken, loopkevers, kortschildkevers		rietgors, zwarte mees, buizerd, winterkoning, tjiftjaf, zanglijsters	met trillen en uitzoeken geen regenwormen gevonden
BP 08	matige hoeveelheid bodemfauna: duizendpoten, miljoenpoten, pissebedden, loopkevers, kortschildkevers		winterkoning, tjiftjaf, sijs, zanglijster, vink, zwarte mees	regenwormen trillen niet mogelijk vanwege losse bodemstructuur
BP 08A	lage hoeveelheid bodemfauna: miljoenpoten, duizendpoten, cicaden		appelvink, tjiftjaf, winterkoning, grote bonte specht, koolmees, heggenmus	Enkele regenwormen getrild voor bioaccumulatiemetingen
BP 10	redelijk grote hoeveelheid bodemfauna: pissebedden, wegslakken, wolfspinnen, duizendpoten, miljoenpoten, schorpioenvlieg, groot koolwitje, klein koolwitje		zwarte mees, vuurgoudhaan, heggenmus	
BP 11	grote hoeveelheid bodemfauna: springstaarten, duizendpoten, spinnen, miljoenpoten, pissebedden, potwormen	bruine kikker	sperwer, fazant, staartmees, pimpelmees, tjiftjaf	
BP 11R	atalanta, klein koolwitje, groot koolwitje, gehakkelde aurelia, kleine vos, gammauiltje, kleine vuurvlinder, bont zandoogje; relatief grote hoeveelheid bodemfauna: groefbijen, mieren, wantsen, loop- en kortschildkevers, duizendpoten, miljoenpoten, pissebedden	veldmuis	boomvalk, havik (juv.), buizerd, bonte vliegenvanger, tjiftjaf, zwartkop	Groefbijen- en mierennest opgegraven bij zoeken naar regenwormen
BP 12	lage hoeveelheid bodemfauna: miljoenpoten, duizendpoten, loopkevers, pissebedden		bonte vliegenvanger, pimpelmees, koolmees, tjiftjaf, roodborst	groot deel van de regenwormen in diapauze; locatie vergelijkbaar met plot 13Z
BP 13N	relatief grote hoeveelheid bodemfauna: pissebedden, duizendpoten, miljoenpoten, loopkevers, kortschildkevers, spinnen; grote regenwormen (voor soorten)		vuurgoudhaan, tjiftjaf, groene specht, zwartkop, winterkoning, roodborst	
	lage hoeveelheid bodemfauna; pissebedden, duizendpoten, miljoenpoten		goudhaan	groot deel van de regenwormen in diapauze; locatie vergelijkbaar met plot 12

Vervolg:

Monstercode	Ongewervelden	Gewervelden (excl. vogels)	Vogels*	Opmerkingen
Fysisch-chemische grondonderzoek				
BP 03A			vink	
BP 03B	bont zandoogje, bruinrode heidelibel		putter, groenling, sperwer	
BP 08B			staartmees, sperwer, zanglijster	
BP 08C			staartmees, sperwer, zanglijster	ondanks droge grond wel regenwormen (lumbricus sp) aanwezig
BP 09A	diverse libellen	bruine kikker	grote bonte specht	
BP 09B			zanglijster	
BP 11A				

**op vrijwel alle plekken zijn ook zeer algemene soorten als merel, ekster, gaai, zwarte kraai, koolmees, pimpelmees en houtduif waargenomen. Deze zijn daarom niet expliciet in deze tabel opgenomen.*

Bijlage 17

Vegetatieopname

Opnamenr.		6A	6M	7B	7R	8	8A
Opmerking		Duinnietweide met veel Blauwe knoop, hier met opslag van Essen. 10x10m.	Toorsenveld: Een Duinnietweide met veel Duinelementen incl Blauwe knoop.10x10m.	Vervanging van het oorspronkelijk plot ivm ongeschiktheid van de bodem aldaar voor bodemfauna Boomlaag tot 20m, slechts enkele levende Populieren, veel dode, geen struiklaag. Kruidlaag tot 1,5m. 10x10m.	Ruigte overwoekerd door Haagwinde met veel Rietgras, Harig wilgenroosje en Grote brandnetel. 5x5m	Vliesstruweel met Brandnetel. Struiklaag van Vlier tot 6m, kruidlaag van Brandnetel tot 1,5m 10x10m	Zeer open Populierenbos met slechts een gering aantal Grote bomen. Veel afgestorven stammen. Op open plekken veel Brandnetel en Vlier. Mantelzone van Kornoelje. Boomlaag 25m. Struiklaag 6m. Kruidlaag 1,5m. 10x10m.
x-coordinaat		81,607	82,060	81,857	81,975	81,428	81,220
y-coordinaat		438,288	438,377	439,184	438,841	438,527	439,086
% boomlaag				20,0			25
% struiklaag					<1	25	60
% kruidlaag		98,0	98,0	95,0	100,0	90	30
% mos		5,0	<1	<1		<1	<1
Totale bedekking		98,0	98,0	100	100	100	90
Wetenschappelijke naam	Nederlandse naam						
Acer campestre	Spaanse aak						
Acer pseudoplatanus	Gewone esdoorn						2
Agrostis stolonifera	Fioringras			2			
Alliaria petiolata	Look zonder look						
Alnus glutinosa	Zwarte els						
Anthriscus sylvestris	Fluitenkruid						
Arctium minus	Gewone klit						
Armoracia rusticana	Mierikswortel						
Arrhenatherum elatius	Glanshaver						
Atriplex prostrata	Spiesmelde						
Brassica nigra	Zwarte mosterd						
Brassica rapa	Raapzaad						
Calamagrostis canescens	Hennegras						
Calamagrostis epigejos	Dunnet	9	9		5		
Calliergonella cuspidata	Puntmos		2	2		2	
Calystegia sepium	Haagwinde				8	5	
Cardamine hirsuta	Kleine veldkers					0	
Carduus crispus	Kruldistel	1		2		1	
Carex hirta	Ruige zegge	2	1				
Centaurium erythraea	Echt duizendguldenkruid		1				
Chamerion angustifolium	Wilgenroosje	2					
Chenopodium ficifolium	Stippelganzenvoet						
Cirsium arvense	Akkerdistel	2	2	2	2	2	
Cirsium vulgare	Speerdistel						
Cornus sanguinea	Rode kornoelje				1		
Cornus sericea (incl alba)	Canadese kornoelje						4
Corylus avellana	Hazelaar						
Crataegus monogyna	Eenstijlige meidoorn				1		6
Dactylis glomerata	Kropaar						
Dactylorhiza majalis praetermissa	Rietorchis		2				
Daucus carota	Wilde peen		2				
Dipsacus fullonum	Grote kaardebol			1			
Elytrigia repens	Kweek			2	2		
Epilobium ciliatum	Bekkerde basterdwederik						
Epilobium hirsutum	Harig wilgenroosje				8	2	
Epilobium parviflorum	Vlittige basterdwederik						
Epilobium tetragonum	Kantige basterdwederik						
Epipactis helleborine	Brede wespenorchis						
Equisetum arvense	Heermoes	2					
Euonymus europaeus	Wilde kardinaalsmuts						2
Eupatorium cannabinum	Koninginnekruid	2					
Festuca rubra	Rood zwenkgras	5	5				
Fraxinus excelsior	Es	2					
Galeopsis tetrahit	Gewone hennepnetel	1					
Galium aparine	Kleefkruid			2		2	2
Glechoma hederacea	Hondsdraf	2		2			
Heracleum mantegazzianum	Reuzenberenklauw					0	
Heracleum sphondylium	Gewone berenklauw						0
Holcus lanatus	Gestreepte witbol		2	2			
Hypericum perforatum	Sint-Janskruid		4				
Jacobaea vulgaris vulgaris	Jacobskruiskruid	2	2	2			
Juncus inflexus	Zeegroene rus						
Laddemos							2
Lamium album	Witte dovenetel						
Leucanthemum vulgare	Gewone margriet	2	2				
Lolium perenne	Engels raaigras			2			
Lonicera periclymenum	Wilde kamperfoelie						2
Moehringia trinervia	Drenerfmuur						
Mos sp.		5					
Myosotis discolor	Veelkleurig vergeet-mij-nietje						
Oenothera parviflora (incl oakesiana en deflaxa)	Kleine teunisbloem	2	3				
Persicaria amphibia	Veenwortel						
Persicaria maculosa	Perzikkruid						
Phalaris arundinacea	Rietgras			2	7		
Phleum pratense pratense	Timoteegras						
Phragmites australis	Riet	2		2	2		
Poa trivialis	Ruw beemdgras			2			
Populus canadensis	Canadapopulier			6			6
Potentilla anserina	Zilverschoon						
Prunus avium	Zoete kers						
Prunus padus	Gewone vogelkers	1					
Ranunculus acris	Scherpe boterbloem						
Ranunculus repens	Kruipende boterbloem						
Rosa canina	Hondsroos		2				
Rubus fruticosus	Gewone braam						
Rumex conglomeratus	Kluwenzuring						
Rumex obtusifolius	Ridderzuring				2		
Salix alba	Schietwilg						
Sambucus nigra	Gewone vlier					6	6
Sambucus nigra laciniata	Peterselievlier						1
Silene dioica	Dagkoekoeksbloem	2	1				
Silene vulgaris	Blaassiene		2				
Solanum dulcamara	Bitterzoet						
Sonchus asper	Gekroesde melkdistel						
Sonchus oleraceus	Gewone melkdistel						
Sonchus palustris	Moerasmelkdistel						1
Sorbus aucuparia	Wilde lijsterbes						
Stachys palustris	Moerasandoorn				2		
Stellaria media	Vogelmuur						
Succisa pratensis	Blauwe knoop	3	2				
Symphytum officinale	Gewone smeerwortel					1	
Taraxacum officinale	Gewone paardenbloem						
Tussilago farfara	Klein hoefblad						
Ulmus sp	Iep						
Urtica dioica	Grote brandnetel	2	2	9	7	9	7
Verbascum phlomoides	Keizerskaars	1	1				
Viburnum opulus	Gelderse roos						0
	aantal soorten/opname	21	19	16	12	11	13

Opnamenr		10	11	11R	12	13N	13Z
Opmerking		Klein bosje met zeer open boomlaag en een dikke kruis struiklaag met veel Brandnetel 5x10, want in een langwerpig bosje. Boomlaag tot 10m, struiklaag tot 3 m, kruidlaag (vooral Brandnetel) tot 1,5m	10x10m Struiklaag (Vlier) tot 6 m, Kruidlaag (vooral Brandnetel) tot 2m	Helling 30 graden; expositie ZO: 5x5m	Boomlaag tot 25m, Struiklaag tot 5m, Kruidlaag tot 1,25m. Veel kale grond met dode takken. 10x10m	Struiklaag ijl, tot 5m, Kruidlaag tot 2m 10x10m	Boomlaag tot 20m, Struiklaag tot 7m, kruidlaag tot 60 cm. 5x20m
x-coordinaat		81,445	81,079	80,920	81,015	82,123	82,865
y-coordinaat		439,589	438,510	438,232	439,300	439,418	438,015
% boomlaag		15			80		90
% struiklaag		10	20		33	5	33
% kruidlaag		85	90	100,0	2,5	98	10
% mos			30		5	15	10
Totale bedekking		98	100	100,0	100	100	98
Wetenschappelijke naam	Nederlandse naam						
Acer campestre	Spaanse aak	1				1	3
Acer pseudoplatanus	Gewone esdoorn	5			5		7
Agrostis stolonifera	Fioringras	2		1			
Alliaria petiolata	Look zonder look						
Alnus glutinosa	Zwarte els						3
Anthriscus sylvestris	Fluitenkruid	2			2		1
Arctium minus	Gewone klit	1					
Armoracia rusticana	Mierikswortel					0	
Arrhenatherum elatius	Glanshaver			4		2	
Atriplex prostrata	Spiesmelde	0					
Brassica nigra	Zwarte mosterd	1					
Brassica rapa	Raapzaad			1			
Calamagrostis canescens	Hennegras					2	
Calamagrostis epigejos	Duinriet						
Calliergonella cuspidata	Puntmos		7			6	
Calystegia sepium	Haagwinde		6			5	
Cardamine hirsuta	Kleine veldkers				2		
Carduus crispus	Kruldistel					1	
Carex hirta	Ruige zegge			4			
Centaurium erythraea	Echt duizendguldenkruid						
Chamerion angustifolium	Wilgenroosje						
Chenopodium ficifolium	Stippelganzenvoet	0					
Cirsium arvense	Akkerdistel		2	6		5	
Cirsium vulgare	Speerdistel	0					
Cornus sanguinea	Rode kornoelje	5			2		
Cornus sericea (incl alba)	Canadese kornoelje						
Corylus avellana	Hazelaar	1			5		
Crataegus monogyna	Eenstijlige meidoorn					1	2
Dactylis glomerata	Kropaar						
Dactylorhiza majalis praetermissa	Rietorchis						
Daucus carota	Wilde peen						
Dipsacus fullonum	Grote kaardebol						
Elytrigia repens	Kweek			5		2	
Epilobium ciliatum	Beklierde basterdwedenk	2					
Epilobium hirsutum	Hang wilgenroosje	1				5	
Epilobium parviflorum	Vlitige basterdwedenk						
Epilobium tetragonium	Kantige basterdwedenk	1					
Epipactis helleborine	Brede wespenorchis				0		
Equisetum arvense	Heermoes					2	
Euonymus europaeus	Wilde kardinaalsmuts						
Eupatorium cannabinum	Koningsnekruid	0				3	
Festuca rubra	Rood zwenkgras			7			
Fraxinus excelsior	Es	1			9	1	7
Galeopsis tetrahit	Gewone hennepnetel						
Galium aparine	Kleefkruid					3	
Glechoma hederacea	Hondsdraf						
Heracleum mantegazzianum	Reuzenberenklauw						6
Heracleum sphondylium	Gewone berenklauw	3					
Holcus lanatus	Gestreepte witbol			2			
Hypericum perforatum	Sint-Janskruid						
Jacobaea vulgaris vulgaris	Jacobskruiskruid						
Juncus inflexus	Zeegroene rus						
Laddermos					2		5
Lamium album	Witte dovenetel						
Leucanthemum vulgare	Gewone margriet						
Lolium perenne	Engels raaigras						
Lonicera periclymenum	Wilde kamperfoelie						
Moehringia trinervia	Drenerfmuur		0				
Mos sp					4		
Myosotis discolor	Veelkleurig vergeet-mij-nietje						
Oenothera parviflora (incl oakesiana en deflaxa)	Kleine teunisbloem						
Persicaria amphibia	Veenwortel			1			
Persicaria maculosa	Perzikkruid	0					
Phalaris arundinacea	Rietgras			2		3	
Phleum pratense pratense	Timoteegras			5			
Phragmites australis	Riet		0			3	
Poa trivialis	Ruw beemdgras						
Populus canadensis	Canadapopulier	3					
Potentilla anserinsa	Zilverschoon			0			
Prunus avium	Zoete kers	5			1		
Prunus padus	Gewone vogelkers						
Ranunculus acris	Scherpe boterbloem	1		2			
Ranunculus repens	Kruipende boterbloem			2			
Rosa canina	Hondsroos						
Rubus fruticosus	Gewone braam						
Rumex conglomeratus	Kluwenzuring						
Rumex obtusifolius	Ridderzuring			2			
Salix alba	Schietwilg						5
Sambucus nigra	Gewone vlier	5	6		3		5
Sambucus nigra laciniata	Peterselievlier						
Silene dioica	Dagkoekoeksbloem						
Silene vulgans	Blaassilene						
Solanum dulcamara	Bitterzoet	2					
Sonchus asper	Gekroesde melkdistel	0					
Sonchus oleraceus	Gewone melkdistel	1					
Sonchus palustris	Moerasmelkdistel						
Sorbus aucuparia	Wilde lijsterbes	1					
Stachys palustris	Moerasandoorn						
Stellaria media	Vogelmuur						
Succisa pratensis	Blauwe knoop						
Symphytum officinale	Gewone smeerwortel					2	
Taraxacum officinale	Gewone paardenbloem			2			
Tussilago farfara	Klein hoefblad						
Ulmus sp	Iep						3
Urtica dioica	Grote brandnetel	9	8	2	4	7	2
Verbascum phlomoides	Keizerskaars						
Viburnum opulus	Gelderse roos				1		
	aantal soorten/opname	25	7	17	12	18	10

Bijlage 18

Nematodeninventarisatie

Tabel 1 Verdeling over de aangetroffen taxa in # 100 g grond

Taxon	BP 1	BP 4B	BP 4D	BP 5B	BP 5C	BP 6	BP 6A	BP 6M	BP 7B	BP 7R	BP 8	BP 8A	BP 10	BP 11	BP 11R	BP 12	BP 13N	BP 13Z
Achromadora	0	0	0	0	0	15	15	11	23	8	9	0	11	26	0	0	0	0
Neodiplogasteridae	0	0	0	7	0	0	0	11	0	0	0	0	23	0	0	0	0	0
Rhabditidae	116	63	502	49	92	89	37	34	68	25	47	36	148	192	45	52	136	49
Acrobeles	0	0	0	0	0	0	88	68	0	0	0	12	23	0	0	0	0	0
Acrobeloides	0	0	19	7	92	15	7	23	0	0	9	12	34	26	45	21	68	0
Anaplectus	50	0	0	14	0	15	0	0	23	16	0	0	23	38	0	10	14	0
Cervidellus	17	0	0	0	0	0	29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Eucephalobus	132	172	309	218	13	59	15	125	285	189	170	36	274	167	23	83	163	69
Heterocephalus	0	0	0	0	0	0	0	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Eumonhystera	33	0	0	0	13	0	0	0	11	0	0	0	11	26	0	0	0	0
Plectus	33	0	19	42	144	74	44	45	80	74	9	0	205	103	23	21	54	0
Wilsonema	17	0	0	0	0	0	0	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bastiania	17	0	0	0	13	0	15	11	11	0	9	36	11	0	0	0	0	0
Prismatolaimus	17	0	0	28	0	15	7	11	11	0	0	0	34	0	11	0	27	0
Teratocephalus	17	0	0	0	0	0	15	0	11	0	0	12	23	0	0	0	14	0
Alaimus	0	0	0	0	0	30	22	0	0	0	0	12	0	0	0	0	14	0
Mononchidae	33	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	0	0	0	0	0	0
Mylonchulus	0	8	0	14	66	74	22	68	0	41	28	0	0	26	0	10	14	10
Aporcelaimellus	17	16	0	14	0	0	0	11	0	8	19	0	11	13	56	31	14	0
Thornenematnae	0	0	0	0	13	0	0	0	0	16	0	0	0	38	34	0	0	0
Mesodorylaimus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	38	23	0	0	0
Daurlarve	0	8	0	7	0	0	15	57	365	41	0	12	0	13	0	10	0	0
Dorylaimoidea	50	0	0	42	144	30	44	23	11	49	0	12	34	103	90	0	54	10
Paratylenchus	1007	149	232	0	0	342	22	0	285	82	123	825	126	77	542	146	54	196
Psilenchus	0	0	0	28	0	0	0	0	0	0	0	0	11	0	0	0	14	0
Tylenchidae	99	743	1661	366	433	149	29	79	148	41	57	206	251	77	282	83	231	69
Criconematidae	165	0	0	0	0	15	51	23	0	16	9	49	11	38	169	0	14	59
Dolichodoridae	0	0	0	0	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Helicotylenchus	0	0	0	0	66	0	169	113	0	57	76	0	0	13	56	21	448	20
Hemicycliophora	0	0	19	0	250	74	7	0	0	33	0	0	11	0	0	0	109	0
Heterodera larven	0	16	39	0	0	0	0	0	34	8	9	0	0	128	0	0	54	0
Meloidogyne	66	0	0	0	0	0	7	136	0	33	0	0	0	0	136	0	109	10
Pratylenchus	17	16	270	35	39	0	29	34	11	140	0	49	80	0	169	10	149	10
Rotylenchus	50	0	0	0	0	30	0	91	0	0	0	0	0	51	0	0	149	0
Tylenchorhynchus	0	0	97	211	604	0	272	23	217	8	66	24	331	0	56	10	41	20
Paratrichodorus	0	0	0	0	0	0	7	57	0	0	0	0	11	0	0	0	0	0
Trichodorus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	49	0	0	0	0	0	0
Longidorus	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Aphelenchoides	0	8	19	0	13	15	29	0	0	0	19	61	46	0	34	0	68	0
Aphelenchus	17	31	19	0	0	15	7	11	0	8	9	0	11	13	0	0	54	0
Tylolaimophorus	0	0	0	0	0	0	44	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Diphterophora	0	0	0	0	0	0	22	45	0	0	0	0	23	0	0	0	0	0
Totaal	1964	1243	3206	1083	2010	1054	1080	1133	1598	895	672	1456	1781	1205	1796	510	2065	520
Aantal taxa per 100g grond	20	12	12	15	16	17	28	25	16	20	16	17	25	20	17	13	24	11

Tabel 2 Verdeling over de cp klassen (in # 100 g grond) en de Maturity inices van de niet-planteparasieten.

cp klasse	BP 1	BP 4B	BP 4D	BP 5B	BP 5C	BP 6	BP 6A	BP 6M	BP 7B	BP 7R	BP 8	BP 8A	BP 10	BP 11	BP 11R	BP 12	BP 13N	BP 13Z
cp1	116	63	502	56	92	89	37	45	68	25	47	36	171	192	45	52	136	49
cp2	297	211	386	281	276	193	220	295	399	287	218	121	628	372	124	135	421	69
cp3	50	0	0	28	13	30	118	79	57	8	19	49	103	26	11	0	41	0
cp4	83	23	0	56	210	134	88	91	11	90	28	36	34	128	90	10	82	20
cp5	17	16	0	14	13	0	0	11	0	25	19	0	11	90	113	31	14	0
MI(1-5)	2,26	2,10	1,43	2,29	2,63	2,47	2,56	2,48	2,02	2,55	2,26	2,35	2,04	2,44	3,26	2,27	2,16	1,93
MI(1d-5)	2,26	2,07	1,43	2,27	2,63	2,47	2,51	2,33	1,61	2,41	2,26	2,29	2,04	2,42	3,26	2,22	2,16	1,93
MI(2-5)	2,59	2,38	2,00	2,48	2,92	2,83	2,69	2,62	2,17	2,64	2,47	2,59	2,26	2,90	3,57	2,65	2,44	2,44

Tabel 3 Verdeling over de cp klassen (in # 100 g grond) en de Plant Parasitaire Index van de planteparasieten.

cp klasse	BP 1	BP 4B	BP 4D	BP 5B	BP 5C	BP 6	BP 6A	BP 6M	BP 7B	BP 7R	BP 8	BP 8A	BP 10	BP 11	BP 11R	BP 12	BP 13N	BP 13Z
cp 2	1106	891	1893	394	433	490	51	79	434	123	180	1031	388	154	825	229	299	265
cp 3	297	31	425	246	972	119	536	419	263	296	161	121	434	231	587	42	1073	118
cp 4	0	0	0	0	0	0	7	57	0	0	0	49	11	0	0	0	0	0
cp 5	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PPI	2,21	2,03	2,18	2,38	2,69	2,20	2,95	2,96	2,38	2,71	2,47	2,18	2,55	2,60	2,42	2,15	2,78	2,31

Tabel 4 Verdeling over de voedselgroepen en cp klassen (in # 100 g grond).

Voedselgroep en cp klasse	BP 1	BP 4B	BP 4D	BP 5B	BP 5C	BP 6	BP 6A	BP 6M	BP 7B	BP 7R	BP 8	BP 8A	BP 10	BP 11	BP 11R	BP 12	BP 13N	BP 13Z
algeters cp 3	0	0	0	0	0	15	15	11	23	8	9	0	11	26	0	0	0	0
bacterie eters cp 1	116	63	502	56	92	89	37	45	68	25	47	36	171	192	45	52	136	49
bacterie eters cp 2	281	172	348	281	263	163	184	283	399	279	189	61	571	359	90	135	299	69
bacterie eters cp 3	50	0	0	28	13	15	37	23	34	0	9	49	68	0	11	0	41	0
bacterie eters cp 4	0	0	0	0	0	30	22	0	0	0	0	12	0	0	0	0	14	0
carnivoren cp 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
carnivoren cp 3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
carnivoren cp 4	33	23	0	14	66	74	22	68	0	41	28	12	0	26	0	10	14	10
carnivoren cp 5	17	16	0	14	13	0	0	11	0	25	19	0	11	90	113	31	14	0
dauerlarven	0	8	0	7	0	0	15	57	365	41	0	12	0	13	0	10	0	0
omnivoren cp 4	50	0	0	42	144	30	44	23	11	49	0	12	34	103	90	0	54	10
omnivoren cp 5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Planteneters cp 2	1106	891	1893	394	433	490	51	79	434	123	180	1031	388	154	825	229	299	265
Planteneters cp 3	297	31	425	246	972	119	536	419	263	296	161	121	434	231	587	42	1073	118
Planteneters cp 4	0	0	0	0	0	0	7	57	0	0	0	49	11	0	0	0	0	0
Planteneters cp 5	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
schimmeleters cp 2	17	39	39	0	13	30	37	11	0	8	28	61	57	13	34	0	122	0
schimmeleters cp 3	0	0	0	0	0	0	66	45	0	0	0	0	23	0	0	0	0	0
schimmeleters cp 4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabel 5 Verdeling over de voedselgroepen totaal (in # 100 g grond).

Voedselgroep	BP 1	BP 4B	BP 4D	BP 5B	BP 5C	BP 6	BP 6A	BP 6M	BP 7B	BP 7R	BP 8	BP 8A	BP 10	BP 11	BP 11R	BP 12	BP 13N	BP 13Z
algeters	0	0	0	0	0	15	15	11	23	8	9	0	11	26	0	0	0	0
bacterie eters	446	234	850	366	368	297	279	351	502	304	246	158	811	551	147	187	489	118
carnivoren	50	39	0	28	79	74	22	79	0	66	47	12	11	115	113	42	27	10
dauerlarven	0	8	0	7	0	0	15	57	365	41	0	12	0	13	0	10	0	0
omnivoren	50	0	0	42	144	30	44	23	11	49	0	12	34	103	90	0	54	10
plantenparasieten	1403	922	2318	640	1405	609	603	555	696	419	341	1201	833	384	1412	271	1372	383
schimmeleters	17	39	39	0	13	30	103	57	0	8	28	61	80	13	34	0	122	0
Totaal	1964	1243	3206	1083	2010	1054	1080	1133	1598	895	672	1456	1781	1205	1796	510	2065	520

Bijlage 19

Regenworminventarisatie

Aantallen en indicatief gewicht van regenwormen in de Broekpolder

	BP01			BP04B			BP04D			BP05B			BP05C			BP06		
	aantal	gram	gewicht per worm	aantal	gram	gewicht per worm	aantal	gram	gewicht per worm	aantal	gram	gewicht per worm	aantal	gram	gewicht per worm	aantal	gram	gewicht per worm
A. Caliginosa				9	6,4	0,71				33	16,24	0,49				9	4,73	0,53
A. Rosea				9	4	0,44				7	3,05	0,44						
A. Calignosa + Rosea adult							29	8,11	0,279655									
A. Calignosa + Rosea juv																		
Aporrectodea spec adult																		
Aporrectodea spec juv				53	10,54	0,20	92	9,67	0,105109	103	15,98	0,16				93	5,35	0,06
A. chlorotica juv + adult				130	14,07	0,11												
E. tetraedra				7	0,09	0,01	6	0,09	0,015									
L. castaneus adult	1	0,23	0,23	18	1,78	0,10	5	0,76	0,152							10	1,01	0,10
L. rubellus adult	7	1,88	0,27	11	2,09	0,19	7	3,37	0,481429	3	0,58	0,19	2	0,51	0,26	4	1,44	0,36
Lumbricus juv.				29	2,69	0,09	45	4,29	0,095333	12	0,94	0,08	17	2,07	0,12	46	2,51	0,05
A. longa																		
L. terrestris																		
D. rubidus adult																		
D. rubidus adult + juv																		
O. tyrtaeum tyrtaeum																		

	BP06A			BP06M			BP07B			BP07R			BP08			BP08A		
	aantal	gram	gewicht per worm	aantal	gram	gewicht per worm	aantal	gram	gewicht per worm	aantal	gram	gewicht per worm	aantal	gram	gewicht per worm	aantal	gram	gewicht per worm
A. Caliginosa													1	0,25	0,25			
A. Rosea																		
A. Calignosa + Rosea adult																		
A. Calignosa + Rosea juv																		
Aporrectodea spec adult																		
Aporrectodea spec juv	1	0,07	0,07	3	0,48	0,16												
A. chlorotica juv + adult																		
E. tetraedra																		
L. castaneus adult							1	0,22	0,22							9	1,38	0,15
L. rubellus adult	1	0,3	0,30	1	0,13	0,13	1	0,41	0,41				1	0,31	0,31	5	5,12	1,02
Lumbricus juv.	11	1,54	0,14	2	0,35	0,18												
A. longa													1	0,96	0,96			
L. terrestris																		
D. rubidus adult							13	1,26	0,10									
D. rubidus adult + juv																		
O. tyrtaeum tyrtaeum																		

	BP10			BP11			BP11R			BP12			BP13N			BP13Z		
	aantal	gram	gewicht per worm	aantal	gram	gewicht per worm	aantal	gram	gewicht per worm	aantal	gram	gewicht per worm	aantal	gram	gewicht per worm	aantal	gram	gewicht per worm
A. Caliginosa	2	1,04	0,52							9	4,18	0,46	49	23,62	0,48	10	3,9	0,39
A. Rosea										7	3,25	0,46						
A. Calignosa + Rosea adult							14	4,58	0,33	10	2,57	0,26						
A. Calignosa + Rosea juv							37	5,14	0,14									
Aporrectodea spec adult																		
Aporrectodea spec juv	9	3,29	0,37							59	11,84	0,20	75	19,14	0,26	50	8,25	0,17
A. chlorotica juv + adult	1	0,12	0,12				59	6,37	0,11	9	1,74	0,19				11	1,5	0,14
E. tetraedra										1	0,02	0,02						
L. castaneus adult				1	0,19	0,19				1	0,22	0,22	5	0,82	0,16			
L. rubellus adult	7	2,41	0,34	13	6,77	0,52	4	1,6	0,40							1 x		
Lumbricus juv.	3	0,32	0,11	11	0,43	0,04	11	1,97	0,18	10	0,91	0,09				13	2,48	0,19
A. longa	6	15,44	2,57							2	5,55	2,78	12	20,72	1,73			
L. terrestris										1	0,84	0,84				1	1,76	1,76
D. rubidus adult																		
D. rubidus adult + juv				15	0,8	0,05												
O. tyrtaeum tyrtaeum																		

Bijlage 20

Loopkeverinventarisatie

Nr	Soort	Ecologische groep	Biotoopvoorkeur		BP01	BP04B	BP04D	BP05B	BP05C	BP06	BP06A	BP06M	BP07B	BP07R	BP08
				Vang periode	15-09 / 08-10	18-09 / 08-10	17-09 / 08-10	17-09 / 08-10	17-09 / 08-10	18-09 / 08-10	18-09 / 08-10	17-09 / 08-10	18-09 / 08-10	18-09 / 08-10	18-09 / 08-10
30	Leistus ferrugineus	EU(B)	Vochtige bossen en oevers							7					2
31	Leistus fulvibarbis	D2	Droge, open plaatsen							7					6
34	Nebria brevicollis	EU(E)	Diverse begroeide en beschaduwde terreintypen		1					129					
38	Notiophilus biguttatus	EU(D)	Wat drogere bossen							1			2		
42	Notiophilus rufipes	D3	Vooral in loofbos												
50	Loricera pilicornis	EU(H)	Vrijwel overal waar het vochtig is		2			1							1
52	Clivina fossor	EU(H)	Vochtige, begroeide plaatsen										3		
56	Dyschirius globosus	EU(E)	Vochtige bodem, tussen gras en onder bladeren									1			
73	Trechus obtusus	EU(F)	Open, vaak iets vochtige grond		3	5		12	61		30	65	57	54	
74	Trechus quadristriatus	EU(G)	Spaarzaam begroeide plaatsen, zowel vochtig als droog					45						9	
	Trechus obtusus/quadristriatus							77							
77	Trechoblemus micros	EU(G)	Op vochtige plaatsen, ondergronds		1										
79	Asaphidion curtum	EU(G)	Lichte bossen en andere beschaduwde biotopen												
86	Bembidion lampros	EU(A)	Open, droge grond				1	29					1		
87	Bembidion properans	EU(H)	Open, droge of iets vochtige grond												
88	Bembidion obtusum	G3	Vrij open, matig vochtige, vaak kleilige grond									2			
114	Bembidion guttula	EU(G)	Vochtige, vaak dicht begroeide plaatsen zoals weilanden			1									1
136	Bembidion tetracolum	EU(H)	Zowel op vochtige als drogere plaatsen		1					1					1
149	Poecilus cupreus	H2	Niet te droge weilanden, akkers, beschaduwde biotopen en rietlanden				1								
153	Poecilus versicolor	EU(A)	Vooral op droge zandgrond, ook in weilanden en vochtiger plaatsen												
155	Pterostichus vernalis	EU(H)	Vochtige plaatsen als weilanden en oevers						61					13	2
159	Pterostichus oblongopunctatus	D2	Bossen		1										
161	Pterostichus niger.	EU(G)	Op niet te droge grond, vooral in lichte bossen en parken					2		14					
162	Pterostichus melanarius	EU(H)	Open, niet te droge grond, vooral op cultuurgrond				1			49					
170	Pterostichus strenuus	EU(G)	Vooral in vochtig loofbos, rietlanden en oeverbiotopen		1	6	18	15	38		2	1	69	26	
204	Agonum muelleri	EU(G)	Zowel vochtige als drogere biotopen, vooral op berneste akkers en weiden					15					1		
218	Amara plebeja	EU(G)	Op vochtige plaatsen tussen en op gras										1		
223	Amara communis	EU(G)	Op vrij droge tot vochtige grond, ook in beschaduwde terreintypen						3					1	
233	Amara ovata	G4	Open, droge grond										2		
250	Amara aulica	H2	Niet te open of te droge kruidenvegetaties, graslanden en ruderale plaatsen												
262	Metophonus rufibarbis	D1	Licht beschaduwde, humeuze plaatsen												
	Harpalus spec.										1				
313	Bradycellus verbasci	F2	Op vochtige plaatsen op zandgrond					12				2	1		
316	Stenolophus teutonus	Z(B)	Open, vochtige plaatsen en aan oevers op kiel- en veentbodem									1			
326	Badister bullatus	EU(E)	Niet te open terrein, zoals bossen en struweel												
327	Badister lacertosus	EU(E)	Vochtige, beschaduwde terreinen zoals niet te droge bossen en struweel			1									3
330	Badister sodalis	F2	Vochtige tot natte, kleilige loofbossen												1
350	Demetrias atricapillus	G4	Vaak onder dode planten in vegetaties met riet, grassen en/of zeggen						1						
354	Paradromius linearis	EU(B)	Open, droge, zandige terreinen									1			
	Totaal aantal:				**10**	**13**	**21**	**208**	**164**	**208**	**33**	**73**	**137**	**103**	**17**
	Aantal soorten				**7**	**4**	**4**	**9**	**5**	**7**	**3**	**7**	**9**	**5**	**8**

Bijlage 21

Slakkeninventarisatie

Streeplijst landslakken

waarnemer: Anton Roeloffzen

naam locatie: Broekpolder
nummer locatie: 256581
datum waarneming: 8 oktober 2008

x/y-coördinaten: 80-82/437-439
postcode:
datum determinatie: 16 november 2008 / 14-16 december 2008

wetenschappelijke naam	Nederlandse naam	nummers onderzoeksplots								nummers onderzoeksplots						
		BP04B	BP05B	BP06	BP08	BP10	BP11	BP11R	BP12	BP04D	BP06M	BP07B	BP07R	BP08A	BP13N	BP13Z
Succineidae																
Succinea putris	Gewone barnsteenslak											1				
Oxyloma sarsii	Tweeling-barnsteenslak									1						
Cochlicopidae																
Cochlicopa lubrica	Glanzende agaathoren													1		
Cochlicopa lubricella	Slanke agaathoren									1						
Vertiginidae																
Truncatellina cylindrica	Cylindrische korfslak									1						
Pupillidae																
Lauria cylindracea	Genaveld tonnetje	1														
Valloniidae																
Vallonia costata	Geribte jachthorenslak													1		
Vallonia excentrica	Scheve jachthorenslak							1								
Discinae																
Discus rotundatus	Boerenknoopje	3			2				2			2	3			2
Zonitidae																
Oxychilus alliarius	Look-glansslak	1	1				1	15							1	1
Oxychilus cellarius	Kelder-glansslak					1							1			
Limicidae	***Aardslakken***															
Limax maximus	Grote aardslak							1								
Limax flavus	Gelige aardslak							1								
Agriolimacidae																
Deroceras laeve	Waterige aardslak									1						
Deroceras reticulatum	Akker-aardslak		1												2	
Boettgerilla pallens	Wormslak	2														1
Helicidae																
Trichia hispida	Behaarde slak			2			1	2				3			1	
Cepea nemoralis	Gewone tuinslak										1					
	Totaal aantal	*7*	*2*	*2*	*2*	*1*	*2*	*20*	*2*	*4*	*1*	*6*	*4*	*2*	*4*	*4*
	Aantal soorten	*4*	*2*	*1*	*1*	*1*	*2*	*5*	*1*	*4*	*1*	*3*	*2*	*2*	*3*	*3*

Bijlage 22

Inventarisatie van overige bodemfauna

Soortgroep	Nederlandse naam Locatie ?	BP01	BP04B	BP04D	BP05B	BP05C	BP06	BP06A	BP06M	BP07B
	Vangperiode ?	15-09 / 08-10	18-09 / 08-10	17-09 / 08-10	17-09 / 08-10	17-09 / 08-10	18-09 / 08-10	18-09 / 08-10	17-09 / 08-10	18-09 / 08-10
Gastropoda	Slakken	0	7	4	2	0	2	0	2	7
Diplopoda	Miljoenpoten	70	60	5	52	80	56	214	800	93
Chilopoda	Duizendpoten	29	6	7	4	16	5	9	16	3
Araneae	Spinnen	40	18	29	57	70	18	90	200	21
Opiliones	Hooiwagens	68	70	34	44	132	64	10	31	12
Acarina	Mijten	0	0	4	2	6	32	0	0	6
Amphipoda	Vlokreeften	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Isopoda	Pissebedden	101	280	53	400	200	33	4	9	800
Collembola	Springstaarten	240	800	112	3	9	232	70	10	9
Dermaptera	Oorwormen	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Heteroptera	Wantsen	0	0	0	11	0	0	0	0	2
Lepidoptera	Vlinders (rupsen)	16	5	3	0	0	1	10	5	0
Diptera	Vliegen en muggen	246	120	160	40	60	50	20	24	280
Hymenoptera	Vliesvleugeligen	5	1	16	2	4	8	0	6	0
Formicidae	Mieren	1	0	0	1	0	0	16	30	0
Coleoptera	Kevers (exclusief loopkevers)	180	110	92	55	78	133	76	89	72
Coleoptera: Carabidae	Loopkevers	10	13	21	208	164	208	33	73	137
Lissotriton vulgaris	Kleine watersalamander	2	1	0	0	0	0	0	0	0
Bufo bufo	Gewone pad	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Totaal aantal	*1009*	*1491*	*540*	*881*	*819*	*842*	*552*	*1295*	*1442*
	Totaal, exclusief gewervelden	*1007*	*1490*	*540*	*881*	*819*	*842*	*552*	*1295*	*1442*
	Aantal soortgroepen	*13*	*12*	*12*	*13*	*10*	*12*	*10*	*12*	*11*
	Aantal soortgroepen, excl. gewervelden	*12*	*11*	*12*	*13*	*10*	*12*	*10*	*12*	*11*

Soortgroep	Nederlandse naam Locatie ?	BP07R	BP08	BP08A	BP10	BP11	BP11R	BP12	BP13N	BP13Z
	Vangperiode ?	18-09 / 08-10	18-09 / 08-10	16-09 / 08-10	16-09 / 08-10	15-09 / 08-10	15-09 / 08-10	16-09 / 08-10	15-09 / 08-10	16-09 / 08-10
Gastropoda	Slakken	5	3	2	1	2	33	4	7	4
Diplopoda	Miljoenpoten	24	19	300	45	34	17	400	20	68
Chilopoda	Duizendpoten	0	0	70	13	8	2	0	1	30
Araneae	Spinnen	36	59	20	44	29	56	21	52	2
Opiliones	Hooiwagens	37	69	56	114	55	1	70	55	6
Acarina	Mijten	4	44	120	0	9	0	2	22	18
Amphipoda	Vlokreeften	0	0	0	0	0	0	0	0	2
Isopoda	Pissebedden	800	271	133	133	66	9	133	400	69
Collembola	Springstaarten	10	200	1600	6	400	19	300	9	40
Dermaptera	Oorwormen	0	0	1	0	0	0	0	0	2
Heteroptera	Wantsen	6	4	0	4	2	0	0	0	0
Lepidoptera	Vlinders (rupsen)	0	7	2	2	1	3	1	10	0
Diptera	Vliegen en muggen	100	120	140	200	100	80	56	108	50
Hymenoptera	Vliesvleugeligen	8	6	4	10	0	12	4	0	10
Formicidae	Mieren	0	4	2	0	2	270	0	0	1
Coleoptera	Kevers (exclusief loopkevers)	87	87	300	236	25	63	133	86	77
Coleoptera: Carabidae	Loopkevers	103	17	74	132	4	19	43	11	9
Lissotriton vulgaris	Kleine watersalamander	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Bufo bufo	Gewone pad	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	Totaal aantal	*1220*	*910*	*2824*	*940*	*737*	*584*	*1168*	*782*	*388*
	Totaal, exclusief gewervelden	*1220*	*910*	*2824*	*940*	*737*	*584*	*1167*	*781*	*388*
	Aantal soortgroepen	*11*	*13*	*14*	*12*	*13*	*12*	*12*	*12*	*14*
	Aantal soortgroepen, excl. gewervelden	*11*	*13*	*14*	*12*	*13*	*12*	*11*	*11*	*14*

Bijlage 23

Bioaccumulatie van drins in regenwormen

Vetgehalte *Aporrectodea* spec. (n=3) op basis v 1,43% (±0,00)
<rapportagegrens
Ander geslacht dan voor overige analyses
Somparameters op basis van rapportagegrenzen (indien van toepassing)

Op basis van versgewicht

worm (soort of geslacht)	% dw worm	Locatie	concentratie in ng/g (op versgewicht)						
			aldrin	telodrin	isodrin	dieldrin	endrin	som 3	som 5
A. caliginosa	17%	BP 04B	0,15	10	0,16	49	6	55	65
A. calignosa + rosea adult	17%	BP 04D	0,15	8	0,15	41	2	43	52
A. caliginosa & rosea adult	16%	BP 05B	0,92	57	1,60	530	55	586	645
Lumbricus rubellus adult & Lumbricus sp. juv.	14%	BP 05C	0,50	20	0,50	160	2	162	183
A. caliginosa	16%	BP 06	0,87	7	0,22	77	4	82	89
Dendrodrilus rubidus adult	15%	BP 07B	1,10	91	1,10	1100	290	1391	1483
A. longa	16%	BP 10	1,40	32	0,61	250	10	261	294
A. calignosa + rosea adult	17%	BP 11R	0,21	1	0,21	4	1	5	6
A. calignosa + rosea adult	16%	BP 12	3,00	110	2,20	1600	62	1665	1777
A. caliginosa	14%	BP 13N	0,15	5	0,15	36	1	37	42
A. caliginosa	14%	BP 13Z	0,57	12	0,28	22	0	23	35

Op basis van drooggewicht

worm (soort of geslacht)	% dw worm	Locatie	concentratie in ng/g (op dw)						
			aldrin	telodrin	isodrin	dieldrin	endrin	som 3	som 5
A. caliginosa	17%	BP 04B	1	57	1	285	33	319	376
A. calignosa + rosea adult	17%	BP 04D	1	50	1	244	13	258	309
A. caliginosa & rosea adult	16%	BP 05B	6	351	10	3262	338	3606	3966
Lumbricus rubellus adult & Lumbricus sp. juv.	14%	BP 05C	4	146	4	1172	11	1186	1336
A. caliginosa	16%	BP 06	6	45	1	490	27	523	568
Dendrodrilus rubidus adult	15%	BP 07B	8	621	8	7507	1979	9494	10123
A. longa	16%	BP 10	9	203	4	1584	63	1656	1863
A. calignosa + rosea adult	17%	BP 11R	1	5	1	23	7	32	38
A. calignosa + rosea adult	16%	BP 12	19	697	14	10145	393	10557	11269
A. caliginosa	14%	BP 13N	1	35	1	254	4	259	295
A. caliginosa	14%	BP 13Z	4	89	2	162	3	169	260

Op basis van vetgehalte

worm (soort of geslacht)	% dw worm	Locatie	concentratie in ng/g vet						
			aldrin	telodrin	isodrin	dieldrin	endrin	som 3	som 5
A. caliginosa	17%	BP 04B	10	677	11	3419	391	3820	4508
A. calignosa + rosea adult	17%	BP 04D	10	586	10	2860	153	3024	3621
A. caliginosa & rosea adult	16%	BP 05B	64	3977	112	36977	3837	40878	44967
Lumbricus rubellus adult & Lumbricus sp. juv.	14%	BP 05C	35	1395	35	11163	105	11302	12733
A. caliginosa	16%	BP 06	61	488	15	5372	300	5733	6237
Dendrodrilus rubidus adult	15%	BP 07B	77	6349	77	76744	20233	97053	103479
A. longa	16%	BP 10	98	2233	43	17442	698	18237	20512
A. calignosa + rosea adult	17%	BP 11R	15	60	15	272	84	370	445
A. calignosa + rosea adult	16%	BP 12	209	7674	153	111628	4326	116163	123991
A. caliginosa	14%	BP 13N	10	349	10	2512	38	2560	2920
A. caliginosa	14%	BP 13Z	40	837	20	1535	27	1601	2458

Maximale waarden voor dieldrin-, aldrin- en endringehalten in regenworm (mg/kg nat) voor verschillende beschermingsniveau's
(op basis van OMEGA 6.1)

Stof	Hoog (HC5)	Gemiddeld (HC20)	Matig (HC50)
dieldrin	1,02	0,395	0,16
endrin	1,02	0,262	0,071
aldrin	1,02	0,115	0,014

Bijlage 24

Bioaccumulatie van metalen (Cd, Hg, Zn) in regenwormen

Metaalgehalten in regenworm Soort e/o geslacht	**Locatie**	**Cd** mg/kg dw	**Hg** mg/kg dw	**Zn** mg/kg dw
A. longa	BP 08	0,012	0,0014	0,95
A. longa	BP 10	0,087	0,0028	1,4
A. caliginosa	BP 13N	0,031	0,0044	1,2
A. caliginosa & A. rosea adult	BP 05B	0,023	0,0046	0,89
A. calignosa + rosea juv	BP 11R	0,0081	0,00063	0,81
Aporectodea spec juv	BP 04B	0,0624	0,0066	0,97
Aporectodea spec juv	BP 04D	0,025	0,0059	0,77
Aporectodea spec juv	BP 06	0,074	0,0048	1,2
Aporectodea spec juv	BP 12	0,027	0,0033	0,56
Aporectodea spec juv	BP 13Z	0,032	0,0063	0,86
Lumbricus rubellus adult	BP 01	0,122	0,00095	0,98
Lumbricus rubellus adult	BP 08A	0,116	0,0013	1,1
Lumbricus rubellus adult	BP 11	0,075	0,0021	0,94
Lumbricus rubellus adult & Lumbricus juv.	BP 06A	0,028	0,00072	0,6

Totaalgehalte in bodem

	cadmium mg/kgds	kwik mg/kgds	zink mg/kgds
BP 08 Triade	18	4,7	1000
BP 10 Triade	3,5	1,2	300
BP 13N Triade	2,1	1	290
BP 05B Triade	2,5	1,4	290
BP 11R Triade	0,35	0,1	40
BP 04B Triade	3,5	2,1	360
BP 04D Triade	4,5	2,9	550
BP 06 Triade	5,8	2,3	480
BP 12 Triade	4	4,2	460
BP 13Z Triade	4,3	2,7	510
BP 01 Triade	4,2	1,6	340
BP 08A Triade	15	4	910
BP 11 Triade	16	4,5	930
BP 06A Triade	0,35	0,1	41

Vergelijking
[Regenwormgehalte] / [totaalgehalte bodem]x100%

	cadmium	kwik	zink
BP 08 Triade	0,07%	0,03%	0,10%
BP 10 Triade	2,49%	0,23%	0,47%
BP 13N Triade	1,48%	0,44%	0,41%
BP 05B Triade	0,92%	0,33%	0,31%
BP 11R Triade	2,31%	0,63%	2,03%
BP 04B Triade	1,78%	0,31%	0,27%
BP 04D Triade	0,56%	0,20%	0,14%
BP 06 Triade	1,28%	0,21%	0,25%
BP 12 Triade	0,68%	0,08%	0,12%
BP 13Z Triade	0,74%	0,23%	0,17%
BP 01 Triade	2,90%	0,06%	0,29%
BP 08A Triade	0,77%	0,03%	0,12%
BP 11 Triade	0,47%	0,05%	0,10%
BP 06A Triade	8,00%	0,72%	1,46%

Bijlage 25

Uitkomsten RIVM-methodiek

Bos (referentielocatie 06)

	BP 06 = referentie	BP 01	BP 10	BP 12	BP 13Z	BP 08A	BP 07B
Microtox	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Plantkiemings- en reproductie	0,00	0,24	0,06	-0,08	-0,05	-0,19	-0,12
Toxicologie	**0,00**	**0,24**	**0,06**	**-0,08**	**-0,05**	**-0,19**	**-0,12**
Bacteriële groei	0,00	0,31	0,28	0,29	0,54	0,26	0,19
Biolog	0,00	0,42	0,20	0,15	0,40	0,07	0,24
Nematoden	0,00	0,32	0,37	0,39	0,44	0,15	0,21
MI2-5 nematoden	0,00	0,08	0,20	0,07	0,14	0,09	0,23
Regenwormen	0,00	0,83	0,56	0,45	0,31	0,71	0,77
Vegetatie	0,00	0,32	0,48	0,08	0,23	0,00	0,19
Bodemfauna	0,00	0,09	0,05	0,19	0,37	0,49	0,27
Slakken	0,00	nb	0,29	0,00	0,59	0,29	0,67
Loopkevers	0,00	0,78	0,20	0,55	0,79	0,40	0,28
Ecologie	**0,00**	**0,99**	**0,96**	**0,94**	**1,00**	**0,97**	**0,99**
msPAF (worst case)	0,40	0,44	0,51	0,64	0,65	0,70	0,98
msPAF doorvergiftiging van regenwormeters	0,01	nb	0,11	0,67	0,00	nb	0,63
Chemie	**0,41**	**0,44**	**0,57**	**0,88**	**0,65**	**0,70**	**0,99**
Geïntegreerd risico	**0,16**	**0,87**	**0,76**	**0,80**	**0,89**	**0,77**	**0,95**
standaard deviatie	*0,41*	*0,68*	*0,78*	*0,99*	*0,92*	*1,05*	*1,11*

nb=niet gemeten

Ruigte (referentielocatie 13N)

	BP 13N = referentie	BP 04B	BP 05C	BP 04D	BP 11	BP 05B	BP 08	BP 07R
Microtox	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Plantkiemings- en reproductie	0,00	0,28	0,30	0,10	0,17	0,50	0,10	0,00
Toxicologie	0,00	0,28	0,30	0,10	0,17	0,50	0,10	0,00
Bacteriële groei	0,00	0,28	0,47	0,20	0,15	0,35	0,29	0,25
Biolog	0,00	0,35	0,28	0,23	0,28	0,17	0,44	0,08
Nematoden	0,00	0,45	0,19	0,43	0,30	0,43	0,53	0,40
MI2-5 nematoden	0,00	0,03	-0,20	0,18	-0,19	-0,02	-0,01	-0,08
Regenwormen	0,00	0,44	0,88	0,38	0,67	0,20	0,92	
Vegetatie	0,00	0,44	0,17	0,56	0,61	0,00	0,39	0,33
Bodemfauna	0,00	0,28	0,07	0,20	0,11	0,13	0,15	0,20
Slakken	0,00	0,35	nb	0,13	0,42	0,42	0,59	0,18
Loopkevers	0,00	0,08	0,77	0,28	0,40	0,85	0,43	0,71
Ecologie	0,00	0,97	0,99	0,96	0,98	0,98	1,00	0,94
msPAF (worst case)	0,29	0,40	0,52	0,53	0,61	0,65	0,73	0,89
msPAF doorvergiftiging van regenwormeters	0,00	0,00	0,05	0,00	nb	0,31	nb	nb
Chemie	0,29	0,40	0,54	0,53	0,61	0,76	0,73	0,89
Geïntegreerd risico	0,11	0,76	0,86	0,74	0,81	0,87	0,92	0,82
standaard deviatie	*0,29*	*0,63*	*0,61*	*0,75*	*0,71*	*0,42*	*0,80*	*0,92*

nb=niet gemeten

Grasland (referentielocatie 06A)

	BP 06A = referentie	BP 11R	BP 06M
Microtox	0,00	0,00	0,00
Plantkiemings- en reproductie	0,00	0,24	0,08
Toxicologie	0,00	0,24	0,08
Bacteriële groei	0,00	0,68	0,08
Biolog	0,00	0,22	0,22
Nematoden	0,00	0,40	0,08
MI2-5 nematoden	0,00	-0,33	0,03
Regenwormen	0,00	0,81	0,39
Vegetatie	0,00	0,19	0,10
Bodemfauna	0,00	0,11	0,40
Slakken	0,00	0,00	0,00
Loopkevers	0,00	0,54	0,56
Ecologie	0,00	0,99	0,91
msPAF (worst case)	0,17	0,17	0,52
msPAF doorvergiftiging van regenwormeters	nb	0,00	nb
Chemie	0,17	0,17	0,52
Geïntegreerd risico	0,06	0,80	0,65
standaard deviatie	*0,17*	*0,79*	*0,72*

nb=niet gemeten

Bijlage 26

Molleninventarisatie

Notitie

DCMR milieudienst Rijnmond

Aan
Koos Jager, Anja Derksen, Thijs de Kort

Kopie aan
Martin Edelman

Datum	Documentnummer	Project	Auteur
23 maart 2009		bodemeco-onderzoek Broekpolder	Anton Roeloffzen

Onderwerp
Veldonderzoek naar de aanwezigheid van mollen in de bodem van de voormalige baggerloswal Broekpolder in de gemeente Vlaardingen

1. Inleiding

In de nazomer van 2008 is gestart met een bodemecologisch onderzoek in de voormalige baggerloswal Broekpolder met de volgende doelstellingen:
- Het nauwkeuriger spuitvakgewijs bepalen in hoeverre er sprake is van bodemverontreiniging, die met spoed moet worden gesaneerd vanwege ecologische risico's. Er zijn niet en wel ernstige vakken, en ze zijn al dan niet met drins verontreinigd. Waarschijnlijk zijn vooral drins gevaarlijk voor mollen, omdat door bioaccumulatie in regenwormen doorvergiftiging optreedt.
- Het verkrijgen van meer inzicht in de mogelijkheden voor een fasegewijze aanpak van een eventueel noodzakelijke bodemsaneringsoperatie (aanbrengen leeflaag).

Op basis van een nader onderzoek is in een Wbb-beschikking van 1998 de gehele loswal urgent verklaard om ecologische redenen, met een maximale uitsteltermijn voor sanering van 10 jaar.

Als onderdeel van het bodemecologische onderzoek is het onderzoeksgebied visueel geïnspecteerd op de aanwezigheid van molshopen en mollengangen. Deze inspectie is uitgevoerd in de periode februari-maart, omdat mollen dan op zoek gaan naar een vrouwtje om te paren en dan de meest actief zijn met het graven van gangen.
De aanwezigheid van gangen en/of molshopen zal worden gerelateerd aan de volgende gegevens:
- het type bodemmateriaal en de grondwaterstand;
- de vraag of de bodem ter plekke (ook) is verontreinigd met drins, dan wel alleen (al dan niet ernstig) verontreinigd met zware metalen;
- de aanwezige vegetatie en het beheer (wel/niet intensief maaien met al dan niet zware machines).

In relatie met de andere verzamelde gegevens over de bodemfauna in het gebied, waaronder de drinsconcentratie in opgegraven regenwormen, moet worden beoordeeld of er sprake is van doorvergiftiging in zodanige mate, dat mollen in spuitvakken/gebiedsdelen niet kunnen overleven in de gerijpte bagger.

2. Ecologie van de mol

Mollen zijn meest solitaire zoogdieren, die vrijwel hun gehele leven ondergronds doorbrengen. Het zijn gedrongen dieren met en zwarte vacht en sterke kleine graafpoten, zien weinig, maar reuken wel goed en vertrouwen op hun gevoelige snorharen voor de oriëntatie. Ze leven in een zelf gegraven ondergronds stelsel van gangen en kamers, waarin de paring met een vrouwtje plaatsvindt en de jongen worden geboren en opgroeien. De jongen zijn na twee maanden vol-

groeid en moeten het nest dan verlaten op zoek naar een eigen territorium. Ze verplaatsen zich dan ook bovengronds en mollen kunnen ook goed zwemmen.
Mollen hebben een voorkeur voor losse niet te zware humeuze grond, maar komen in bijna alle Nederlandse bodemtypen voor, zowel in graslanden als in bossen, in parklandschappen en tuinen, en zelfs in bouwland.
Alleen in zeer slecht ontwaterde bodems, zure gronden (pH<4,5) en zeer schrale, erg zware en/of stenige gronden komen ze niet voor. In dergelijke gronden kunnen ze geen gangenstelsel onderhouden en/of het voedselaanbod is te laag. De mol ontbreekt dan ook op de meest droge schrale gronden van de Veluwe, Brabant, De Achterhoek en Drenthe, in de droogste delen van vooral de kalkarme duinen, en in de voedselarme en/of slecht ontwaterde hoog- en laagveengronden.

In de periode februari-april zoeken ze een vrouwtje en paren ze. Er is dan sprake van een verhoogde graafactiviteit van de mannetjes, die op zoek zijn naar een partner. Ze graven dan zowel oppervlakkig gelegen jaaggangen of ritten, zichtbaar door de omhooggedrukte grond, en diepe gangen met uitgangen aan maaiveld (molshopen), tot 50 à 120 cm diepte, afhankelijk van de grondwaterstand. Het territorium is 400 à 3.000 m2 groot, afhankelijk van bodemtype, het aanwezige voedsel, en de nabijheid van een ander mollengangenstelsel. Mollengangen kunnen tot 60 meter lang zijn, in de paartijd soms tot 200 m. Op geschikte weinig verstoorde grond zijn 8 tot 16 dieren per hectare aanwezig.

Het belangrijkste voedsel van de mol is de regenworm, die wordt gevangen tijdens het graven van gangen of in al gegraven gangen worden aangetroffen. Daarnaast leven ze ook van andere kleine bodemdieren als slakken, emelten en ritnaalden.
Ze eten dagelijks ongeveer de helft van hun lichaamsgewicht (30 à 130 gram), hetgeen voor volwassen dieren ongeveer gelijk is aan zo'n 50 gram, het equivalent van circa 100 regenwormen per dag.

Ze zijn hiermee relatief kwetsbaar voor bodemverontreiniging. Als in het hoofdvoedsel (regenwormen) veel verontreinigende stoffen accumuleren, wordt de mol hiermee te zwaar belast en sterft en/of krijgt zo weinig levensvatbare jongen dat de (lokale) populatie uitsterft. Er is dan sprake van doorvergiftiging, tot nu toe aangetoond voor de metalen cadmium en kwik (en lood?), maar vooral voor gechloreerde persistente bestrijdingsmiddelen als DDT, drins en lindaan. Afgaande op ervaringen op andere loswallen, is er een relatief grote kans op doorvergiftiging voor drins.

Mollen hebben relatief weinig natuurlijke vijanden en vooral jonge zwervende dieren lopen gevaar zodra ze boven de grond komen. Slechts 40% van alle mollen overleeft het eerste levensjaar. Ze kunnen meer dan 3 jaar oud worden (2% van alle dieren).
Veel slachtoffers vallen door het autoverkeer. Daarnaast worden ze gegeten door roofvogels en reigers, en is de huiskat een belangrijke predator in de stad. Vossen, bunzings en wezels vangen niet alleen jonge dieren, maar jagen ook op volwassen dieren. Daarnaast verhongeren dieren tijdens langere droogteperiodes of verdrinken ze bij wateroverlast.
De grootste vijand van de mol is de mens. Op sportvelden, golfbanen en in tuinen worden ze actief bestreden (doden met gifstoffen of klemmen) omdat hun graafactiviteit ongewenst is. Veelvuldige verdichting door het gebruik van zware machines voor ploegen of maaien vernielt de gangen te vaak en/of verdicht de bodem teveel, zodat ze niet overleven.

3. Gevolgde methodiek

Op 2, 16 en 22 maart 2009 is in de namiddag de Broekpolder vanaf de aanwezige wandel/fietspaden en wegen visueel onderzocht op de aanwezigheid van ondiepe mollengangen en molshopen. Hierbij zijn vooral alle open gemaaide en weinig ruige graslanden geïnspecteerd, en alleen steekproefsgewijs gras/ruigtezones langs sloten, bospercelen, en de ruige open vlaktes in de spuitvakken 4, 5 en 7; dit zover deze niet zichtbaar een zeer hoge grondwater-stand hadden.
Zover lokaliseerbaar op basis van aanwezige peilbuizen zijn ook bij alle plots terreininspecties op mollengangen/hopen uitgevoerd.

Op de terreindelen, met (grondwater) op of zeer dicht aan het maaiveld, zijn geen visuele terreininspecties gedaan, omdat de kans op het aantreffen van mollen hier nihil is als gevolg van het te hoge (grond)waterniveau.
Ook het volledig inspecteren van ruigtevlaktes en bospercelen met veel plantenresten boven of op de bodem is minder zinvol, omdat ondiepe gangen en molshopen hier slecht zichtbaar zijn.

Daarnaast is gekeken in de kades langs de Vlaardingervaart en het Boonervliet, buiten het opgespoten gebeid gelegen, of hier mollengangen of molshopen voorkomen. Dit om een beeld te krijgen van de referentiesituatie direct buiten de voormalige baggerloswal.

Er is dus geen volledig gebiedsdekkende inventarisatie uitgevoerd. Wel is geïnspecteerd waar het voorkomen van mollen het meest waarschijnlijk is, de meer open goed ontwaterde delen van de voormalige baggerloswal.
Ook is geen kwantitatieve schatting gemaakt van aantallen dieren. Dit vereist meerdere terreinbezoeken, waarbij veranderingen in de omvang van gangenstelsels nauwkeurig wordt gevolgd.

4. Resultaten

Gezien de grootte van de voormalige baggerloswal, ruim 400 ha, zijn maar weinig mollen aangetroffen. De meeste mollen zijn aangetroffen in de relatief hoog gelegen zandiger gedeelten van de baggerloswal. Deze terreindelen zijn goed ontwaterd en waarschijnlijk relatief minder (niet-ernstig?) verontreinigd. Het gaat bijna steeds om verhoogd gelegen voormalige spuitkades en zandige hoog gelegen delen van spuitvakken, zoals het goed ontwaterde bosvak 3, het Toortsenveld in het zuidoostelijke deel van spuitvak 6, en de hoge randen rond het sportveldencomplex.

Opvallend is dat in bosvakken weinig mollen zijn aangetroffen, ook niet als ze goed ontwaterd waren en/of met gras begroeid nabij slootkanten. Mollengangen/hopen werden bijna steeds aangetroffen op plekken begroeid met gras (o.a. Toortsenveld, modelvliegtuigjesveld), of in een plek met verspreid bomen (boomlanen met grasbegroeiing).
De volgende peilbuizen ter plaatse van onderzoeksplots zijn visueel geïnspecteerd: 4N, 5N, 6, 6a, 6b, 7b, 13N, waarvan drie in bosvakken gelegen en drie in ruig grasland: 4N, 5N, 6a en 6b (Toortsenveld). Alleen in de graslandplots 6a en 6b zijn mollengangen/hopen aangetroffen.

Een aantal vakken/plekken zijn overduidelijk ongeschikt als biotoop voor mollen. De open ruigtes in de vakken 4, 5 zuid, 5 noord en grote delen van vak 13 zijn veel te nat. Andere plekken, zoals de uitzichtheuvel in de zuidpunt van vak 11, en de brede spuitkade tussen de vakken 5 en 6 zijn waarschijnlijk teveel verdicht door intensief maaibeheer met zware tractoren. Echter in de eveneens brede en intensief gemaaide spuitkade tussen de vakken 3 en 5 zuid zijn wel sporen van mollen gangen/hopen) aangetroffen.
Ook zijn gangen aangetroffen langs het zuidelijke deel van de Watersportweg, in hoger gelegen delen van vak 13 en langs de fietspaden bij de sportvelden, waar bermen/paden worden gemaaid met tractoren (bandensporen). Ook elders (o.a. zuidwestkade vak 9) is dit het geval. Mogelijk is het maaibeheer op deze plekken minder intensief.

Op de golfbaan is bestrijding van mollen niet nodig, omdat ze hier geen mollengangen of molshopen voorkomen (mondelinge mededeling beheerder). Bij visuele inspectie van de kade langs de Boonervliet, waar (in schone? grond) wel veel mollengangen zijn gezien, lagen de golflinks er inderdaad strak en onaangetast door mollenactiviteit bij.
Ook op de sportvelden zijn waarschijnlijk geen mollen aanwezig, waarschijnlijk terug te voeren is op actieve bestrijding en/of intensief maaibeheer met zwaardere machines en/of aanwezige bodemverontreiniging.

Alleen in de vakken 2, 5 noord, 5 zuid, 7A en 7B, 8, 10 en 13 zijn drins rond de interventiewaarde aangetroffen. Het gaat veelal echter om relatief lagere gehalten van 1 tot 10 mg/kg ds.

Slechts incidenteel zijn veel hogere gehalten aangetroffen (tot 100 mg/kg ds.), o.a. op de golfbaan (vak 10).
Hoewel de mollensporen vooral zijn waargenomen op de hoger gelegen zandige plekken en/of spuitkades, lijkt een duidelijk verband met de aanwezigheid van drins niet te leggen. Ook in de drinshoudende vakken 2 (zuidrand), 5 zuid en 13 zijn enkele (5) woonplekken van mollen aangetroffen. De meeste (17) woonplekken worden echter aangetroffen in niet-drinshoudende vakken, en dan vooral op de meer open grasrijke plekken.
Opvallend is dat in het noordelijke bosrijke deel van de Broekpolder maar weinig (2) woonplekken van mollen zijn gevonden. In dit deel van de loswal zijn al kort na beëindiging van de opspuitingen (>1976) proefbosvakken aangeplant, waarbij allerlei boomsoorten zijn gekozen: kraak- en schietwilg, zwarte els, gewone esdoorn, es, zomereik en beuk. De ontwateringstoestand in deze bosvakken is in zijn algemeenheid matig tot ruim voldoende voor de mol. Binnen dit gebied zijn alleen in vak 8 duidelijk verhoogde gehalten aan drins aangetroffen.

Een relatie tussen het afwezig zijn van mollen en het voorkomen van drins is niet eenduidig aanwezig. Dit in tegenstelling tot de voormalige loswal "De Lickebaert", waar geen sporen van mollen zijn aangetroffen tijdens een terreininspectie in februari 2007. Echter hier zijn de drinsgehalten veel hoger dan in de Broekpolder, concentraties tussen 20 en 200 mg/kg ds. komen hier veel voor.

Dat de veelal zwaardere humeuze klei/leembodems inde Broekpolder in principe wel geschikt zijn voor de mol, bewijst een visuele inspectie van het Volksbos, direct achter de dijk ten noorden van loswal "De Lickebaert", waar in februari 2007 veel sporen van oppervlakkige gangen werden waargenomen in zware matig ontwaterde kleigrond op veen.

5. Conclusies in relatie tot alle relevante factoren

In de Broekpolder zijn, ondanks de aanwezigheid van matig tot sterk verontreinigde gerijpte bagger, verspreid over het gebied sporen aangetroffen van mollen, zij het in lage dichtheden en vooral op de goed ontwaterde terreindelen met zandige bodems en een open grasrijke vegetatie. Incidenteel zijn mollen aangetroffen in/bij bospercelen op veen kleiig/lemiger goed ontwaterde plekken.
Er zijn geen mollen aangetroffen in de slecht ontwaterde delen van de ruige vakken 4, 5 noord, 5 zuid en 13, en ook niet op intensief beheerde en mogelijk flink verdichte plekken, zoals de uitzichtheuvel in vak 11 en intensief gemaaide brede spuitkades.
Ook in de bosvakken werden maar incidenteel sporen van mollen gevonden.

Ter plaatse van het sportveldencomplex is geen terreininspectie uitgevoerd, maar mollen komen hier waarschijnlijk nauwelijks voor als uitvloeisel van gebruik en beheer. De beheerder van de golfbaan heeft gemeld dat in zijn terrein geen mollenbestrijding nodig is omdat deze niet voorkomen. Hier zijn zeer hoge drinsconcentraties in de bodem gemeten.
Ook op het sportveldencomplex in vak 2 zijn geen mollensporen waargenomen.

Een duidelijke relatie met het voorkomen van drins is niet te leggen. Zowel in vakken met duidelijk verhoogde drinsgehalten, als in vakken waar dat niet het geval is, zijn al dan niet mollensporen aangetroffen. Wel lijkt er in zijn algemeenheid een verband aanwezig met de bodemverontreiniging, omdat mollensporen vooral werden aangetroffen op zandiger plekken, waar de bodem minder (niet ernstig) verontreinigd is.

Dat de bodem in de Broekpolder in principe geschikt is als biotoop voor de mol, wordt duidelijk uit terreininspectie 2 jaar eerder in het Volksbos, gelegen op zware matig ontwaterde klei, en uit het feit dat veel mollensporen zijn gevonden in de kades ten zuiden van het Boonervliet en langs de Vlaardingervaart. Ook hier is sprake van weinig/geen verontreinigde kleiige bodem met een matige ontwateringstoestand.

6. Literatuur en andere informatiebronnen

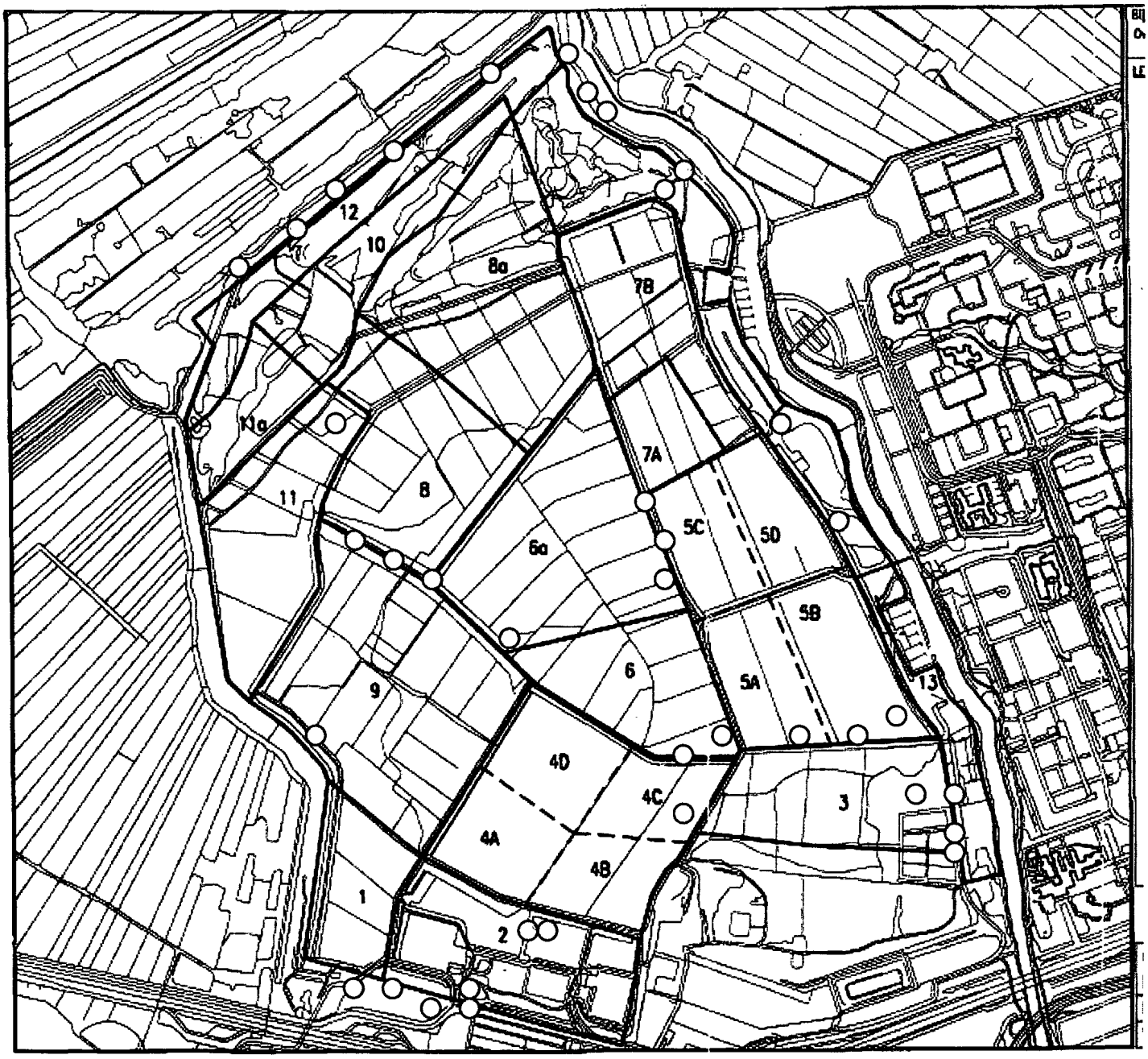
- , 25 juli 1997, Nader bodemonderzoek baggerspecielokatie "Broekpolder" te Vlaardingen, Chemielinco, Utrecht.

A. B. Roeloffzen, 19 juli 2007, Voorstel bodemecologisch onderzoek in de Broekpolder, ter nadere vaststelling van de spoedeisendheid vanuit een oogpunt van ecologische risico's, DCMR Milieudienst Rijnmond, Schiedam.

www.wikipedia.nl/mol

www.zoogdierkunde.nl

www.mollen.info



Legenda bij kaart Broekpolder met spuitvakken:

○ Mollengangen/molshopen in bodem buiten het opgespoten gebied

○ Mollengangen/molshopen in bodem binnen het opgespoten gebied