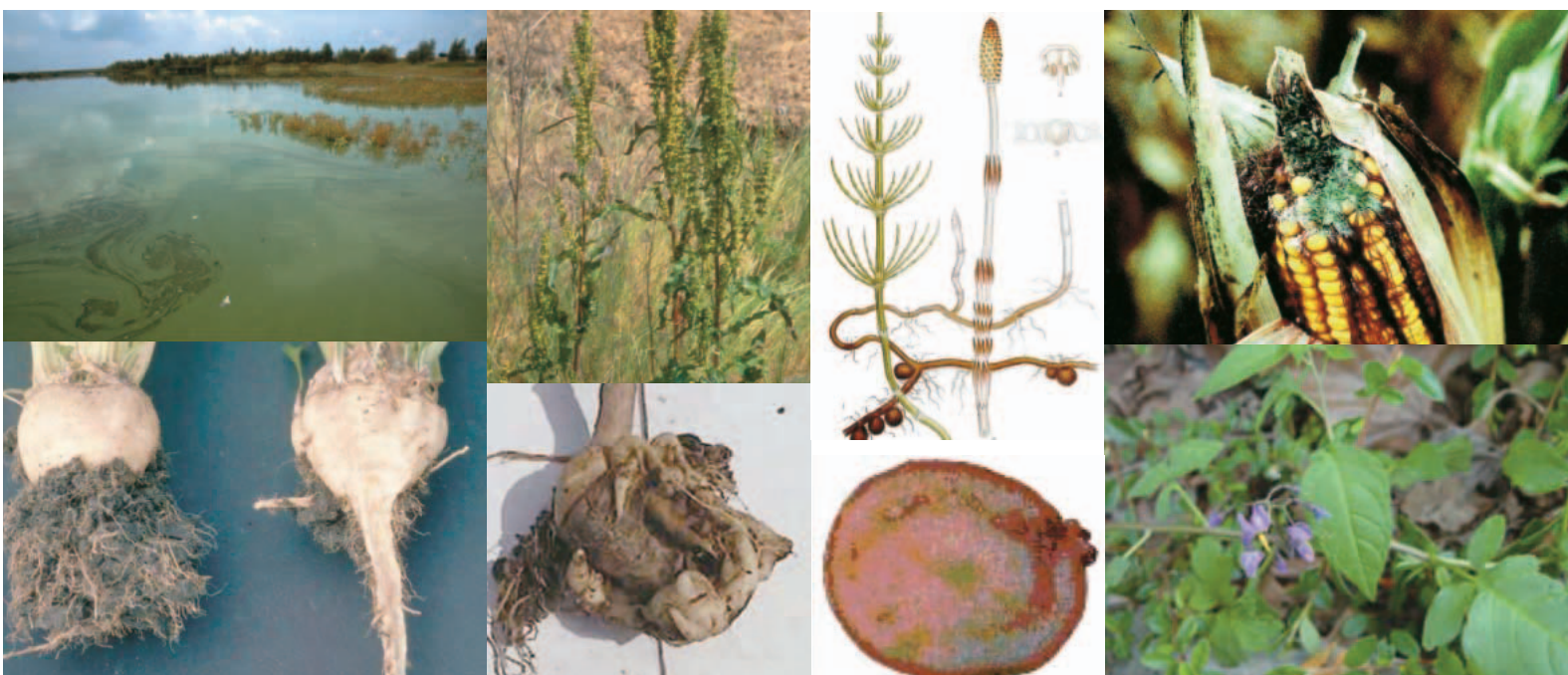


Vernatting van landbouwgewassen: Hoe zullen ziekten, plagen en onkruiden reageren?

C. Kempenaar & W. van der Zwerde



Nota 278



Vernatting van landbouwgewassen: hoe zullen ziekten, plagen en onkruiden reageren?

C. Kempenaar & W. van der Zweerde

Plant Research International B.V., Wageningen
december 2003

Nota 278

© 2003 Wageningen, Plant Research International B.V.

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Plant Research International B.V.

Plant Research International B.V.

Adres : Droevendaalsesteeg 1, Wageningen
: Postbus 16, 6700 AA Wageningen
Tel. : 0317 - 47 70 00
Fax : 0317 - 41 80 94
E-mail : postkamer.pri@wur.nl
Internet : <http://www.plant.wur.nl>

Inhoudsopgave

	pagina
Samenvatting	1
1. Inleiding	3
1.1 Achtergrond	3
1.2 Doel van het onderzoek	4
2. Uitvoering van het onderzoek	5
2.1 Begrippenkader en aanpak	5
2.2 Landbouw in bergingsgebieden	6
3. Effecten van waterberging op ziekten, plagen en onkruiden	9
3.1 Plantenvirussen	9
3.2 Algen en wieren	9
3.3 Protozoën	10
3.4 Bacteriën	11
3.5 Schimmels	13
3.6 Aaltjes en wormen	14
3.7 Insecten	16
3.8 Onkruiden	17
3.9 Slakken en enkele hogere diersoorten	18
4. Discussie met aanbevelingen	21
5. Literatuur	23
Bijlage I. Verspreidingswijzen van onkruiden (Scheepens, 2003)	1 p.
Bijlage II. Effecten op productiegewassen	2 pp.

Samenvatting

De verwachting is dat de waterhuishouding in Nederland de komende eeuw flink zal veranderen. In dit rapport is een inschatting gemaakt van effecten van vernatting op organismen die op landbouwpercelen in het agro-ecosysteem voorkomen, met speciale aandacht voor gewasbelagers. Hierbij is onderscheid gemaakt tussen ziekten, plagen en onkruiden van landbouwgewassen en hogere dieren die schadelijk voor landbouwgewassen kunnen zijn.

Door middel van literatuuronderzoek aangevuld met expert judgement is ingeschat hoe bepaalde hoofdgroepen van organismen in het agro-ecosysteem beïnvloed worden door vernatting, en welke gewasbelagers meer kans krijgen.

De belangrijkste conclusies uit het onderzoek zijn dat:

1. Bepaalde gewasbelagers meer kans krijgen bij vernatting van landbouwgronden (zie onderstaande tabel).
2. Verschuivingen op zullen treden in de soortensamenstelling op landbouwpercelen en binnen het agro-ecosysteem waarvan effecten moeilijk te voorspellen zijn (schadelijke en nuttige organismen zullen beïnvloed worden).

Gewasbelagers die meer kans krijgen bij vernatting (volgorde is willekeurig)
Bruinrot bij aardappel
Rhizomanie bij suikerbiet
Knolvoet bij koolsoorten
Meloidogyne aaltjes
Slakken
Onkruiden (o.a. Ridderzuring, Kruipende boterbloem, Heermoes, Veenwortel)
Watervogels
Micro-organismen die toxinen kunnen produceren

Positieve effecten van vernatting kunnen zijn een ontsmettende werking op de bodem (inundatie doodt bepaalde onkruidzaden en bodemgebonden ziekten) en toename van biodiversiteit bij bepaalde waterbergingsscenario's.

Bovengenoemde punten geven aan dat er nog veel onzekerheid is over gevolgen van waterberging op gewasbelagers in het agro-ecosysteem.

Aanbevelingen voor vervolgonderzoek:

1. Monitoring op ontwikkeling van gewasbelagers in praktijksituaties waar vernatting en waterberging thans gedaan wordt,
2. Een inschatting maken van de risico's van de geprioriteerde gewasbelagers bij verschillende scenario's van vernatting,
3. Ontwikkelen van betere inzichten in verspreiding/mobiliteit van de gewasbelagers in waterbergingsgebieden in relatie tot verschillende scenario's,
4. Ontwikkelen van betere inzichten in effecten van vernatting op (evenwichten tussen soorten in) het agro-ecosysteem en effecten op biodiversiteit.

Binnen dit onderzoek zouden gewasbeschermingskundigen nauw samen moeten werken met hydrologen en agronomen.

1. Inleiding

1.1 Achtergrond

De verwachting is dat de waterhuishouding in Nederland de komende eeuw flink zal veranderen. Door verandering in de neerslagverdeling zal er periodiek een grotere piekafvoer optreden. Op basis van voorspellingen van het KNMI zal het natter worden in het voorjaar, droger in de zomer, en zullen extremen in het klimaat vaker optreden (zie onderstaande klimaatgegevens).



Figuur 1.1. *Verwachte klimaatverandering tijdens 21e eeuw.*

Het huidige stelsel aan waterlopen is niet op extra berging berekend en is hiervoor slechts met zeer hoge kosten geschikt te maken. Daarnaast zal door zeespiegelrijzing de waterafvoer naar zee worden bemoeilijkt.

De verwachte verandering in de waterhuishouding heeft consequenties voor veel zaken. De commissie Waterbeheer 21e eeuw (WB21) heeft deze zaken in kaart gebracht en oplossingen aangedragen. Globaal kunnen deze worden beschreven in de prioritaire trits van vasthouden, waterberging en dan pas afvoeren (Stumpe *et al.*, 2000). In de praktijk zal dit leiden tot situaties waarin sprake is van waterberging boven maaiveld.

Binnen het DLO-programma 417 doen Plant Research International en Alterra onderzoek aan nieuwe landgebruiksvormen die voldoen aan de doelstellingen van WB21 (gereduceerde piekafvoer), Kader-richtlijn Water (schoner oppervlakte- en grondwater) en het Kyoto-protocol (koolstofvastlegging). Deze innovatieve landgebruiksvormen brengen met zich mee dat landbouw zal moeten plaatsvinden in een nattere omgeving.

In dit rapport wordt ingegaan op effecten van waterberging en vernatting in landbouwgebieden op de ontwikkeling van ziekten, plagen en onkruiden in gewassen die daar geteeld worden.

1.2 Doel van het onderzoek

Het doel van het in dit rapport beschreven onderzoek is een inschatting maken van de kans op toe- of afname van ziekten, plagen en onkruiden in landbouwgewassen als gevolg van vernatting. Het onderzoek werd uitgevoerd in het kader van strategische expertise ontwikkeling binnen Plant Research International. Onderdelen van dit onderzoek zijn opgenomen in een bredere studie over neven effecten van waterberging op de landbouw (zie Cornelissen *et al.*, in prep.)

2. Uitvoering van het onderzoek

De bureaustudie die ten grondslag ligt aan dit rapport is uitgevoerd in 2002 en 2003. Door middel van expert judgement aangevuld met literatuuronderzoek en gesprekken met derden is op een rij gezet wat het effect zou kunnen zijn van vernatting op organismen die in de directe omgeving van landbouwgewassen voorkomen, met een bijzondere aandacht voor gewasbelagers. In de paragrafen 2.1 en 2.2 worden een aantal begrippen nader gedefinieerd, worden zaken afgebakend en wordt een toelichting gegeven op vernatting van landbouwgronden in Nederland in de toekomst.

2.1 Begrippenkader en aanpak

Het begrip gewasbelager dient uitgesplitst te worden naar hoofdgroepen en groepen van organismen om zinvolle uitspraken te kunnen doen.

Relevante hoofdgroepen zijn ziekten, plagen, onkruiden en schadelijke hogere organismen. Gewasziekten worden vooral veroorzaakt door bepaalde soorten virussen, bacteriën en schimmels. Plagen zijn vooral bepaalde aaltjes, insecten en slakken die ten kosten van planten en gewassen leven. Onkruiden zijn planten die een nadelig effect hebben op de opbrengst of kwaliteit van een gewas. Hogere organismen in dit verband zijn vooral warmbloedige diersoorten die zich soms te goed doen aan gewassen.

Tabel 2.1 geeft de opsplitsing in groepen van micro-organismen aan die vooral gevolgd wordt in dit rapport. In de tabel staat ook een indicatie van de hoeveelheden ervan in een landbouwkundig gebruikte bodem (Scheffer & Schachtschnabel, 1966). Voor de bovenste 15 cm van de bodem geven zij een totaalgewicht voor levende organismen van 25000 kg/ha. Uitgerekend als droge stof maken deze levende organismen dan 8% uit van de totale hoeveelheid organische stof in de bodem. Deze bestaat verder uit dood organisch materiaal en plantenwortels. Een groot deel van de soorten die tot deze groepen horen zijn geen ziekteverwekkers van gewassen maar spelen een belangrijke (nuttige) rol in de bodemprocessen en bij het in stand houden van de bodemvruchtbaarheid.

Tabel 2.1. Meest voorkomende groepen van bodemorganismen in landbouwgebieden.

Groep organismen	Levend gewicht in kg per hectare
Bacteriën	10000
Algen	140
Protozoën	370
Schimmels	10000
Nematoden	50
Springstaarten	6
Mijten	4
Enchytraeën	15
Duizendpoten	50
Insecten	17
Slakken	40
Regenwormen	4000

Bij het bespreken van effecten van vernatting op een groep van organismen is steeds gekeken wat het effect op overleving van de organismen op het perceel of gewas is en wat het effect op verspreiding van de organismen is. In het eerste geval wordt dan over habitateffecten gesproken, in het tweede geval op verspreidingseffecten, waarbij dan onderscheid gemaakt kan worden tussen verspreiding binnen het gebied en import van buiten het gebied met stromend water.

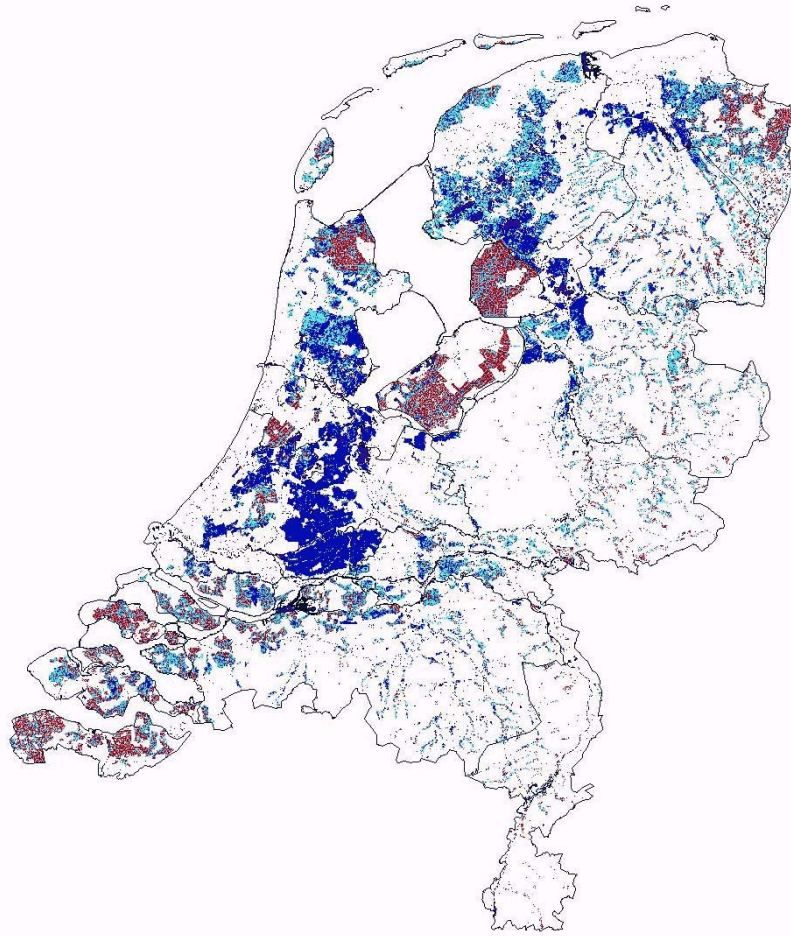
2.2 Landbouw in bergingsgebieden

Om zicht te krijgen op gebieden en bedrijfstypen is nagegaan waar in Nederland waterberging een grote rol kan gaan spelen. Hiervoor is de landelijke kaart met kansrijke bergingsgebieden (Figuur 2.1) gebruikt (Van der Gaast *et al.*, 2002). Binnen deze gebieden is met het bestand met het landelijke grondgebruik (LGN3) aangegeven welke vormen van grondgebruik in de bergingsgebieden het meeste voorkomen (Tabel 2.2).

Tabel 2.2. *Grondgebruik (in % van het totale bergingsareaal) voor landbouwgewassen in weinig kansrijke en kansrijke waterbergingsgebieden (Van der Gaast et al., 2002).*

Grondgebruik	Weinig kansrijk voor waterberging (%)	Matig tot zeer kansrijk voor waterberging (%)	Totaal areaal bergingsgebied(%)
Grasland	21,8	24,3	46,1
Maïs	5,0	2,0	7,0
Aardappelen	2,5	2,9	5,4
Bieten	1,6	1,8	3,5
Granen	2,6	3,3	5,9
overige gewassen	2,8	2,7	5,5
Glastuinbouw	0,3	0,1	0,4
Boomgaard	0,3	0,4	0,7
Bollen	0,3	0,3	0,6
Niet landbouw	20,0	5,1	25,1
Totaal			100%

Uit bovenstaande analyse blijkt dat 75% van het areaal potentieel bergingsgebied bestaat uit landbouwgrond. Het grootste deel hiervan bestaat hier uit grasland en maïs (53%). Circa 15% bestaat uit de klassieke akkerbouwgewassen bieten, granen en aardappelen. De kolom matig tot zeer kansrijke gebieden voor waterberging geeft vermoedelijk de meest reële situatie weer voor waterberging. Dit betekent dat de effecten voor genoemde gewassen en de voornaamste bedrijfstypen (melkveehouderij en akkerbouw) het grootst zijn. De bedrijven worden vooral aangetroffen in de kustprovincies, en dan vooral in ingepolderde gebieden en in veenweidegebieden. Daarnaast hebben bedrijven langs de grote rivieren en in Flevoland en de kop van Overijssel een grotere kans op effecten van waterberging.



Figuur 2.1. Indicatieve kaart voor waterberging. Gebieden met grote (donkerblauw), matige (lichtblauw) en beperkte (rood) kansen voor waterberging (Cornelissen et al., in prep.).

3. Effecten van waterberging op ziekten, plagen en onkruiden

In grote lijnen worden de effecten van vernatting op organismen in de directe omgeving van landbouwgewassen volgens de indeling van Tabel 2.1 besproken. Een uitzondering daarop vormen springstaarten, mijten, duizendpoten en insecten (inclusief spinnen) die als één groep (nl. insecten) worden gezien, omdat ze naar verwachting vergelijkbaar reageren op waterberging. Regenwormen worden te samen met nematoden besproken. Andere groepen die aan de orde komen zijn virussen en hogere dieren.

3.1 Plantenvirussen

Plantenvirussen zijn de kleinste biotische ziekteverwekkers van planten. Een groot aantal plantenvirussen is schadelijk voor landbouwgewassen. Plantenvirussen kunnen niet, of slechts heel kort overleven buiten een levende plant of vector. Een vector is een levend organisme dat het virus van de ene plant naar de andere plant kan overdragen. Denk hierbij aan een bladluis.

Het is niet aannemelijk dat vernatting een direct effect heeft op de overleving van plantenvirussen omdat virussen niet of nauwelijks buiten de plant of het gewas kunnen overleven. Indirect kan vernatting wel effect hebben op de mate van virusinfectie van het gewas via een effect op de vector. Daar waar dit opvallend aan de orde is zal dit genoemd worden bij de betreffende categorie organismen waaronder de vector valt. Een voorbeeld is de ziekte Rhizomanie die door een virus veroorzaakt wordt en via een schimmel verspreid wordt (zie hfdst. 3.5).



Figuur 3.1. *Symptomen van Rhizomanie (wortelbaard) bij suikerbiet.*

3.2 Algen en wieren

Algen en wieren zijn organismen die fotosystemen hebben om zonlicht te benutten voor hun groei. Algen zijn vooral ééncellig, wieren kunnen meercellig zijn en soms de omvang van planten hebben (denk aan zeewier voor de kust). Algen en wieren worden in principe niet gerekend tot de gewasbelagers. Ze worden hier echter wel besproken omdat ze effecten op gewasgroei kunnen hebben bij vernatting.

Algen gedijen goed in warm, voedselrijk water. Vaak zijn er altijd wel algensoorten aanwezig in oppervlakte water. Als de omstandigheden gunstig zijn, dan kunnen de dichtheden van algen in water zeer sterk toenemen in korte tijd (zie Figuur 3.2). Voor algen kan dan ook gesteld worden dat bij vernatting, en zeker bij waterberging, de kans op optreden van algen toeneemt. Deze algengroei is dan afhankelijk van de aanwezige soorten en de nutriënten (stikstof en fosfaat) in de bodem en het bergingswater.

Het is niet aannemelijk dat algen ziekten zullen veroorzaken bij planten of gewassen. Wel kunnen algen indirecte effecten op het gewas hebben. Denk hierbij aan algengroei van blauwwieren, waarbij toxische stoffen voor mens en dier kunnen ontstaan. Ook kunnen fysieke effecten op de gewasgroei optreden. Bij langdurige waterberging in het zomerhalfjaar kunnen bij hoge temperatuur en ondiepe berging massaal draadalgen optreden. Deze zetten zich af op de het gewas en kunnen bij droogvallen het gewas met een dikke korst bedekken waardoor gewassterfte of groeireductie ontstaat.



Figuur 3.2. Blauwalgen in oppervlaktewater.

3.3 Protozoën

Protozoën zijn ééncellige micro-organismen die zich actief kunnen verplaatsen over kleine afstanden (orde van grote van cm's). Protozoën komen voor in de bodem, in oppervlaktewater en in organismen waar het dan vaak parasieten zijn. Knolvoet is een gewasziekte die door een protozo veroorzaakt wordt. Niet-parasitaire protozoën daarentegen zijn nuttige organismen in het milieu.

In algemene zin kan gesteld worden dat sommige soorten protozoën last zullen hebben van vernatting terwijl anderen er baat bij zullen hebben. Bodembewonende protozoën zullen bij vernatting een minder gunstig milieu krijgen om in te overleven, daarentegen zullen de wat meer waterminnende soorten gemakkelijker kunnen verspreiden door de ruimere aanwezigheid van water. De protozoën die in de bodem leven worden meestal door waterberging benadeeld vanwege zuurstofgebrek. De soorten die van dood organisch materiaal leven en in het water voorkomen zullen mogelijk gestimuleerd worden. Dit effect is het grootst in het zomerhalfjaar.

Of gewasparasitaire protozoën meer kans krijgen bij vernatting hangt af van het lot van hun gastheer en van de wijze waarop zij een nieuwe gastheer bereiken. Tot deze parasitaire soorten behoort bijvoorbeeld *Plasmodiophora brassicae*, de veroorzaker van knolvoet bij kool. De teelt van koolgewassen in bergingsgebieden moet daarom potentieel als risicovol worden beschouwd. Onbekend is of er ook andere protozoën zijn die soortgelijk gedrag vertonen voor tuin- en akkerbouwgewassen.

Voor de malaria parasiet (*Plasmodium vivax*), die ook tot de protozoën behoort, geldt dat waterberging in Nederland geen rol speelt omdat deze soort afhankelijk is van langdurig stilstaand brak water (meer dan 750 mg zout per liter) in warmere perioden. Bij waterberging wordt juist het tegengestelde bereikt, nl. verdunning van brak water.



Figuur 3.3. Knolvoet op wortels van koolplanten.

3.4 Bacteriën

Bacteriën zijn ook ééncellige micro-organismen, maar hebben ten opzichte van de vorige twee groepen organismen geen fotosystemen of vermogen zich actief te verplaatsen. Sommige bacteriesoorten kunnen ziekten bij gewassen veroorzaken. Daarentegen kunnen planten ook baat hebben bij de aanwezigheid van bepaalde bacteriën (denk aan binding stikstof, of afbraak organisch materiaal in de bodem).

Binnen de groep van bacteriën wordt onderscheid gemaakt tussen aërobe of anaërobe bacteriën. Waterberging zal een negatief effect hebben op de aërobe bodembacteriën die bijdragen aan de bodemvruchtbaarheid. De meeste bacteriën kunnen eenvoudig met het oppervlaktewater worden verspreid over een groter gebied. Een voorbeeld hiervan is de quarantaineziekten bruinrot bij aardappel. Het voorbeeld bruinrot wordt verderop toegelicht. Ringrot wordt in dit verband ook wel eens als voorbeeld genoemd, maar dat is niet terecht omdat de bacterie die deze ziekte veroorzaakt nauwelijks overleeft in de bodem (overdracht is voornamelijk via plantgoed).

Bruinrot

De door de bacterie *Ralstonia solanacearum* veroorzaakte ziekte bruinrot in aardappel (zie Figuur 3.5) is in Nederland een quarantaineziekte, zodat er wettelijke bepalingen zijn ter bestrijding ervan. De bacterie wordt met het oppervlaktewater verspreid en kan overleven op allerlei organisch materiaal in de watergangen (vooral wortels van Bitterzoet *Solanum dulcamara*, zie Figuur 3.6) en op akkers op diverse gewasresten (ook andere dan de aardappel). Door de overheid, in de vorm van de Plantenziektenkundige Dienst van het Ministerie van Landbouw Visserij en Natuurbeheer, zijn in Nederland omvangrijke gebieden ingesteld (Figuur 3.4) waar een verbod bestaat voor beregenen van aardappelpercelen met oppervlaktewater. In deze gebieden is waterberging een aanzienlijke risicofactor indien daar ook aardappelen worden geteeld.



Figuur 3.4. De in 2002 aangewezen gebieden waar een verbod voor het beregenen van aardappelpercelen met oppervlaktewater geldt (bron: Plantenziektenkundige Dienst, Wageningen).



Figuur 3.5. Symptomen van bruinrot op aardappelknollen.



Figuur 3.6. Bitterzoetplant, waardplant van de bruinrotbacterie.

3.5 Schimmels

De groepen organismen die vanaf hier besproken worden zijn qua samenstelling veel meer divers dan de eerste 4 groepen organismen die besproken zijn. De levenscycli van schimmels zijn bijvoorbeeld complexer dan die van bacteriën. Een meeste schimmelsoorten leven een groot deel van hun levenscyclus in de grond. Ze vormen soms een symbiose met hogere planten (denk aan mycorrhiza). Schimmels zijn essentieel in een gezonde bodem om afbraak van organisch materiaal mogelijk te maken. Daarnaast zijn er ook pathogene schimmels planten en gewassen zwaar kunnen aantasten. Enkele schimmelsoorten worden voornamelijk bovengronds aangetroffen. Dit zijn soorten die vaak over grote afstanden door de lucht kunnen verspreiden.

Waterberging heeft een direct effect op de ontwikkeling van bodemschimmels als gevolg van het verminderen van het zuurstofgehalte in de grond. Schimmelpopulaties zijn hiervoor gevoelig en kunnen dood gaan. Dat geldt zowel voor pathogenen als voor 'nuttige' schimmels. Dit effect is echter sterk afhankelijk van de temperatuur en inundatieduur. Alleen in de zomermaanden zijn relevante effecten te verwachten. Bij lage temperaturen is er een geringe biologische activiteit in de bodem en speelt een lager zuurstofgehalte een geringere rol. Ook vormen schimmels bij lage temperaturen minder gevoelige ruststructuren (sporen).

Voor de uitsluitend op het gewas voorkomen, en die hun sporen vooral via de lucht verspreiden, bijvoorbeeld *Phytophthora infestans* zal waterberging vermoedelijk niet tot extra toe of afname van de soort leiden, of een toename van verspreiding geven. Indirect zou dat wel kunnen als de waterberging leidt tot meer dood organisch materiaal waar de schimmel van kan profiteren. Voor schimmels op het gewas zijn de meteorologische condities in het groeiseizoen veel belangrijker dan de effecten van waterberging. Mogelijk neemt wel de stressgevoeligheid van gewassen door waterberging toe waardoor ze eerder vatbaar zijn voor schimmels. Omdat alle schimmels van anaërobe situaties in de grond gestresst kunnen zijn, kan inundatie ook tot onbalans leiden tussen microbiële populaties met als gevolg een toename van populaties pathogenen. Er kan dus geen algemene uitspraak over toe- of afname van de kans op schimmelziekten als gevolg van waterberging worden gemaakt. Dit zal per soort moeten worden bekeken.

De risico's voor toename en verspreiding van plantenziekten zijn vermoedelijk beperkt tot enkele zeer gewasspecifieke, grondgebonden schimmels zoals de door *Polymyxa betae* veroorzaakte ziekte *Rhizomania*. Dit is een door een virus veroorzaakte ziekte bij biet (zie foto's bij paragraaf 3.1). Het virus wordt overgedragen door de schimmel *Polymyxa betae*. Deze schimmel groeit in de slootbagger en wordt met het schone van sloten op het land gebracht. De virusziekte komt dan ook vooral in de perceelranden voor. In het geval van waterberging kan de schimmel zich vanuit deze infectiehaarden verspreiden.

Effecten van inundatie op schimmels is in het verleden vooral onderzocht bij bloembolpercelen. Op een aantal van deze percelen is geëxperimenteerd met inundatie (6 weken) als alternatief voor chemische grondontsmetting. Voor de schimmelziekten veroorzaakt door *Rhizoctonia tuliparum* (zg. kwade grond) en *Sclerotinia bulborum* (zg. zwartsnot) geldt dat na minimaal 4 weken inundatie geen aantasting van gevoelige plantensoorten meer optreedt. De schimmelsoorten *Sclerotinium cepivorum* (zg. witrot) en *Pythium sp.* (zg. wortelrot) echter, geven ook na 6 weken nog volledige aantasting en hebben dus geen nadeel ondervonden. De schimmelsoort *Stromatinia gladioli* (zg. droogrot) geeft wel aantasting na 6 weken, maar de kieming van de rustsporen (zg. sclerotiën) is gehalveerd (Bron: Aad Koster, PPO-Bloembollen, Lisse). Hieruit blijkt dat het effect van waterberging erg soortspecifiek kan zijn. In deze proeven is niet onderzocht of schimmels zich ook met het inundatiewater binnen het perceel verspreiden. Wel lijkt het erop dat langduriger waterberging eerder nadelig dan positief werkt op de ontwikkeling van pathogene schimmels.

Tijdens waterberging kunnen ook minder pathogene schimmels de afstervende plantendelen infecteren en koloniseren. Indien dit materiaal terecht komt in het (vee)voer gaat hiervan een bijzonder groot risico uit. De op afstervend materiaal (bijvoorbeeld hooi) aanwezige schimmels zoals *Fusarium*, *Alternaria*, *Penicillium* en *Aspergillus* kunnen mycotoxinen produceren die schadelijk zijn voor het vee (zie ook paragraaf 3.3). De aanwezigheid van deze schimmels zal ook tot vorming van mycotoxinen in hooi en kuilvoer kunnen leiden (beschimmeld hooi/kuilvoer).



Figuur 3.7. *Aspergillus* (links) en *Penicillium* (rechts) op maïskolven.

3.6 Aaltjes en wormen

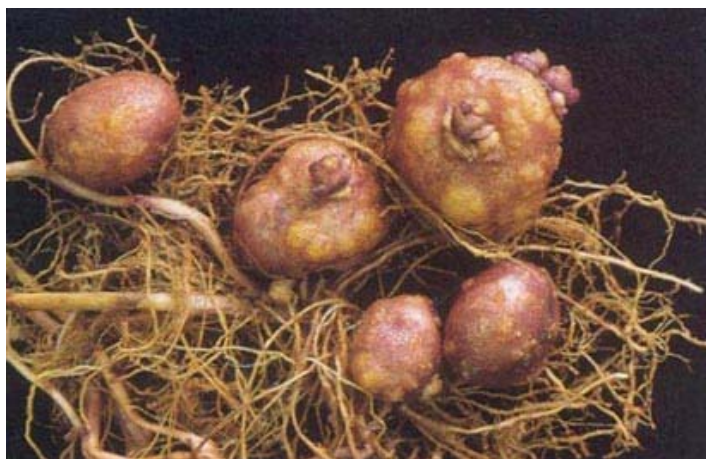
In deze paragraaf wordt kort aandacht besteed aan belangrijke groepen wormvormige organismen, waarbij regenwormen de meest bekenden zijn. Aaltjes, met het oog niet zichtbare wormpjes, zijn qua aantallen vaak verreweg in de meerderheid. Ze leven doorgaans het overgrote deel van hun levenscyclus in de bodem.

Nematoden (aaltjes) in Nederland kunnen grofweg worden onderverdeeld in *saprophagen* die zich voeden met bacteriën, schimmels en organisch materiaal, *predatoren* (van o.a. andere aaltjes) en nematoden die zich voeden op planten: de planten-parasitaire aaltjes. Alleen de laatste kunnen (soms ernstige) problemen veroorzaken wat betreft (kwalitatieve) schade in land- en tuinbouwgewassen en zijn daarom onderwerp van onderzoek; sommige zijn quarantaine organismen en vallen onder wetgeving.

Te veel en langdurig vocht leidt tot anaërobe omstandigheden en is dodelijk voor de nematode – inundatie met water is daarom een bestrijdingsmethode voor alle plantenparasitaire aaltjes hoewel toepassing tot

nu toe niet erg praktisch is. De tijdsduur van anaërobie is belangrijk; zo wordt voor het stengelaaltje genoemd dat bij een temperatuur van 17 °C een inundatie gedurende 6 weken dodelijk is (Lamers e.a., 1997). Maar ook kortere perioden worden genoemd die als bestrijdingsmiddel redelijk blijken te voldoen.

Verspreiding van nematoden zal vooral optreden bij sterke stroming van het oppervlaktewater. Zo worden *Meloidogyne* species, waartoe twee quarantaine organismen behoren, aangetroffen langs de grote rivieren; verondersteld wordt dat meestromend water deze soorten helpt te verspreiden. Onderbouwing van deze veronderstelling ontbreekt.



Figuur 3.8. Aantasting van aardappel door wortelknobbeltjes.

De aaltjes die zich voeden met bacteriën, schimmels en dode organische stof en de predatoren zullen last hebben van anaërobie in de bodem ten gevolge van waterberging. Afhankelijk van de duur en de temperatuur zullen ze uiteindelijk dood gaan.

De aaltjes die op planten parasiteren, kunnen worden onderverdeeld in vrijlevende aaltjes en sedentaire aaltjes (met enkele tussenvormen). De eerste kunnen zich vrij bewegen door de bouwvoor. De sedentaire aaltjes, bijvoorbeeld cystenalen, zijn plaatsgebonden. Dit is niet het geval gedurende een korte periode van 'lokking' (uit de cyste komen onder invloed van door wortels van de waardplant uitgescheiden stoffen) en tijdens penetratie van de waardplant. In deze perioden worden afstanden van maximaal 1 à 2 cm overbrugd en is er kans op dispersie door overstroming. Voor deze beweging is in beide gevallen een goede vochtuishouding van de bodem noodzakelijk. Vrijlevende aaltjes zijn droogtegevoelig en hebben een vochtfilm nodig om zich door de grond te kunnen verplaatsen. Bij droogte verliezen zij vocht, rollen zich op en worden bewegingsloos in een poging te overleven. De sedentaire nematoden - de cystenalen - hebben de mogelijkheid door de vorming van cysten ongunstige omstandigheden te overleven. In het geval van zuurstofloze omstandigheden door waterberging zullen als eerste de vrijlevende aaltjes dood gaan. De cystenaaltjes zullen daarna het loodje kunnen leggen afhankelijk van de duur van de inundatie en de bodemtemperatuur. Onbekend is onder welke specifieke condities dit optreedt.

De plantenparasitaire aaltjes worden door waterberging op den duur gedood. Dit zou gunstig lijken voor het gewas nadat het water weer weg is. Echter de aaltjes die bacteriën, schimmels, andere aaltjes en zelfs insecten eten kunnen ook verdwijnen en zorgen voor een (tijdelijk) verminderde weerbaarheid van de bodem tegen ziekten. Er ontstaat een vacuüm waarbij moeilijk is te voorspellen welke organismen dat het snelst zullen opvullen. Een direct effect op aaltjes van waterberging zal dus een massale sterfte

zijn en indirect effect berust op verschuiving in soortensamenstelling en verstoring van het evenwicht tussen populaties.

Bij de hiervoor al genoemde praktijkproef met het inunderen van bollenland zijn ook waarnemingen gedaan aan het stengelaaltje *Ditylenchus dipsaci*. Van deze aaltjessoort was het aantal na 6 weken inundatie sterk afgenomen, maar er waren nog steeds levende aaltjes aanwezig in de bodem (Bron: Aad Koster, PPO-Bloembollen, Lisse).

Voor regenwormen geldt dat ze slecht tegen een langdurige met water doordrenkte bodem bestand zijn. Bij langdurige waterberging kunnen ze massaal afsterven. Door luchtinsluitingen in de bodem zal een deel van de populatie overleven. Kortdurende berging in de winter zal de minst grote effecten laten zien. Het effect van afsterven van regenwormen is verminderde bodemvruchtbaarheid. Indirect leidt het ontbreken van regenwormen ook tot afname van stapelvoedsel voor weidevogels. Dit kan consequenties hebben voor bedrijven die hier juist beheerspakketten voor hebben afgesloten (agrarisch natuurbeheer).

3.7 Insecten

Insecten, inclusief Springstaarten, Mijten en Duizendpoten, vormen een diverse groep organismen. De bodem speelt voor veel van deze soorten een belangrijke rol in hun levenscyclus. Sommigen soorten leven continu in de bodem. Veel soorten insecten brengen een deel van hun levenscyclus in de bodem door, vaak als larvale stadia. Voorbeelden hiervan zijn ritnaalden (larve van de kniptor), emelten (larve van de langpootmug) en engerlingen (larve van de meikever). Andere soorten zijn soms als pop in de bodem aanwezig (vlinders). Bepaalde soorten kunnen erg schadelijk voor gewassen zijn, denk bijvoorbeeld aan emelten in grasland. De meeste insecten daarentegen hebben een nuttige functie bij het functioneren van gezonde bodems/agro- ecosystemen.

Waterberging heeft een direct effect op insecten waarvan een deel van de levenscyclus zich in de bodem afspeelt. Ook voor niet mobiele soorten die op het gewas voorkomen zal waterberging funest zijn. Bij veel insecten heeft sterke vernatting extra mortaliteit tot gevolg (denk aan trips, verschimmelen van poppen van veel motjes). Van een aantal soorten die een deel van hun levenscyclus in de bodem doormaken is bekend dat ze onder natte omstandigheden beter gedijen (bijv. ritnaalden en engerlingen). Het is onbekend of deze soorten door waterberging afnemen of verdwijnen.

Een belangrijk negatief effect van waterberging kan zijn dat biologische evenwichten verschuiven (prooi-predator relaties). Hierdoor kunnen populaties plaaginsecten flink uitbreiden tot er een nieuw evenwicht is ontstaan. Er kan dan tijdelijk schade aan gewassen optreden. Ook soorten die een rol spelen in de bestuiving van gewassen kunnen tijdelijk uit gebieden verdwijnen. Dit geldt vooral voor tuinbouwgewassen, fruitteelt en sierteelten.

Met het inundatiewater kunnen larven of eieren van insecten met larvale stadia in watermilieus worden geïntroduceerd. Het effect hiervan lijkt op voorhand nog niet zo groot, zeker niet bij winterberging. Concrete aanwijzingen hiervoor zijn er niet.

Een indirect effect van waterberging kan zijn een effect op de sterkte en vorm van decompositie en ophoping van organisch materiaal, vooral nadat het inundatiewater verdwenen is. Sommige soorten (waaronder ook gewasbelagers profiteren hiervan) en kunnen dan tot schade leiden (wortelduizendpoten, springstaarten) of wel effecten in de voedselketen veroorzaken die uiteindelijk de plaagvorming beïnvloeden.

3.8 Onkruiden

Onkruiden zijn planten die groeien op een plaats waar ze nadelige effecten hebben op het gewas dat de beheerder met die plaats wil bereiken. In de landbouwcontext zijn onkruiden planten die een nadelig effect op het gewas hebben. Onkruiden kunnen daarentegen ook nuttige eigenschappen hebben (biodiversiteit, opvrolijken van het landschap).

Onkruiden zijn er in veel verschillende soorten en ze kunnen zich op verschillende manieren handhaven op een perceel en verspreiden (zie Bijlage 1). Onkruiden die veel op landbouwgronden aangetroffen worden zijn goed aangepast aan dynamische omstandigheden. Ze zijn als éénjarige of als overblijvende soorten met wortelstokken meestal redelijk tot goed bestand tegen vernatting, meestal beter dan gewassen.

Aangenomen mag worden dat bij vernatting van landbouwpercelen bepaalde onkruidsoorten meer kans zullen krijgen zich te vestigen en of handhaven. Daar staat tegenover dat inundatie bepaalde onkruidsoorten in dichtheid kan verminderen. Het gaat dan om soorten die met wortelstokken in de bodem overleven. De duur van de inundatie moet dan wel enkele weken zijn. Het is aannemelijk dat als de mate en de frequentie van vernatting hoog is, er een verschuiving komt naar waterminnende onkruidsoorten. Daar verder algemene uitspraken lastig zijn te maken, worden hierna nog twee typen processen besproken:

1. verspreiding van zaden en andere plantendelen via water
2. verschuiving van evenwichten/concurrentie tussen gewassen en onkruiden

Ad 1. Het voornaamste effect van waterberging op onkruiden lijkt de verspreiding van zaden te zijn. In dit verband zijn de belangrijkste bronnen van onkruidzaden de randen van percelen waar o.a. onkruidsoorten als tandzaad (2 soorten), waterpeper, brandnetel, haagwinde, kweek en heermoes voorkomen (Wees, 2001), maar ook ruderaal terreinen, verruigde bermen en dijken, en natuurontwikkelingsgebieden in de waterbergingomgeving. De belangrijkste onkruidsoort die via zaden met het water kan verspreiden is naar verwachting Ridderzuring (*Rumex obtusifolius*). Andere belangrijke onkruidsoorten waarvan het aannemelijk is dat zaden of vegetatieve delen met stromend water verspreid kunnen worden, zijn Haagwinde (*Calystegia sepium*), Kruipende boterbloem (*Ranunculus repens*), Kweek (*Elymus repens*), Brandnetel (*Urtica spp.*), Bitterzoet (*Solanum dulcamara*), Veenwortel en Waterpeper (*Polygonum spp.*), Heermoes (*Equisetum*), Tandzaadsoorten (*Bidens spp.*) en Akkerdistel (*Cirsium arvensis*). Voor Bitterzoet geldt dat deze drager kan zijn van de bruinrotbacterie. Vestigingskansen van deze soorten op vernatte percelen hangt af van de (gewas)condities op het perceel. De genoemde soorten zijn tevens soorten die gemakkelijk vanuit akkerranden het perceel in kunnen groeien op vegetatieve wijze.

Ad 2. Wanneer gebieden wat langer onder water staan zullen de meeste landbouwgewassen een groei-depressie vertonen (Bijlage II). Akkerbouwgewassen en groentegewassen kunnen snel afsterven bij waterstand op het perceel, en in graslanden kan de concurrentiepositie van productieve grassen afnemen. Hierdoor ontstaat er ruimte in het vegetatiedek en kunnen aanwezige onkruiden kiemen of uitbreiden. Dat effect wordt versterkt op plaatsen in bergingsgebieden waar veel slib wordt afgezet.

De belangrijkste soorten waarmee problemen verwacht worden bij vernatting en waterberging zijn: Ridderzuring in alle teelten, Kruipende boterbloem en Heermoes in grasland (vanwege schadelijk effect op vee), Bitterzoet in gebied waar vanwege verordeningen zijn om oppervlaktewater te gebruiken voor beregening, en enkele meerjarige soorten die gemakkelijk vanuit akkerranden het vernatte perceel in kunnen groeien (bijv. Veenwortel). Daarnaast zijn er een soorten die in bepaalde teelten moeilijk te bestrijden zijn (denk aan Tandzaad en Waterpeper in suikerbiet), waardoor extra inspanningen van de teler gevraagd worden om de zaak onder controle te houden.

Positieve effecten van waterberging op onkruiden treden vooral op bij langdurige berging. Dit is onderzocht in proeven met inundatie van bollen velden. Dat geldt ook voor ongewenste opslag van

productiegewassen (aardappel en bollen). Opslag van bolgewassen als *Sparaxis*, *Anemona* en *Brodiaea* werd binnen 4 weken totaal bestreden. Voor *Gladiola* was na 8 weken van de opslag nog steeds een deel vitaal. Alle onderzochte eenjarigen, te weten: Straatgras (*Poa annua*), 'Melde', (vermoedelijk *Chenopodium sp.*), 'Muur' (*Stellaria sp.*), Kleine brandnetel (*Urtica urens*) en 'Kruiskruid' (*Senecio sp.*) hadden niet te lijden van inundatie. (Bron Aad Koster, PPO-Bloembollen, Lisse)

Van de overige onderzochte overblijvende onkruiden bleken Akkerdistel (*Cirsium arvense*), Klein hoefblad (*Tussilago farfara*) en Kweek (*Elymus repens*) na 4 weken inundatie geheel verdwenen. Daarentegen werden Akkerkers (*Rorippa sylvestris*) en Knolcyperus, (*Cyperus esculentus*), ook na 10 weken, niet beïnvloed.



Figuur 3.9. Slootkanten kunnen een bron van biodiversiteit zijn, maar ook een bron van onkruiden.



Figuur 3.10. Ridderzuring als zaaddragende plant in grasland.

3.9 Slakken en enkele hogere diersoorten

In deze vergaarcategorie worden nog kort enkele soorten genoemd die regelmatig in landbouwgewassen aangetroffen kunnen worden en die soms schade aan het gewas kunnen aanbrengen.

Voor hogere dieren die zich op poten voortbewegen, zoals muizen, hazen, maar ook mollen geldt dat waterberging veelal negatief zal uitpakken doordat ze verdrinken of wegvlugten. Dat betekent ook dat eventuele schade door deze soorten tijdelijk achterwege blijft. Na een periode van waterberging kunnen

deze soorten zich echter als plaag ontwikkelen door gebrek aan concurrentie of omdat hun voedsel minder geconcentreerd aanwezig is, zeker als het gaat om een groot gebied gaat dat onder water heeft gestaan.

Voor de gevleugelde hogere dieren geldt in principe ook dat waterberging bepaalde soorten tijdelijk zal verjagen. Echter, door de grote mobiliteit van vogels zal dit zich snel kunnen opheffen mits het areaal dat onder water staat klein is en de onderwaterzetting niet al te lang is. Andere vogelsoorten zullen aangetrokken worden door vernatting of waterberging. Denk hierbij aan watervogels. Bij vernatting neemt de kans toe dat watervogels (bijv. ganzen) meer op landbouwpercelen gaan vertoeven en zullen gaan vreten van eventueel aanwezig gewas.

Tot slot worden hier nog slakken genoemd. Over deze brede groep van organismen kan gesteld worden dat bepaalde soorten gestimuleerd zullen worden terwijl andere soorten geremd zullen worden door vernatting en waterberging. In principe gedijen slakken goed bij natte omstandigheden, en dus mag aangenomen worden dat bij vernatting meer slakken kunnen worden aangetroffen. Landslakken (vooral naaktslakken) daarentegen zullen veelal afsterven door waterberging. Onduidelijk is of dit ook plaatsvindt bij hun eikapsels. Of schadelijke effecten van slakken op landbouwgewassen toe zullen nemen als gevolg van vernatting is niet bekend. Wel duidelijk is dat de kans op leverbotaantasting bij vee door een slakje toeneemt onder natte omstandigheden (Cornelissen *et al.*, in prep.).

4. Discussie met aanbevelingen

Waterminnende organismen zullen toe nemen bij vernatting van agro-ecosystemen. Dit geldt dus ook voor die gewasbelagers die kunnen profiteren van een nattere omgeving. Als dit geprojecteerd wordt op de thans bekende ziekten, plagen en onkruiden, dan komt daar een beeld uit dat bij vernatting een aantal van deze gewasbelagers meer kans van optreden zullen krijgen, en dat de kans op gewasschade door deze gewasbelagers toeneemt. In de onderstaande tabel staan deze gewasbelagers nog eens samengevat weergegeven.

Tabel 4.1. Samenvatting gewasbelagers die meer kans krijgen bij vernatting.

Aanduiding gewasbelager	Opmerking
Bruinrot bij aardappel	Quarantaine-organisme. In gebieden waar dit organisme reeds in oppervlaktewater voorkomt neemt de kans op de ziekte door vernatting en waterberging toe. Import van besmet water in bruinrotvrije gebieden dient voorkomen te worden.
Rhizomanie bij suikerbiet	Kans op verspreiding binnen percelen in besmettingsgebieden binnen neemt toe bij vernatting omdat de vector beter kan gedijen.
Knolvoet bij koolsoorten	Kans op verspreiding neemt toe bij vernatting omdat de vector beter kan gedijen.
Meloidogyne aaltjes	Kans op verspreiding neemt toe bij vernatting. Import van besmet water dient voorkomen te worden als er quarantaine soorten in het spel zijn.
Slakken	Bepaalde soorten slakken zullen profiteren van natte omstandigheden.
Onkruiden (diverse soorten)	Enkele soorten onkruiden zullen meer kans krijgen bij vernatting, en tot gevolg hebben dat extra bestrijdingsmaatregelen ingezet moeten worden. De belangrijkste soort lijkt Ridderzuring naast circa 10 andere soorten.
Vogelvraat	Waterberging kan leiden tot meer watervogels in een bergingsgebied, die zich dan mogelijk te goed gaan doen aan landbouwgewassen.
Micro-organismen die toxinen kunnen produceren	Blootstelling van een gewas of geoogst product aan water kan leiden tot algengroei of groei van schimmels op de producten, met mogelijk (myco)toxinenproductie op de producten.

Een prioritering van de bovengenoemde gewasbelagers op potentiële schadelijkheid en risico bij vernatting is op basis van deze studie niet mogelijk. Het is wel een logische (vervolg)vraag. Veel hangt hierbij af van het perspectief. Vanuit voedselveiligheidsperspectief zijn toxines het meest schadelijk/

ongewenst. Voor export daarentegen zijn quarantaine-organismen het meest schadelijk/ongewenst. Vanuit schaalperspectief zou de meeste schade op graslanden verwacht mogen worden omdat die naar verwachting het meest te maken zullen krijgen met vernatting/waterberging. Hoe het ook zij, de genoemde acht soorten/categorieën gewasbelagers kunnen flinke reducties in gewasopbrengsten geven dan wel meerkosten voor bestrijding met zich meebrengen.

In de voorgenoemde tabel wordt het begrip onkruid breed gehanteerd. De belangrijkste onkruidsoorten waarmee problemen verwacht worden bij vernatting en waterberging zijn: Ridderzuring in alle teelten, Kruipende boterbloem en Heermoes in grasland (vanwege schadelijk effect op vee), Bitterzoet in gebied waar vanwege verordeningen zijn om oppervlaktewater te gebruiken voor beregning, en enkele meerjarige soorten die gemakkelijk vanuit akkerranden het vernatte perceel in kunnen groeien (bijv. Veenwortel). Daarnaast zijn er een soorten die in bepaalde teelten moeilijk te bestrijden zijn (bijv. Tandzaad en Waterpeper in suikerbiet).

Factoren die van belang zijn bij verdieping in eventuele schade door de bovengenoemde organismen zijn tijdstip, duur en frequentie van vernatting, de aanwezigheid van bronnen (haarden), de mobiliteit van de gewasbelager (in water), het grondgebruik en het beheer na de vernatting/waterberging. Punt van aandacht is ook de eventuele acties die gedaan zullen worden om de schade in te perken. Veelal zal dat zijn het inzetten van bestrijdingsmiddelen tegen gewasbelagers. Hier ligt een spanningsveld omdat de normen voor bestrijdingsmiddelen in oppervlaktewater al streng zijn, en in de toekomst mogelijk nog strenger worden als de kaderrichtlijn water doorgevoerd wordt.

Wat niet uit voorgenoemde tabel blijkt is dat waterberging een effect op het gehele agro-ecosysteem zal hebben, en dat waarneembare effecten daarvan niet simpel te voorspellen zijn. Nuttige organismen zullen namelijk net als gewasbelagers ook beïnvloed worden, soms in positieve zin of in negatieve zin. Als belangrijke soorten uit het agro-ecosysteem wegvallen, dan kunnen opeens andere soorten (nuttig of schadelijk) veel meer kans krijgen zich te vestigen/handhaven. Zoals gezegd, dit soort verschuivingen zijn nauwelijks te voorspellen. Biodiversiteit zou in sommige gevallen toe kunnen nemen. Echter, bij grootschalige en langdurige vernatting van landbouwgronden, met water boven maaiveld gedurende langere tijd, mag men er van uitgaan dat de biodiversiteit tijdelijk zal afnemen. Dit hoeft niet perse schadelijk te zijn voor opbrengsten van landbouwgewassen (zie effecten van inundatie op bepaalde onkruiden in hfdst. 3)

Op basis van de gepresenteerde gegevens en de geconstateerde gaten in kennis komen wij tot de volgende aanbevelingen om het inzicht in de effecten van gewasbelagers op landbouwgewassen bij vernatting te vergroten:

1. Monitoring in praktijksituaties waar vernatting en waterberging thans gedaan wordt,
2. Een inschatting maken van de risico's van de geprioriteerde gewasbelagers bij verschillende scenario's van vernatting,
3. Ontwikkelen betere inzichten verspreiding/mobiliteit van de gewasbelagers in waterbergingsgebieden in relatie tot verschillende scenario's,
4. Ontwikkelen van betere inzichten in effecten van vernatting op (evenwichten tussen soorten in) het agro-ecosysteem en effecten op biodiversiteit.

Binnen dit onderzoek zouden gewasbeschermingskundigen nauw samen moeten werken met hydrologen en agronomen.

5. Literatuur

- Cornelissen, A.H.M., W.C. Knol, J. Harmsen, C. Kempenaar, W.C. Knol & W. van der Zwerde.
Effecten van waterberging op planten- en dierziekten en contaminanten. Stowa rapport xx, in prep.
- Knol, W.C., E.M. Jokovi, A. Blankena, W.J.H. Meulenkamp, H.S.D. Naeff & T.J. Weijschede, 2002.
Een vergelijking van potentiële noodoverloopgebieden op aspecten van natuur, landschap en cultuurhistorie en landbouw. Alterra, Wageningen. rapport 522.
- Lamers, J.G., W.J. Blok, G.C.M. Coenen & L.P.G. Molendijk, 1997.
Biologische grondontsmetting ter bestrijding bodempathogenen, Gewasbescherming 28, 72-74.
- Meeuwse, R., 2002.
(Landbouw) economische benadering WB21 t.b.v. de deelstroomgebiedsvisie Zeeland. DLG, Goes.
- Muller, P.J. & A.Th.J. Koster, 1985.
Inundatie als bestrijdingsmethode tegen ziekteverwekkers, onkruid en opslag, Bloembollencultuur, 12-15.
- Scheffer, F. & P. Schachtschnabel, 1966.
Lehrbuch der Bodenkunde, Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart, 473 p.
- Sival, F.P., P.C. Jansen, B.S.J. Nijhof & A.H. Heidema, 2002.
Overstroming en vegetatie; literatuurstudie over de effecten van overstroming op voedselrijkdom en zuurgraad. Alterra, Wageningen. rapport 335.
- Stumpe, J. & F. Tielrooy, 2000.
Waterbeleid voor de 21e eeuw; advies van de commissie waterbeheer 21e eeuw. Den Haag, Commissie Waterbeheer 21e eeuw.
- Wees, B. van, 2001.
Effect van winteroverstroming op de verspreiding van zaden in de uiterwaarden. IAHL, Velp.

Bijlage I.

Verspreidingswijzen van onkruiden (Scheepens, 2003)

Ruimtelijke verspreiding van onkruiden kan verlopen via de volgende processen:

- Verspreiding door wind
- Verspreiding door dieren
- Verspreiding door water
- Vegetatieve vermeerdering en groei
- Verspreiding door toedoen van de mens
 - Ontwikkeling van het landschap
 - Beregening met oppervlaktewater
 - Verplaatsen van grond
 - Machines van loonwerkers
 - Organische resten (mest, maaisel, compost)
 - Zaaizaad en pootgoed
- Actieve verspreiding door de plant zelf
- Geen actieve verspreiding (verticale verspreiding door zwaartekracht)

Bijlage II.

Effecten op productiegewassen

Door zuurstoftekort in de bodem kan waterberging tot een groeidepressie leiden met stress tot gevolg. Als gevolg van stress zijn de wortels, maar vooral ook de bovengrondse plantendelen, veel gevoeliger voor aantasting door schimmelziekten. Gewassen verschillen in hun gevoeligheid voor stress door zuurstoftekort in de bodem. Gevoelige soorten in graslandvegetaties zijn klaversoorten (*Trifolium sp.*), *Lolium perenne* (Engels raaigras), Kropaar (*Dactylis glomerata*), Frans raaigras (*Arrhenatherum elatius*), Veldbeemdgras (*Poa pratensis*) en Rood zwenkgras (*Festuca rubra*). Minder gevoelig zijn Timotheegras (*Phleum pratense*), Veldbeemdgras (*Festuca pratensis*), Vossestaart (*Alopecurus pratensis*) en Ruw beemdgras (*Poa palustris*).

In een gebied met een zeer frequente waterberging de vegetatie zich steeds meer aanpassen aan het regime en duur van de berging. Voorbeelden daarvan zijn de lage uiterwaarden langs de rivieren en de lage beekdalgronden. Hier zal de aantasting door ziekten als gevolg van stress minder groot zijn dan in gebieden die sporadisch gebruikt worden voor waterberging (bv. eens in de 10 jaar). De gewasopbrengsten liggen daar echter ook lager. Ziekteverwekkers die op door waterberging gestresste planten (m.n. grassen) een verhoogd risico kunnen vormen behoren vooral tot de geslachten *Gaeumannomyces*, *Microdochium*, *Fusarium*, *Rhizoctonia* en *Drechslera*.

Qua soortensamenstelling bestaat het huidige intensief gebruikte en hoogproductieve grasland vooral uit Engels raaigras (*Lolium perenne*). Inundatie van dit type grasland zal leiden tot een achteruitgang van de productie door verschuiving naar minder productieve soorten. Bij kort durende berging, enkele dagen, valt dit effect nog mee. Wel zal er al snel de noodzaak gevoeld worden het grasland opnieuw in te zaaien. Juist in gebieden met een wat langere plas-dras situatie tijdens of na berging kan lokaal ook nog wat extra schade optreden door vogels (ganzen, eenden, meerkoeten).

Akkerbouwgewassen die ten tijde van de berging op het land staan moeten als verloren worden aangemerkt, o.a. door verrotting van ondergrondse delen. Ook kan de kwaliteit van het oogstbaar product sterk achteruitgaan. Een precieze dosis-effect relatie is moeilijk aan te geven. In onderstaande tabellen wordt een globale (praktische) inschatting van gewassterfte door waterberging samengevat (Meeuwse, 2002). Deze uitkomsten zijn indicatief en niet gestaafd door gericht onderzoek.

Tabel II-1. Effect van overstromingsduur en temperatuur op schade aan aardappelen (Meeuwse, 2002).

	Temperatuur		
	12° C	16° C	20° C
overstromingsduur			
dag 1	0%	0%	41%
dag 2	5%	79%	100%
dag 3	49%	100%	100%
dag 4	100%	100%	100%

Tabel II-2. *Geschatte overlevingsduur (in dagen) van landbouwgewassen bij waterberging in verschillende maanden van het jaar (Meeuwse, 2002).*

Gewas	sterfte na n dagen	jan	feb	mrt	apr	mei	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec
gras	35-100	100	100	35	35	35	35	35	35	35	35	100	100
tuinbouw	2-4					2,5	4	4	4	4	4		
fruit	8-20	25	25	10	10	25	25	25	25	10	10	25	25
wintertarwe	3-8	8	8	8	8	8	8	8	8		3	3	8
zomergerst	3-6			3	3	6	6	6	6				
aardappelen	2,5				2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5			
bieten	4-8				4	4	8	8	8	8	8	8	