

WATERBERGING OP LANDBOUWGRONDEN



RAPPORT

2003

19

Waterberging op landbouwgronden

Effecten op plant- en dierziekten, onkruiden en contaminanten

RAPPORT

2003

19

ISBN 90.5773.226.2



COLOFON

Utrecht, 2003

UITGAVE STOWA, Utrecht

BEGELEIDINGSCOMMISSIE

C. Griffioen	Waterschap Groot Salland (voorzitter)
S. Helmyr	STOWA
W. Koops	Productschap Zuivel
A. Kors	RIZA
A. te Pas	Waterschap Rijn en IJssel
M. Talsma	STOWA
L. Vollebregt	ZLTO
P. de Vries	Unie van Waterschappen

TEKST HOOFDRAPPORT

A.H.M.Cornelissen	CIDC, Lelystad
J. Harmsen	Alterra, Wageningen
C. Kempenaar	PRI, Wageningen
W.C. Knol (red.)	Alterra, Wageningen
W. van der Zweerde	PRI, Wageningen

HULPTABEL	J. Vermaar	IVM-Vu
	L. Bos	CLM

DRUK Kruyt Grafisch Advies Bureau

STOWA rapportnummer 2003-19

ISBN 90.5773.226.2

TEN GELEIDE

Sinds de studie van de commissie Waterbeheer 21^e eeuw is het begrip waterberging ingeburgerd. Het beeld van tijdelijk ondergelopen landbouwgronden of delen daarvan is voor de Nederlandse Melkveehouders Vakbond en voor de waterbeheerders aanleiding geweest de Unie van Waterschappen via STOWA te vragen onderzoek te laten uitvoeren naar de effecten van waterberging op de landbouw. In het bijzonder gaat het om de effecten van berging op de verspreiding van plant- en dierziekten, onkruiden en contaminanten.

De achtergrond van deze vraag ligt in het ontbreken van inzichten in mogelijke risico's voor de landbouw en in het zoeken naar handvaten om de negatieve effecten van waterberging te minimaliseren.

Een volledig antwoord op deze vragen is niet mogelijk. Het landbouwkundig onderzoek heeft zich tot voor kort altijd gericht op de optimalisatie van productieomstandigheden. De kennis van het rapport is vervat in een eenvoudige, op de praktijk toegesneden hulptabel waarmee de effecten en risico's van de verschillende typen berging op een rij worden gezet.

De studie is uitgevoerd door een drietal instituten: Alterra Wageningen, Centraal Instituut voor Dierziekte Controle (CIDC-Lelystad) en Plant Research International te Wageningen (PRI). De vertaling van expertise naar een hulptabel voor waterbeheerders is uitgevoerd onder verantwoordelijkheid van het IVM te Amsterdam en het CLM te Utrecht.

De (Excel) hulptabel is te downloaden via www.stowa.nl à producten à beschikbare producten à publicaties à watersystemen.

Het project werd begeleid door een begeleidingscommissie waarin de volgende personen zitting hadden:

Chris Griffioen	Waterschap Groot Salland (voorzitter)
Sabrina Helmyr	STOWA
Willem Koops	Productschap Zuivel
Arthur Kors	RIZA
Alfred te Pas	Waterschap Rijn en IJssel
Michelle Talsma	STOWA
Leo Vollebregt	ZLTO
Pierre de Vries	Unie van Waterschappen

Daarnaast hebben nog tal van personen suggesties gedaan en vragen gesteld die hebben bijgedragen aan deze rapportage.

Oktober 2003

Ir J.M.J. Leenen
Directeur van de STOWA

SAMENVATTING

AANLEIDING

Verwacht wordt dat klimaatveranderingen in Nederland zal leiden tot grote veranderingen in de waterhuishouding. Hierop is het huidige afvoersysteem niet berekend. De commissie Waterbeheer 21^e eeuw heeft de consequenties hiervan doorgerekend en komt tot de conclusie dat een ander type waterbeheer dringend gewenst is om grote economische schade te voorkomen. De belangrijkste aanbevelingen van deze commissie zijn: eerst water vasthouden, dan bergen en daarna pas afvoeren. De consequentie hiervan is dat er gebieden nodig zijn waar tijdelijk water kan worden 'geparkeerd'. Ze moeten grotere schade elders te voorkomen.

Door waterbeheerders van het regionale watersysteem en grondgebruikers is de vraag gesteld wat de mogelijke effecten zijn van waterberging op de verspreiding van contaminanten, plant- en dierziekten en onkruiden en wat de risico's hiervan zijn voor de landbouw.

DOELSTELLING ONDERZOEK

In deze studie zijn met een *quick scan* deze effecten van waterberging onderzocht. Het accent ligt daarbij op het regionale watersysteem. Daarvoor is een inventarisatie uitgevoerd van bestaande kennis bij deskundigen en is de literatuur verkend. Het accent in deze studie ligt op die stoffen en organismen die in de melkveehouderij en akkerbouw risicovol zijn. Het blijkt dat er nog niet eerder gericht onderzoek is verricht naar de relatie tussen waterberging en plant- en dierziekten. Kennis over effecten van waterberging op contaminanten is vooral ontleend aan onderzoek in het rivierengebied.

Van alle relevante contaminanten (zware metalen, PAK's etc.), plant- en dierziekten en onkruiden is aangegeven door welke omstandigheden ze worden beïnvloed, welke processen er in de bergingsgebieden spelen en wat de effecten zijn op gewassen en vee.

EFFECTEN VAN WATERBERGING

Belangrijke effecten van waterberging worden vooral bepaald door de:

- periode van berging (zomer- of winterhalfjaar)
- duur van de berging (dagen of weken)
- frequentie van de berging (jaarlijks of minder dan eens per 10 jaar)
- kwaliteit en herkomst van het bergingswater (gebiedseigen of gebiedsvreemd)
- grondgebruik en gewassen in het bergingsgebied
- aanwezigheid van infectiehaarden en contaminatiebronnen

Waterberging heeft een beperkt effect op de risicovolle beschikbaarheid en verspreiding van de meeste **contaminanten** (zware metalen, PAK's, bestrijdingsmiddelen, nutriënten) in het bergingsgebied. Alleen bij jaarlijkse waterberging met vervuild sediment zal waterberging substantieel bijdragen aan de belasting van de bodem. Deze is dan vergelijkbaar met de jaarlijkse belasting door mestgift en diffuse bronnen. Afgezien van historische contaminatie en calamiteiten komt momenteel alleen zink door berging in relevante concentraties voor. De opname van contaminanten in het gewas beperkt zich tot situaties in het groeiseizoen, direct na waterberging. Contaminanten uit riooloverstorten, onderwaterbodems en zuive-

ringsinstallaties dragen weliswaar bij aan de belasting van het bergingswater maar worden ook sterk verdund. In fosfaatverzadigde bodems kan fosfaat uit de bodem oplossen en zich in hoge concentraties via het oppervlaktewater verspreiden. Dat geldt ook voor nitraat wanneer berging optreedt in perioden direct na bemesting van de grond.

Een neveneffect van waterberging is dat contaminanten verspreid raken op percelen die daarvan in het verleden gevrijwaard bleven. Door het verdunningseffect zal dit niet tot relevante concentraties leiden.

Plantenziekten die bij waterberging tot een extra risico leiden doen zich vooral voor bij akkerbouwgewassen zoals bruinrot en ringrot in aardappelen. Voor bruinrot geldt dat in gebieden met een beregeningsverbod, waterberging een probleem wordt. Voor de overige gewassen lijkt het risico op het opreden van plantenziekten beperkt. Waterberging leidt weliswaar tot verspreiding van een aantal plantenziekten maar meestal komen ze pas tot expressie wanneer de gewasconditie slecht is en de meteorologische condities ongunstig zijn (schimmels). Wel kunnen geogoste producten zoals hooi of kuilvoer aangetast worden. Het voeren van deze producten aan vee kan daardoor gevolgen hebben voor de melk-kwaliteit.

Het effect van waterberging op grootschalige schade door **onkruiden** lijkt gering. Er treedt weliswaar verspreiding van een beperkt aantal onkruidzaden op, maar dit leidt niet tot grootschalige onkruidexplosies. De standplaatscondities voor onkruiden worden bij waterberging namelijk niet wezenlijk veranderd omdat berging slechts tijdelijk is. Alleen op plekken waar veel sediment wordt afgezet, kunnen onkruiden lokaal toenemen. De soorten die hierbij de grootste bedreiging geven zijn soorten uit akkerranden en slootbermen die gemakkelijk met water verspreiden zoals ridderzuring.

Berging kan leiden tot aanzienlijke gewasreductie en verrotting van gewassen en dus tot economische schade. Dit speelt vooral bij tuin- en akkerbouwgewassen. Afhankelijk van het type gewas, kan al na enkele dagen (aardappelen) aanzienlijk groeireductie en schade optreden. Ook hier geldt dat berging in het groeiseizoen grotere effecten teweeg brengt.

Het effect van waterberging op het voorkomen en de verspreiding van **dierziekten** lijkt op het eerste gezicht beperkt. Van frequent overstromde gebieden zoals de uiterwaarden zijn geen grote uitbraken of infecties van dierziekten bekend. Wel kan waterberging in combinatie met andere factoren (vernatting en regenrijke perioden) de infectiegraad doen toenemen zoals bij rotkreupel, leverbot en schimmel in ruwvoerders. Ook kunnen pathogenen terecht komen op niet geïnfecteerde percelen, maar de infectiegraad is dan dermate laag dat uitbraken niet te verwachten zijn. Riooloverstorten, mest en zuiveringsinstallaties gelden als potentiële infectiebronnen, maar ook hier is het verdunnend effect bij waterberging dermate groot dat het risico op het uitbreken van dierziekten beperkt is. Ook hiervoor geldt dat berging in de zomerperiode risicovoller is. De opname van contaminanten door vee via het gewas is beperkt.

De doorwerking naar eindproducten en de certificering van bedrijven is niet onderzocht maar kan een punt van aandacht zijn. Voor een aantal typen bedrijven is de toepassing van een aantal stoffen zoals kunstmest en bestrijdingsmiddelen niet toegestaan. Door waterberging kunnen deze stoffen zich wel verspreiden. Dat geldt in de toekomst mogelijk ook voor Genetisch Gemodificeerde Organismen.

RISICO'S VAN WATERBERGING

De belangrijkste risicofactoren bij waterberging zijn:

- duur, periode en frequentie van de berging
- aanwezigheid van bodemcontaminatie en infectiehaarden
- kwaliteit inlaatwater
- grondgebruik en gewas
- landbouwkundig beheer direct na de berging

De feitelijke risico's voor de landbouw in bergingsgebieden beperken zich vooral tot de fysieke schade aan gewas en oogst. Risicovolle verspreiding van contaminanten doet zich vooral voor bij aanvoer van een slechte waterkwaliteit en lokale verontreinigingsbronnen. Fosfaatverzadigde bodems en net uitgereden mest hebben een negatieve invloed op de waterkwaliteit. Voor enkele plantenziekten zoals bruinrot zijn er een groot risico op verspreiding. Voor dierziekten lijken er zich geen risicovolle situaties voor te doen.

In overlooppolders en bij meestromende berging, waarin wateraanvoer van elders plaatsvindt, kunnen risico's wat groter zijn dan in bergingsgebieden met gebiedseigen water. Voor alle aspecten geldt dat waterberging in het groeiseizoen risicovoller is omdat biologische en chemische processen door hogere temperaturen in deze periode sneller verlopen. Ook bij langdurige berging nemen de risico's toe. Voorlopig wordt verwacht dat waterberging vooral in het winterhalfjaar zal optreden en in veel gevallen met een lage frequentie en een korte duur.

AANBEVELINGEN

De risico's op ziekten en contaminatie kunnen nog verder verkleind worden door:

- een goede bedrijfsvoering en beperking van risicovolle gewassen
- verbetering van de (water)bodem- en waterkwaliteit in bergingsgebieden en ook die van aanvoerwater
- afkoppeling van RWZI's, riooloverstorten en beveiliging van puntbronnen

De onzekerheid over precieze effecten en risico's van waterberging binnen het regionale watersysteem is vrij groot gegeven het feit dat het hier om een nieuw onderzoeksveld gaat en er onvoldoende data beschikbaar zijn. Om risico's en schade op bedrijfs- en gebiedsniveau te kunnen beoordelen is er meer basale expertiseontwikkeling en gebiedspecifieke informatie nodig.

Kennisontwikkeling zou zich moeten toespitsen op zowel waterberging als vernatting en op de volgende aspecten:

- de verspreiding van stoffen en organismen via bergingswater
- de effecten van verschillende soorten berging en vernatting op groeiomstandigheden voor gewassen en reproductie van organismen
- de doorvertaling naar relevante plant- en dierziekten en de bodemfauna
- de doorwerking naar de voedselketen (certificering)

LEESWIJZER

Deze rapportage is opgebouwd uit een hoofdrapport en een interactieve hulptabel met handleiding.

HOOFDRAPPORT

Hoofdstuk 1 beschrijft de aanleiding voor dit onderzoek en de randvoorwaarden waarbinnen het onderzoek is uitgevoerd.

In *hoofdstuk 2* wordt de aard en omvang van het begrip waterberging gedefinieerd. Ook worden relevante processen beschreven die van invloed zijn op het voorkomen en de verspreiding van contaminanten, plant- en dierziekten en onkruiden.

In *hoofdstuk 3* wordt beschreven welke relevante stoffen en organismen er bij waterberging in het geding zijn. Hiervan wordt aangegeven welke effecten ze hebben op gewas en vee en hoe dit door waterberging wordt beïnvloed.

Hoofdstuk 4 beschrijft de belangrijkste risicofactoren bij waterberging en welke risico's van waterberging op stoffen, plant- en dierziekten hiermee gepaard gaan.

Hoofdstuk 5 bevat de conclusies, discussie en aanbevelingen voor verder onderzoek. Ook worden er aanbevelingen gedaan voor het beheer en gebruik van bergingsgebieden.

BIJLAGEN

Als bijlagen is de *handleiding* voor de interactieve hulptabel toegevoegd. De hulptabel is te downloaden via www.stowa.nl à producten à beschikbare producten à publicaties à watersystemen. Hierin zijn op een sterk vereenvoudigde wijze effecten en risico's van waterberging samengevat in een interactieve tabel. De informatie is ontleend aan het hoofdrapport. Met de hulptabel kan de lezer snel inzicht krijgen in de belangrijkste effecten en risico's van waterberging op landbouw. De bijlagen zijn ontwikkeld onder verantwoordelijkheid van het Instituut Voor Milieuvraagstukken van de Vrije Universiteit Amsterdam (IVM) en Centrum voor Landbouw en Milieu (CLM).

DOWNLOAD

Hulptabel à www.stowa.nl <<http://www.stowa.nl>> à producten à beschikbare producten à publicaties à watersystemen.

DE STOWA IN HET KORT

De Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer, kortweg STOWA, is het onderzoeksplatform van Nederlandse waterbeheerders. Deelnemers zijn alle beheerders van grondwater en oppervlaktewater in landelijk en stedelijk gebied, beheerders van installaties voor de zuivering van huishoudelijk afvalwater en beheerders van waterkeringen. In 2002 waren dat alle waterschappen, hoogheemraadschappen en zuiveringsschappen, de provincies en het Rijk (i.c. het Rijksinstituut voor Zoetwaterbeheer en de Dienst Weg- en Waterbouw).

De waterbeheerders gebruiken de STOWA voor het realiseren van toegepast technisch, natuurwetenschappelijk, bestuurlijk juridisch en sociaal-wetenschappelijk onderzoek dat voor hen van gemeenschappelijk belang is. Onderzoeksprogramma's komen tot stand op basis van behoefteinventarisaties bij de deelnemers. Onderzoekssuggesties van derden, zoals kennisinstituten en adviesbureaus, zijn van harte welkom. Deze suggesties toetst de STOWA aan de behoeften van de deelnemers.

De STOWA verricht zelf geen onderzoek, maar laat dit uitvoeren door gespecialiseerde instanties. De onderzoeken worden begeleid door begeleidingscommissies. Deze zijn samengesteld uit medewerkers van de deelnemers, zonodig aangevuld met andere deskundigen.

Het geld voor onderzoek, ontwikkeling, informatie en diensten brengen de deelnemers samen bijeen. Momenteel bedraagt het jaarlijkse budget zo'n vijf miljoen euro.

U kunt de STOWA bereiken op telefoonnummer: +31 (0)30-2321199.

Ons adres luidt: STOWA, Postbus 8090, 3503 RB Utrecht.

Email: stowa@stowa.nl.

Website: www.stowa.nl.

SUMMARY

To prevent unexpected flooding in the Netherlands caused by future climate changes temporary water storage is necessary. Water retention near streams and rivers was considered as a useful solution to protect economic important regions from extreme floodings. The location of these retention areas is based on the best hydraulic and hydro-logical circumstances. About 500 000 hectare, mainly grassland and some arable land, will be selected as future retention area.

Both farmers and the regional water board were concerned about the impact of water retention on dispersal of plant- and animal diseases and contamination of soil and crops with pollutants. In this study a quick scan was made at the national scale to survey the possible impact of controlled flooding on diseases and contamination. The study focused on dairy farms with grassland and maize and the traditional arable crops like potatoes, wheat and sugar beet.

The impact of water retention on **contamination** with heavy metals, organic pollutants, pesticides and nutrients seems low. There can be a peak in the release of contaminants but the concentration in the flooding water will be in general below the critical tolerances. Exceptions are found in areas with historic contamination from industry and waste storage or when disasters will take place e.g. flooding of chemical plants. Only when streams contain high concentrations of contaminated sediment a substantial accumulation will take place and frequent flooding is a serious problem

It is not likely that pests and diseases of crops including weeds are stimulated due to flooding. Individual species might be stimulated. *Raltonia* (brown rot in potato is probably the largest risk. Other, smaller potential risks are blue algae, weak pathogens, such as *Fusaria* on grass, *Rhizomania*, *Meloidogyne* nematodes and some weed species (e.g. *Rumex obtusifolius*).

Most **plant diseases** will not increase due the flooding till a critical infection level. Only some arable crops like potatoes can be seriously infected by harmful diseases like *Ralstonia solanacearum*. Beside some diseases there will be physical damage to crops and growth of grasses is limited.

Serious **cattle diseases** caused by temporary flooding are not expected looking at farms in floodplain areas near the river Rhine during the last decades. Some diseases and parasites can increase, but their density will probably be below the critical infection level. Heavy metals on grasses (sediment) and in the top soil are limited. Only in very frequent flooded areas with high polluted sediment there is temporary risk of high concentration heavy metals in crops.

In general there seems low risk for food production and health of cattle when agriculture areas are used for temporary water retention. However flooding can cause economic damage to certain crops and spread some plant diseases.

The risk for diseases and contamination will increase in the next situation:

- when the duration and frequency of flooding will increase;
- water retention takes place in the vegetation season;
- there are high contaminated sources in the area;
- when flooded takes place with water from outside the area

This study shows that the influence of flooding on animal and plant diseases and contaminants is complex. Many interacting processes can take place and there is a gap in basic knowledge and data to predict risks at a local and regional level.

STOWA IN BRIEF

The Institute of Applied Water Research (in short, STOWA) is a research platform for Dutch water controllers. STOWA participants are ground and surface water managers in rural and urban areas, managers of domestic wastewater purification installations and dam inspectors. In 2002 that includes all the country's water boards, polder and dike districts and water treatment plants, the provinces and the State.

These water controllers avail themselves of STOWA's facilities for the realisation of all kinds of applied technological, scientific, administrative-legal and social-scientific research activities that may be of communal importance. Research programmes are developed on the basis of requirement reports generated by the institute's participants. Research suggestions proposed by third parties such as centres of learning and consultancy bureaux, are more than welcome.

After having received such suggestions STOWA then consults its participants in order to verify the need for such proposed research.

STOWA does not conduct any research itself, instead it commissions specialised bodies to do the required research. All the studies are supervised by supervisory boards composed of staff from the various participating organisations and, where necessary, experts are brought in.

All the money required for research, development, information and other services is raised by the various participating parties. At the moment, this amounts to an annual budget of some five million euro.

For telephone contact STOWA's number is: (31 (0)30-2321199.
The postal address is: STOWA, P.O. Box 8090, 3503 RB, Utrecht.

E-mail: stowa@stowa.nl.

Website: www.stowa.nl.

WATERBERGING OP LANDBOUWGRONDEN

INHOUD

	Colofon	
	Ten geleide	
	Samenvatting	
	Leeswijzer	
	Stowa in het kort	
	Summary	
	Stowa in brief	
1	INLEIDING	1
	1.1 Achtergrond	1
	1.2 Onderzoeksvraag en doelstelling	1
	1.3 Inkadering	2
	1.4 Uitvoering onderzoek	2

2	METHODE	3
2.1	Begrippenkader	3
2.2	Karakteristieken van waterberging	4
2.3	Landbouw in bergingsgebieden	7
3	EFFECTEN VAN WATERBERGING	9
3.1	Effecten op contaminanten	9
3.1.1	Aanwezige contaminanten	10
3.1.2	Inlaat van contaminanten	15
3.2	Effecten op plantenziekten en onkruiden	18
3.2.1	Bacteriën, algen en protozoën	19
3.2.2	Schimmels	20
3.2.3	Aaltjes en wormen	22
3.2.4	Insecten	23
3.2.5	Overige organismen	24
3.2.6	Onkruiden	24
3.2.7	Effecten op productiegewassen	25
3.3	Effecten op dierziekten	26
3.3.1	Chemische verontreiniging	27
3.3.2	Biologische effecten	33
4	RISICO'S	41
4.1	Risicofactoren	41
4.1.1	Contaminanten	41
4.1.2	Plantenziekten en onkruiden	42
4.1.3	Diergezondheid	43
4.2	Risico's	44
5	CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	47
5.1	Effecten	47
5.1.1	Effecten op contaminanten	47
5.1.2	Effecten op plantenziekten en onkruiden	48
5.1.3	Effecten op dierziekten	48
5.2	Risico's van waterberging op de landbouw	49
5.3	Aanbevelingen voor bodem-, gewas- en waterbeheer	49
5.4	Aanbevelingen voor verder onderzoek	50
5.5	Discussie	50
6	LITERATUUR	51
	BIJLAGE	
-	Gebruikershandleiding Hulptabel effecten waterberging en landbouw (IVM, Amsterdam en CLM, Utrecht)	
-	Excel hulptabel: www.stowa.nl	

1

INLEIDING

1.1 ACHTERGROND

De verwachte veranderingen in het klimaat zullen in Nederland leiden tot grote effecten op de waterhuishouding. Door verandering in de neerslagverdeling zal er periodiek een grotere piekafvoer optreden. 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. Door toevallige en ongunstige combinaties van meteorologische omstandigheden kan dit effect nog worden versterkt.

De commissie Waterbeheer 21^e eeuw (WB21) heeft deze problemen 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.

Recent zijn de eerste landelijke verkenningen en berekeningen uitgevoerd om zicht te krijgen op kansrijke locaties voor deze maatregelen (Duel et al., 2000; Gaast et al., 2002). Ook op regionaal niveau (provincies, waterschappen) worden momenteel locaties gezocht voor waterconservering en waterberging. Deze studies richten zich vooral op de vraag waar hoeveel berging mogelijk is en tegen welke kosten. De wateropgave is om in Nederland binnen een zoekgebied van 850.000 ha circa 500.000 ha te bestemmen voor het (tijdelijk) vasthouden en bergen van water. Uit de waterkanskaart (Van der Gaast, 2002) blijkt dat vanuit hydrologisch perspectief de beste mogelijkheden voor waterberging vooral liggen in landbouwgebieden.

Nu geleidelijk de contouren van bergingsgebieden zichtbaar worden komen ook de kwalitatieve vragen rond waterberging in beeld. De eerste verkenningen in deze richting zijn reeds gezet (Knol, 2002; Sival, 2002) maar leiden voor vrijwel alle vormen van ruimtegebruik tot de conclusie dat dit onderzoeksterrein grote hiaten vertoont. Dat geldt ook voor de effecten van bovengrondse berging op de landbouw.

Voor phyto-pathogene effecten van bovengrondse berging of overstroming moet kennis vooral worden afgeleid uit andere watersystemen, buitenlandse situaties of uit algemene kennis bij deskundigen. Voor contaminanten geldt dat relevant onderzoek zich vooral heeft gericht op de uiterwaarden van de grote rivieren, op riooloverstorten en slootbodems (Meijer et al., 1997; Vink, 2001; Spek, 1999).

1.2 ONDERZOEKSVRAAG EN DOELSTELLING

Het doel van deze studie is het verkrijgen van een overzicht van mogelijke effecten van waterberging op landbouwkundig relevante plant- en dierziekten, onkruiden en contaminanten door middel van een quick-scan. Met deze kennis wordt ingeschat of er grote landbouwkundige risico's optreden bij waterberging. De resultaten van deze studie moeten

voor waterbeheerders een eerste handvat zijn voor het inschatten van risico's. De studie moet ook bruikbaar zijn om feiten en ficties over dit onderwerp te scheiden.

Het belang van kennis over dit onderwerp is groot omdat voedselveiligheid, contaminanten, plant- en dierziekten en waterberging een steeds grotere rol spelen in de samenleving. In toenemende mate zijn landbouwendernemers gehouden aan voedselkeurmerken of aan kwaliteitseisen rond de productieomstandigheden. Plant- en dierziekten kunnen in principe grote economische schade teweeg brengen. Vanuit dit gezichtspunt is het voor waterbeheerders relevant wat hierin de rol van waterberging is en welke risico's ondernemers lopen door gerichte beleidsmaatregelen.

1.3 INKADERING

Deze studie geeft een algemeen landelijk kennisoverzicht van effecten en mogelijke risico's. Dat betekent dat lokale of gebiedsspecifieke omstandigheden buiten beschouwing blijven. De studie spitst zich toe op de melkveehouderij en reguliere akkerbouw en is gericht vooral op de bergingsgebieden van het regionale watersysteem.

Een randvoorwaarde voor deze studie was het verzamelen van actuele kennis bij deskundigen en in de literatuur. Veldwerk, experimenteel onderzoek en interviews met agrariërs vallen buiten het onderzoekskader.

De effecten van riooloverstorten en onderwaterbodems op de diergezondheid zijn zover relevant in deze studie betrokken maar niet afzonderlijk onderzocht.

1.4 UITVOERING ONDERZOEK

Het onderzoek is uitgevoerd door een brede groep van onderzoekers. Het onderdeel contaminanten en bestrijdingsmiddelen is uitgevoerd door Joop Harmsen van Alterra. Het onderdeel plantenziekten en onkruiden is uitgevoerd door Corné Kempenaar en Wolter van der van Zwerde van Plant Research International (PRI). Het onderdeel dierziekten is uitgevoerd door Lisette Cornelissen van het Instituut voor Dierziekten en diergezondheid uit Lelystad (CIDC-DLO). De hulptabel in de bijlage is door het Instituut voor Milieuvraagstukken (IVM, Jan Vermaat) en Centrum voor Landbouw en Milieu (CLM, Leontien Bos) ontwikkeld op basis van de onderzoeksresultaten. De projectleiding en redactie waren in handen van Wim Knol van Alterra.

2

METHODE

De relatie waterberging en onkruiden, plant- en dierziekten en contaminanten is een complex en veelomvattend onderwerp. Er zijn veel factoren en omstandigheden die van invloed zijn op het voorkomen en de expressie van deze organismen en stoffen, terwijl er soms ook onderlinge interactie is. Deze studie is een *quick scan* waarin vooral de breedte van het onderwerp is verkend. De volgende werkwijze is toegepast:

- toelichting op een aantal begrippen
- beschrijving van de typen waterberging (ingreep)
- inkadering van het probleem tot type gebieden en landbouwbedrijven waar waterberging een belangrijke rol kan gaan spelen
- beschrijving van de relevante plant- en dierziekten en contaminanten en hun effecten
- inschatting van mogelijke risico's en risicofactoren

2.1 BEGRIPPENKADER

Contaminanten, onkruiden, plant- en dierziekten

De voornaamste *contaminanten* zijn zware metalen, PAK's en bestrijdingsmiddelen. Een lijst met stoffen en hun mogelijke betekenis wordt in hoofdstuk 3 beschreven.

Tot de *onkruiden* worden hogere plantensoorten gerekend die de opbrengst of kwaliteit van gewassen of eindproducten significant negatief beïnvloeden of uit het oogpunt van diergezondheid risico's met zich meebrengen. De aandacht is vooral gericht op soorten die zich bij waterberging verspreiden of waarvoor de groeiomstandigheden worden bevorderd.

Onder *plantenziekten* worden verstaan ziekteverschijnselen bij planten en gewassen als gevolg van biotische (bijvoorbeeld pathogene schimmels) en abiotische factoren (bijvoorbeeld uitspoeling van meststoffen). Uitgesloten worden de fysieke aspecten van waterberging op gewassen zoals slibafzetting of lichtgebrek door inundatie. Het kan hier gaan om aangevoerde organismen of stoffen, activatie van aanwezige bodem- en gewasbewonende organismen en de mogelijke doorwerking naar gewas, vee en voedselkwaliteit. De volgende ziekteverwekkers worden onderscheiden: bacteriën, schimmels, virussen en aaltjes. Daarnaast wordt ook aandacht besteed aan gewasbelagers uit de families van de insecten, weekdieren en gewervelde dieren. In deze studie ligt het accent op gangbare gewassen zoals gras, bieten, granen en aardappelen. De overige minder voorkomende land- en tuinbouwgewassen en teelten zoals fruitbomen, bollen, koolzaad, groenten, bloemen e.d. zijn grotendeels buiten beschouwing gelaten. Dat geldt ook voor kasteelten.

Dierziekten worden hier gedefinieerd als gezondheidsproblemen van het vee veroorzaakt door contaminatie met stoffen (of het gebrek daaraan) of organismen die verband houden met waterberging. Het kan daarbij gaan om directe of indirecte contaminatie. Een voorbeeld van indirecte contaminatie is bijvoorbeeld die van leverbot via de tussengastheer, het

leverbotslakje. Hoe en waar stoffen en pathogenen zich manifesteren en in de voedselketen terecht komen verschilt sterk per soort, per stof en per gebied.

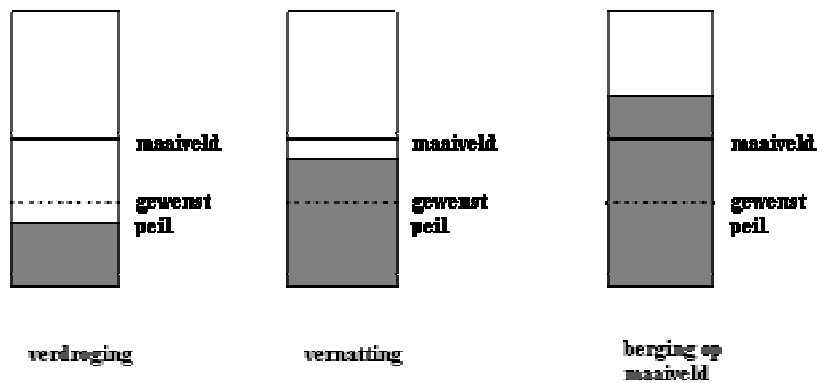
Stoffen die leiden tot dierziekten behoren tot de groep organische of anorganische toxische stoffen, plantaardige en dierlijke toxinen. Organismen die dierziekten veroorzaken zijn virussen, bacteriën, parasieten en eencelligen. Ze kunnen afkomstig zijn uit het bergingsgebied zelf, maar ook worden aangevoerd van elders. In deze studie zijn vooral ziekten voor runderen en schapen bekeken. Niet bekeken zijn effecten op intensieve of betrekkelijk nieuwe of kleinschalige teelten zoals visteelt of exotische diersoorten (struis)vogels. Deze teelten hebben nauwelijks een relatie met de grondgebonden voedsel- en gewasproductie in bergingsgebieden.

2.2 KARAKTERISTIEKEN VAN WATERBERGING

Het begrip waterberging is weliswaar ingeburgerd, maar roept bij uiteenlopende betrokkenen verschillende beelden op. Dit wordt vermoedelijk veroorzaakt door het calamiteuze karakter van berging en het feit dat berging in het regionale systeem nog maar nauwelijks op enige schaal wordt toegepast. Voor deze studie en de bepaling van effecten en risico's is het noodzakelijk om het begrip waterberging te concretiseren in termen van frequentie, duur en periode.

Onder waterberging wordt in deze studie verstaan het tijdelijk bergen of vasthouden van water op het maaiveld. Er is dus sprake van gebieden die kortere tijd onder water staan. Plas-dras situaties op percelen zoals die kunnen ontstaan na zware regenval worden niet tot waterberging gerekend. Vernatting of ondergrondse berging (figuur 2.1) kan door het langdurige karakter ook een rol spelen bij het ontstaan van plant- en dierziekten en het gedrag van contaminanten maar valt buiten het kader van deze studie.

FIGUUR 2.1 SCHEMATISCHE WEERGAVE VAN VERDROGING, VERNATTING (BODEMBERGING) EN BERGING OP HET MAAIVELD



Bij waterberging op het maaiveld kunnen drie typen berging worden onderscheiden (tabel 2.1).

- *Stagnante berging* treedt bijvoorbeeld op bij een maalstop om de boezem te ontlasten. Het gaat om gebiedseigen water.
- *Meestromende berging* betreft waterberging langs rivieren en beken zoals in uiterwaarden, beekdalen en tijdelijk meestromende geulen. Het water is afkomstig van bovenstrooms gelegen gebieden.

- *Overloopberging* is een strategie waarbij water vanuit aangrenzende rivieren en boezems wordt ingelaten in laaggelegen gebieden, ook wel overloopgebieden genoemd. Hierdoor worden boezems, beken en rivieren ontlast en schadelijker overstromingen elders voorkomen.

TABEL 2.1 VOORKOMEN VAN BERGINGSSTRATEGIEËN IN NEDERLAND EN TYPE GEBIEDEN (+ = BELANGRIJK AANDEEL). HET GRIJZE DEEL VALT GROTENDEELS BUITEN DEZE STUDIE.

Strategie	Regionaal systeem		Hoofdsysteem	Type gebied
	Hoog-Nederland	Laag-Nederland	Rivierengebied	
Waterconservering of vasthouden	+++	+		Haarvaten en Beekdalen
meestromende berging	++	+	+++ +	Beekdalen Uiterwaarden Groene rivieren
stagnante berging	+	+++		Retentiegebieden
Overloopberging	+	+++	++ +	Retentiegebieden Calamiteitenpolders

KARAKTERISTIEKEN VAN WATERBERGING

De verschillende typen van waterberging hebben uiteenlopende hydrologische karakteristieken die bepalend zijn voor de effecten op de landbouw.

De *frequentie* van waterberging varieert tussen meerdere keren per jaar tot (statistisch) eens in de 1250 jaar en alles wat daartussen zit. Het gaat hier om langjarige gemiddelden. Gemakshalve worden voor deze studie hoog- en laagfrequente berging onderscheiden. Onder hoogfrequente bergingen worden alle bergingen verstaan die vrijwel jaarlijks of vaker in een jaar optreden. Laagfrequente berging treedt gemiddeld minder dan eens per 10 jaar op.

De *bergingsduur* is in veel gevallen beperkt van enkele dagen tot circa een week. In uitzonderlijke gevallen waarin zowel de hoofd- als regionale systemen te maken hebben met extreme piekafvoeren kan de duur oplopen tot weken.

De *bergingsperiode* is meestal het winterhalfjaar (november tot maart). De kans op waterberging in het zomerhalfjaar is echter ook aanwezig en neemt door klimaatverandering mogelijk toe. Dat geldt vooral voor het regionale systeem.

De *waterdiepte* is indirect een maat voor de waterkwaliteit (meer of minder sediment en contaminanten), het verdunnend effect op stoffen en de fysieke effecten op gewassen. De waterdiepte varieert van enkele decimeters tot incidenteel enkele meters.

De *waterkwaliteit en herkomst* van het water (inlaat of gebiedseigen) zijn van grote invloed en verschillen sterk tussen gebieden. Dit geldt zowel voor slib, nutriënten en aanwezigheid van organismen.

TABEL 2.2 VOORNAAMSTE HYDROLOGISCHE KARAKTERISTIEKEN VAN DE TYPEN GEBIEDEN VOOR WATERBERGING. HET GRIJZE DEEL VALT GROTENDEELS BIJ HET KADER VAN DEZE STUDIE.

gebieden	herkomst water	hydrodynamiek	frequentie	water-diepte	slib	verblijftijd
Conserverings gebieden	lokaal	laag	1 x per jaar	0-0.1 m	geen	dagen/ weken
Meestromende berging	extern	laag tot matig	1 x 1-10 jaar	0-0.5 m	gering tot matig	dagen
Stagnante berging	lokaal	laag	1 x 1-10 jaar	0 – 0.5 m	geen tot gering	dagen
Overloopberging	extern en lokaal	matig	1 x 10-100 jaar	1-2 m	Matig veel	dgn/wk
Rivierengebied meestromende berging	extern	hoog	1 x 1-10 jaar	0-3 m	veel	dgn/wkn
Rivierengebied Retentiepolders	lokaal	matig -hoog	1x 100-1000 jr	2-4 m	matig/	wkn/mnd
Calamiteiten	extern	hoog	1 x 1250 jaar	2-4 m	veel?	

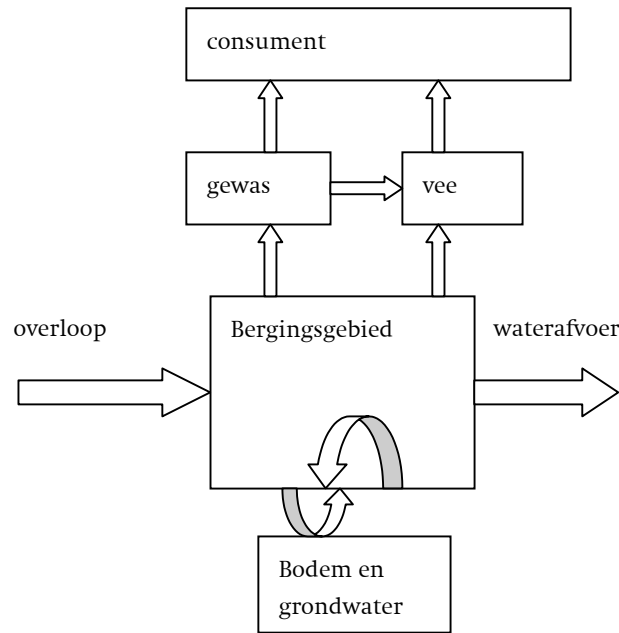
HET PROCES VAN WATERBERGING

Figuur 2.2 geeft een algemene en schematische samenvatting van de water- en stofstromen in bergingsgebieden en de mogelijke doorwerking hiervan naar de voedselketen. Het proces van berging verloopt verschillend tussen gebieden waarin water wordt ingelaten (overloopberging en meestromende berging) en gebieden waar door een maalstop of andere stagnatie in de afvoer het water zich ophoopt.

- De waterberging in *overloopgebieden* en bij *meestromende berging* verloopt snel. Via de inlaatpunten of door het buiten de oevers treden van beken (meestromende berging) komt in korte tijd een grote hoeveelheid gebiedsvreemd water binnen. Hierin bevinden zich ook stoffen en organismen van elders. Er is een relatief sterke stroming waardoor stoffen en organismen in korte tijd over grote delen van het hele bergingsgebied worden verspreid. In het rivierengebied en bij grote beken zal dit vaak sedimentrijk water zijn. Elders zal er minder sediment meekomen (boezemwater) maar kunnen lokaal wel onderwaterbodems meespoelen zoals in veengebieden. Opvulling van het gebied verloopt via de hoofdleidingen en het reliëf. Rond de inlaatpunten zal wat erosie plaatsvinden. Door de grotere waterdiepte (opwaartse druk) zullen mogelijk constructies met opslag van stoffen (mest, kunstmest, olie, chemische stoffen, rioolslib) in het gebied worden aangetast. Verondersteld wordt dat er door gerichte maatregelen zoals aanleg van kades nauwelijks verspreiding van stoffen en organismen plaatsvindt vanuit deze puntbronnen. Ontwatering na de berging verloopt in omgekeerde richting. Nadat er weer ruimte ontstaat in de boezem of in de hoofdafwatering worden overloopgebieden weer snel drooggepompt of ze vallen droog door natuurlijke afwatering (beekoevers en uiterwaarden). Na het droogvallen blijft er vooral sediment achter op lage plekken. Langs de hoogtelijnen zet zich drijvend materiaal af. Er wordt vanuit gegaan dat stoffen en organismen zich gebiedsbreed verspreiden.

FIGUUR 2.2

SCHEMATISCHE WEERGAVE VAN STOF- EN WATERSTROMEN BINNEN EEN BERGINGSGEBIED EN DE MOGELIJKE DOORWERKING NAAR GEWASSEN, VEE EN CONSUMENT.



- Door een maalstop of opstuwung zal bij *stagnante berging* het gebied worden opgevuld met gebiedseigen water. Eerst vullen de sloten zich en stijgt het grondwater. Daarna zal het water zich over het maaiveld verspreiden. In polders zal door de geringe maaiveldverschillen de opvulling vrij gelijkmatig verlopen met een zeer geringe dynamiek. Door de lagere waterstanden zullen constructies met opslag van stoffen, mest e.d. nauwelijks worden aangetast. Verondersteld wordt dat ook in deze gebieden door gerichte maatregelen geen verspreiding plaatsvindt van stoffen afkomstig uit puntbronnen, bijvoorbeeld door aanleg van kades. Er zal in poldergebieden door de geringe stroming niet of nauwelijks sediment worden verplaatst. Ook slootbodems worden nauwelijks verplaatst. In gebieden met relatief veel tuin- of akkerbouw zal afhankelijk van het tijdstip van het jaar verspoeling van de niet begroeide bovengrond optreden, dit nog aangewakkerd door windwerking. Dit kan leiden tot secundaire sedimenten. Vermoedelijk zal er sprake zijn van hydrologische compartimentering waardoor stoffen en organismen niet gebiedsbreed worden verspreid. Reliëf speelt daarin een belangrijke rol (beekdalen).

2.3 LANDBOUW IN BERGINGSGEBIEDEN

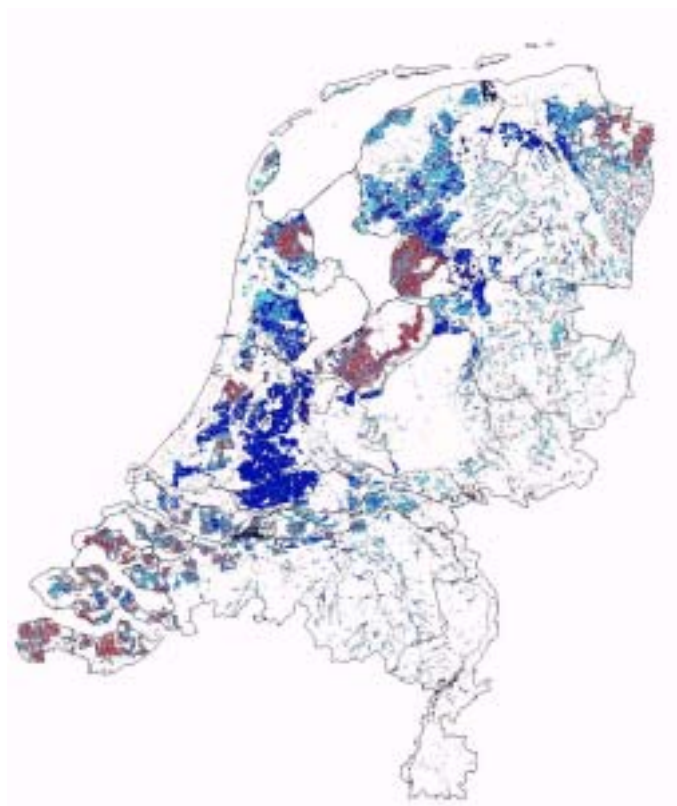
Om zicht te krijgen op gebieden en bedrijfstypen is nagegaan waar in Nederland waterberging een grote rol kan gaan spelen. Hiervoor is de landelijke kaart met kansrijke bergingsgebieden (figuur 2.3) gebruikt (Van der Gaast et al., 2002). Binnen deze gebieden is met het bestand met het landelijke grondgebruik (LGN3) aangegeven welke vormen van grondgebruik in de bergingsgebieden het meeste voorkomen (tabel 2.3).

TABEL 2.3 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
Mais	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 mais (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.

FIGUUR 2.3 INDICATIEVE KAART VOOR WATERBERGING. GEBIEDEN MET GROTE (DONKERBLAUW), MATIGE (LICHTBLAUW) EN BEPERKTE (ROOD) KANSEN VOOR WATERBERGING.



3

EFFECTEN VAN WATERBERGING

In dit hoofdstuk wordt beschreven welke stoffen en organismen betrokken kunnen zijn bij waterberging op het maaiveld. Ook wordt aangegeven welke relevante processen er optreden en wat de effecten zijn op het voorkomen en de verspreiding van contaminanten, onkruiden en plant- en dierziekten. Het uitgangspunt is dat alleen die stoffen en organismen worden genoemd die op basis van de huidige kennis redelijkerwijs in bergingsgebieden worden verwacht.

3.1 EFFECTEN OP CONTAMINANTEN

Onder contaminanten wordt een breed scala aan stoffen onderscheiden. Het gaat om de volgende categorieën:

- Zware metalen
- Polycyclische Aromatische Koolwaterstoffen (PAK)
- Polychloorbiphenylen (PCB)
- Bestrijdingsmiddelen
- Minerale olie en oplosmiddelen
- Nutriënten
- Hormoonverstorende stoffen (endocriene disruptoren)

Van deze stoffen worden bestrijdingsmiddelen en nutriënten (mest) bewust toegepast op landbouwgronden. Het toelatingsbeleid in Nederland voor bestrijdingsmiddelen is zodanig dat na regulier gebruik de verspreiding in het milieu nihil is. Voor nutriënten geldt dit in beperkte mate. De overige stoffen komen passief in het milieu. Recentelijk is er meer aandacht gekomen voor stoffen die in zeer lage concentraties verstorend werken op de hormoonhuishouding van dieren (endocriene disruptoren).

De herkomst van contaminanten loopt sterk uiteen. Ze zijn afkomstig van industrie, mest, verkeer, verbrandingsinstallaties, RWZI's en riooloverstorten of worden anderszins diffuus aangevoerd. Minerale olie en oplosmiddelen worden zeer beperkt aangetroffen en blijven buiten beschouwing. Ze kunnen wel een rol spelen bij overstromingen, door breuk in opslagtanks en leidingen (Delfts Cluster, 2003).

Bij waterberging moet er onderscheid worden gemaakt in contaminanten die al aanwezig zijn in het gebied (al dan niet historisch) en de contaminanten die van elders (kunnen) worden aangevoerd. Ondanks dat het om dezelfde stoffen kan gaan betekent dit niet dat het gedrag en effect hetzelfde is. Deze rapportage beperkt zich tot die contaminanten aanwezig in of op landbouwkundige bodem of die van elders worden aangevoerd met het oppervlaktewater.

3.1.1 AANWEZIGE CONTAMINANTEN

In bergingsgebieden kan een breed scala aan stoffen voorkomen. Ze zijn vooral aanwezig in de bovengrond, de onderwaterbodem en beperkt in het oppervlaktewater. Meestal adsorberen ze goed aan de grond. Dit geldt bijvoorbeeld voor zware metalen, Polycyclische Aromatische Koolwaterstoffen (PAK's) en Polychloorbifenylen (PCB's). Door dit bindend vermogen kunnen ze langdurig in de bodem aanwezig zijn en is er al snel sprake van accumulatie. Er is sprake van historische contaminanten. Mest en bestrijdingsmiddelen zijn voorbeelden van recente contaminanten. Ze zijn toegevoegd als hulpstof, maar op het moment van onder water zetten kunnen ze worden beschouwd als contaminant. Dat geldt niet alleen voor de werkzame bestanddelen maar ook voor de reststoffen en afbraakproducten.

3.1.1.1 HISTORISCHE CONTAMINANTEN

ORGANISCHE CONTAMINANTEN

Belangrijk historische contaminanten die in landbouwbodems kunnen voorkomen, zijn PAK's, PCB's en minerale olie. Hogere concentraties worden vooral aangetroffen in gebieden met een constante aanvoer van vervuild slib zoals in de uiterwaarden of in gebieden met een industriële aanvoer (HCB-gronden Twente). Veel organische contaminanten zijn onder de juiste condities (aërobe toestand) afbreekbaar. Dit geldt onder andere voor PAK's. In een aërobe landbouwgrond zullen ze afbreken en op den duur verdwijnen. Dat ze nog in een bovengrond aanwezig zijn, wordt veroorzaakt doordat ze zodanig sterk aan organische bodemdeeltjes gebonden zijn dat ze niet bereikbaar zijn voor de afbrekende micro-organismen, ze zijn niet biologisch beschikbaar. In bovengrond komt tussen de 2 en 10 % van de aanwezige hoeveelheid per jaar door diffusie en afbraak van organische stof beschikbaar voor afbraak (Harmsen, 2003). Dit is een zodanig langzaam proces dat de invloed van waterberging hierop klein is. Tijdens de berging kan de afbraak stoppen, Zodra het water verdwenen is en de bodem weer aëroob (zuurstofrijk) wordt zal de in de natte periode vrijgekomen contaminant worden afgebroken.

BESTRIJDINGSMIDDELEN

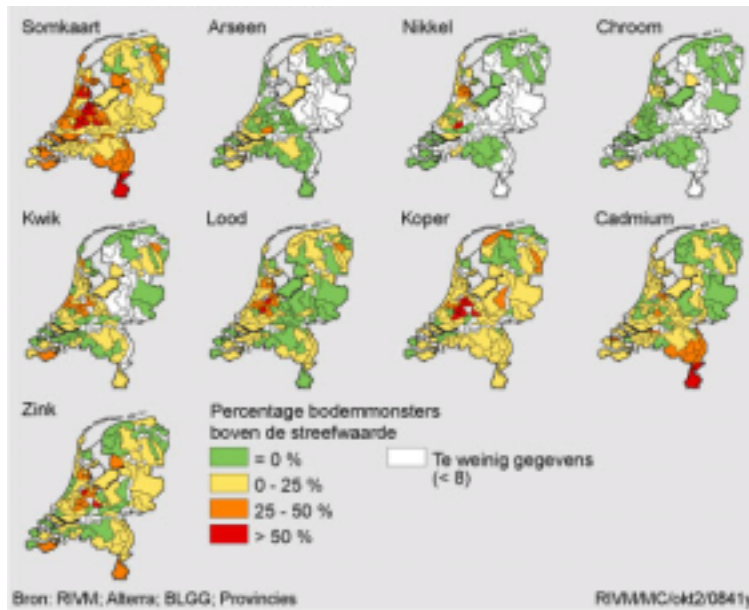
In grote delen van Nederland liggen de gehalten aan slecht afbreekbare en verboden bestrijdingsmiddelen (o.a. gechloreerde koolwaterstoffen) boven de streefwaarde (RIVM, 2001). Deze stoffen kunnen uitspoelen naar het grondwater. Dit proces van uitspoeling is ondermeer afhankelijk van bodemfactoren als lutumgehalte en organische stof. Relevante verspreiding via bergingswater wordt niet verwacht, maar is onzeker.

ZWARE METALEN

De historische belasting van landbouwgebieden met zware metalen (nikkel, chroom, kwik, lood, koper, cadmium en zink) laat zich goed aflezen uit de landelijke verspreidingskaartjes in figuur 3.1 (RIVM, 2001). Daaruit blijkt dat er vooral hogere concentraties zware metalen in de bodem voorkomen in zuidoost Nederland door industriële activiteiten (Roergebied, Budel) en in West-Nederland door voormalig gebruik van stadscompost.

FIGUUR 3.1

GEBIEDEN IN NEDERLAND MET OVERSCHRIJDING VAN DE STREEFWAARDE VOOR ZWARE METALEN IN DE BODEM



In bovengronden zijn de aanwezige zware metalen gebonden aan de bodem (*cation exchange complex* en gebonden aan neerslagen zoals carbonaten, ijzeroxiden en fosfaten).

Zodra er anaërobe condities gaan ontstaan, zoals bij waterberging, zullen de omstandigheden voor vastlegging gaan veranderen (Vink 2000). Vooral ijzer(III)oxide lost op, waardoor de beschikbaarheid van de aan dit oxide gebonden zware metalen kan toenemen. Dit zal in veel gevallen worden gecompenseerd door de vorming van slecht oplosbare sulfiden van zware metalen, die uiterst slecht oplosbaar zijn. Bij zeer langdurige inundatie (> 8 weken) zal de beschikbaarheid van zware metalen drastisch afnemen doordat vrijwel alle metalen als metaalsulfiden worden vastgelegd (Harmsen et al., 2001). Dit is afhankelijk van de aanwezigheid van sulfaat in de bodem en toevoer van sulfaat via het oppervlaktewater. Zonder de aanwezigheid van sulfaat zullen vrijgekomen metalen hoogst waarschijnlijk worden vastgelegd als carbonaat. De effectiviteit hiervan is afhankelijk van de mate van verhoogde CO₂-spanning in de ondergelopen bodem en de te verwachten lage pH. Bij het droogvallen van de bodem zullen metaalsulfiden weer worden geoxideerd, wat een piek kan geven in de beschikbaarheid van zware metalen. Het gewas zal bij berging in het groeiseizoen de beschikbare metalen opnemen en daardoor een verhoogd gehalte aan zware metalen bevatten. Hoe hoog deze piekconcentratie kan worden is onbekend. Het is niet te verwachten dat dit zal leiden tot gezondheidsrisico's. Gewasopname geldt alleen indien waterberging in het groeiseizoen plaatsvindt. Bij berging in het winterhalfjaar is dit effect verwaarloosbaar.

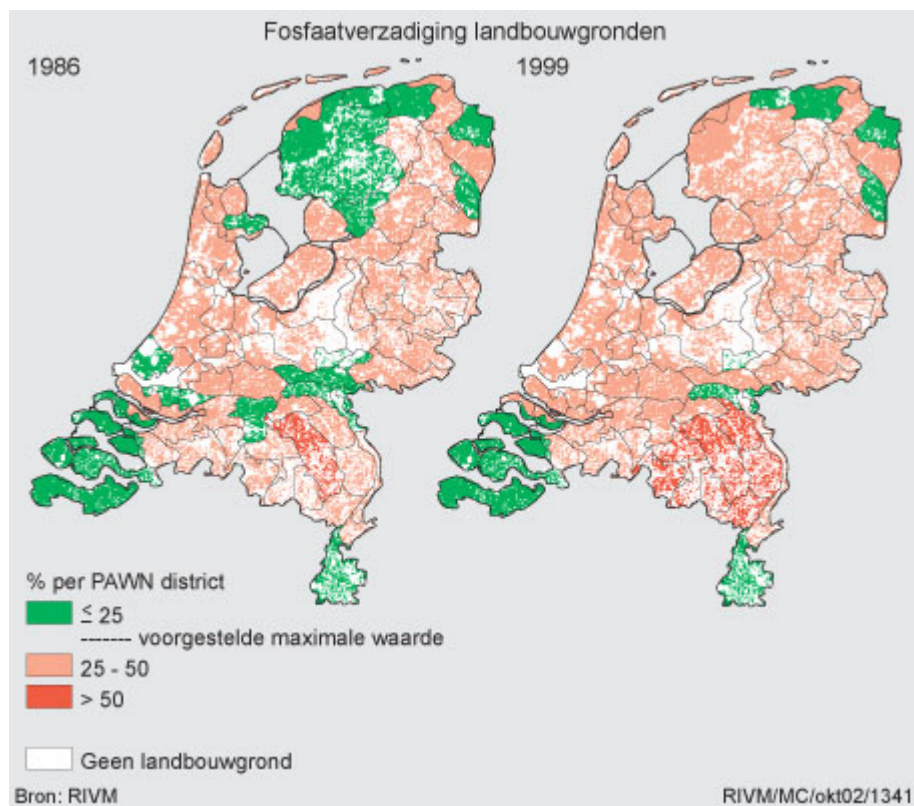
FOSFAAT, ANTIMOON, SELEEN EN ARSEEN

In aërobe (zuurstofrijke) landbodems zijn fosfaat, antimoon, seleen en arseen aanwezig als anionen, veelal als neerslag gezamenlijk met aluminium en driewaardig ijzer. In fosfaat verzadigde gronden is al het aanwezige ijzer en aluminium gebruikt voor het vastleggen van fosfaat. Bij waterberging zal door de ontstane anaërobe condities driewaardig ijzer worden gereduceerd tot tweewaardig ijzer, wat veel beter oplosbaar is. Het door ijzer gebonden fosfaat, antimoon, seleen en arseen zal hierdoor ook in oplossing gaan. Bij het weer droogvallen, zal het omgekeerde plaatsvinden. Dit levert vermoedelijk ook weer een piek op in de

beschikbaarheid van deze stoffen. Het gevolg kan zijn uitspoeling uit de wortelzone naar het grondwater waardoor er een tekort kan zijn voor het gewas, maar ook een grotere opname door het gewas van deze stoffen, wat gezondheidsproblemen voor het vee kan veroorzaken. De ijzerchemie speelt bij deze stoffen een zeer belangrijke rol. Afhankelijk van het bodemtype, de aanwezige hoeveelheid ijzer in gebied kan er een tekort of overschot van deze elementen ontstaan. Ook hiervoor geldt dat opname in het gewas seizoensafhankelijk is. Bij zomerberging is er dus een kans voor verhoogde opname van deze stoffen in het gewas.

Voor fosfaatverzadigde gronden geldt dat zodra er sprake is van een anaërobe situatie er door diffusie zeer snel hoge fosfaatconcentraties in het bergingswater kunnen optreden. Bodemvocht kan tot 8 mg fosfaat per liter bevatten en dat ligt ruim boven de norm voor oppervlaktewater (0.15 mg/liter). Figuur 3.2 geeft een beeld van de fosfaatverzadigde gronden in Nederland. Hieruit blijkt dat uitgezonderd enkele akkerbouwgebieden op de klei, fosfaatverzadiging in vrijwel alle bergingsgebieden een rol speelt. Het zijn deze gronden waar bij waterberging uitspoeling van fosfaat naar het oppervlaktewater kan optreden in aanzienlijk concentraties.

FIGUUR 3.2 FOSFAATVERZADIGDE LANDBOUWGRONDEN IN NEDERLAND IN 1986 EN 1999



3.1.1.2 RECENTE CONTAMINANTEN

BESTRIJDINGSMIDDELEN

In tegenstelling tot de eerste slecht afbreekbare bestrijdingsmiddelen als DDT zijn de huidige bestrijdingsmiddelen geselecteerd op mogelijkheden voor afbraak, waardoor er na gebruik geen residuen achterblijven. Een nadeel van dit beleid is dat de oplosbaarheid in water van moderne middelen groter is en daarmee ook het uitspoelingsgevaar.

De meeste middelen die in gebruik zijn hebben een halfwaarde tijd die ligt tussen een week en enkele maanden, met uitschieters tot een jaar. Dit zijn waarden die gelden voor aërobe omstandigheden. Onder anaërobe omstandigheden zijn halfwaarde tijden veelal groter, of zelfs zodanig groot dat afbraak verwaarloosd kan worden. Bestrijdingsmiddelen met reduceerbare groepen kunnen onder anaërobe omstandigheden juist weer veel sneller afbreken. De vertraging in de afbraak kan leiden tot een transport naar boven in die gevallen waarbij er een kwelstroom is. Goed oplosbare bestrijdingsmiddelen komen dan vanuit de bodem in het bovenstaande water en kunnen op percelen terecht komen waar ze nooit zijn toegepast. Een andere mogelijkheid is dat ze zullen uitspoelen en accumuleren in de anaërobe waterbodem (aanliggende slootbodem). Ze kunnen dan in de voedselketen komen, doordat vee water inclusief zwevend materiaal drinkt of graast op locaties waar later weer baggerspecie wordt verspreid. Het is niet bekend of dit ook in relevante concentraties optreedt.

Bij waterberging buiten het groeiseizoen lijken de effecten beperkt omdat er geen sprake is van toepassing van middelen. Bij berging binnen het groeiseizoen kan er dus versnelde of beperkte afbraak optreden. De verspreiding van relevante concentraties bestrijdingsmiddelen via het oppervlaktewater zal door verdunning bij waterberging zeer beperkt zijn.

ZWARE METALEN

Door gebruik van dierlijke mest en kunstmest en natte en droge depositie wordt de bodem onbedoeld belast met zware metalen. Meestal is de opname door planten en de uitspoeling kleiner dan de toevoer, waardoor in landbouwgebieden forse accumulatie (ophoping) van zware metalen optreedt (tabel 3.1). Deze wordt grotendeels veroorzaakt door toepassing van dierlijke mest (tabel 3.2). Deze accumulatie treedt nog steeds op ondanks dat gehalten in veevoer verminderen. In het verleden waren deze getallen hoger, mede door het gebruik van zuiveringsslib in de landbouw. (RIVM, 2001). Door accumulatie wordt op steeds meer plaatsen de streefwaarde overschreden. De ophoping van zware metalen verschilt sterk per gebied en type bodemgebruik. In tabel 3.1 is voor enkele metalen de netto accumulatie bij verschillende typen bodemgebruik weergegeven. Negatieve getallen duiden op uitspoeling in de bodem.

TABEL 3.1

JAARLIJKSE ACCUMULATIE VAN ZWARE METALEN IN DE BODEM IN GRAM PER HECTARE PER JAAR VOOR VERSCHILLENDE TYPEN BODEMGEBRUIK (RIVM,2001).

	Cd	Pb	Cu	Zn
	<i>g/ha/jr</i>			
Melkveehouderij-extensief-zand	3	65	147	201
Melkveehouderij-intensief-zand	2	67	189	258
Intensieve veehouderij-zand	2	50	255	668
Akkerbouw-zand	2	39	275	349
Bos-zand	-7	41	-15	-1 217
Melkveehouderij-veen	3	30	112	320
Akkerbouw-zeeklei	2	55	199	378
Melkveehouderij-zeeklei	2	37	98	192
Melkveehouderij-rivierklei	3	64	341	700
Groenteteelt	2	52	-57	-484
Bollen	3	161	198	461
Bron: Groot <i>et al.</i> (1998).	RIVM/MC/0kt02/0338			

NUTRIËNTEN: STIKSTOF EN FOSFAAT

De huidige mestwetgeving staat toe dat er mest mag worden uitgereden tussen 1 februari en 1 september. Kunstmest wordt gebruikt globaal tussen 1 maart en 1 september. Het is in deze periode en direct na de laatste mestgift in september dat waterberging kan leiden tot bovenmatige bemesting van het oppervlaktewater.

Om dit effect te illustreren het volgende voorbeeld. Als wordt uitgegaan van een recente bemesting met kunstmest van 100 kg N per hectare en een hoeveelheid van 1 meter water boven maaiveld, dan kan dit al een waterconcentratie opleveren van 44 mg/l NO₃. Onder ongunstige condities kan dit een veelvoud zijn.

Voor fosfaat geldt ook dat recente bemesting tot uitspoeling kan leiden. Vermoedelijk is de historische belasting echter een grotere factor van betekenis. Bij berging in de zomer kunnen hoge fosfaatconcentraties tot een algenexplosie met in het slechtste geval ontwikkeling van toxinen wanneer daar ook blauwalgen in het geding zijn. Algen kunnen direct na droogvallen in een dun laagje op de bodem en op het gewas worden afgezet met groei-verlies van gras tot gevolg. Ook kroosvelden in sloten en vaarten kunnen zich in fosfaatrijk water sterk verspreiden bij waterberging in de zomerperiode en op het gewas achterblijven. De in het water opgeloste nutriënten zullen uiteindelijk worden afgevoerd en kunnen zorgen voor een ongewenste belasting van het oppervlaktewater elders of in slootbodems worden vastgelegd.

TABEL 3.2 JAARLIJKSE LANDELIJKE BELASTING EN HERKOMST VAN ENKELE ZWARE METALEN OP LANDBOUWGROND (RIVM, 2001)

jaar		1980	1986	1990	1995	1999	2000	2001*
* 1000 kg								
Koper (Cu)								
Bruto belasting		1360	1140	970	800	790	780	780
w.v.	dierlijke mest	1050	850	750	700	700	700	700
	kunstmest	150	140	120	50	60	50	50
	natte en droge depositie	80	90	50	20	20	20	20
	overige bronnen ¹⁾	80	60	50	30	10	10	10
	<i>w.v. zuiveringsslib</i>	<i>39</i>	<i>38</i>	<i>37</i>	<i>1</i>	<i>1</i>	<i>1</i>	<i>1</i>
Afvoer via gewas		140	140	130	110	100	100	90
Netto belasting		1220	1000	840	690	690	680	690
Zink (Zn)								
Bruto belasting		2400	2370	2270	2260	2230	2170	2180
w.v.	dierlijke mest	1800	1 900	1750	2000	2000	1900	1900
	kunstmest	150	160	140	60	50	60	60
	natte en droge depositie	260	130	180	100	70	70	80
	overige bronnen ¹⁾	190	180	200	100	110	140	140
	<i>w.v. zuiveringsslib</i>	<i>115</i>	<i>110</i>	<i>114</i>	<i>4</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>5</i>
Afvoer via gewas		700	750	690	720	570	570	560
Netto belasting		1700	1620	1580	1540	1660	1600	1620
Cadmium (Cd)								
Bruto belasting		16	13	9	6	6	6	6
w.v.	dierlijke mest	6	4	4	3	3	3	3
	kunstmest	7	7	4	2	2	2	2
	natte en droge depositie	2	1	1	1	1	1	1
	overige bronnen ¹⁾	1	0	0	0	0	0	0
	<i>w.v. zuiveringsslib</i>	<i>1</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>
Afvoer via gewas		3	4	3	3	3	3	3
Netto belasting		12	9	6	3	3	3	3

Bron: Van Eerdt.

CBS/MC/okt02

1) Zuiveringsslib, bestrijdingsmiddelen, GFT-compost en champost.

3.1.2 INLAAT VAN CONTAMINANTEN

Een van de meest bekende voorbeelden van ophoping van contaminanten op landbouwgronden is die in de uiterwaarden. Aanvoer van vervuild sediment heeft daar gezorgd voor een verminderde bodemkwaliteit. Een dergelijke situatie kan ook plaatsvinden in het regionale systeem zoals in overloopgebieden en bij meestromende berging.

Voor goed absorberende contaminanten als zware metalen en PAK/PCB is de aanvoer en kwaliteit van het gesuspendeerd materiaal bepalend voor de totale hoeveelheid contaminant (zie ook Rijnsediment in tabel 3.3). Het is voor deze contaminanten daarom voldoende om uit te gaan van de sedimentkwaliteit. Dit kan zijn:

- Rijn-, beek- of boezemsediment
- de lokale waterbodempkwaliteit
- stedelijke waterkwaliteit, inclusief overstorten en RWZI-effluent

Dit sediment zal neerslaan op gewassen. Als er kort na het droogvallen wordt gegraasd of geoogst, dan zal dit sediment door het vee direct of indirect worden geconsumeerd en contaminatie plaatsvinden. Na een periode met neerslag zal een groot deel van dit sediment van het gewas gespoeld zijn. Dit kan al binnen enkele weken plaatsvinden. Onbekend is hoe lang dit duurt in een droge periode. Ook voor dit aangevoerde sediment geldt dat van belang is of er bij de oorsprong of sedimentatie aërobe of anaërobe omstandigheden heersen.

EFFECT VAN DE WATERKwaliteit OP DE BODEM

Het effect van aanvoerwater op de bodempkwaliteit laat zich illustreren met een voorbeeld van meetreeksen voor enkele stoffen in het Rijnwater. In tabel 3.3 is voor enkele stoffen als voorbeeld een meetreeks van Rijnwater bij Lobith weergegeven. De waarden van 1995 en 1998, zijn in dit voorbeeld gebruikt als referentie. In deze jaren hebben immers ook topafvoeren van de Rijn plaatsgevonden. De stoffen zijn voorbeelden van stoffen waarvoor het Rijnwatersediment niet voldoet aan de streefwaarde. Het betreft de metalen cadmium en zink en benz(a)antracene (PAK).

TABEL 3.3 GEHALTEN VAN ENKELE CONTAMINANTEN IN ZWEVENDE STOF EN ZWEVENDE STOFGEHALTEN IN RIJNWATER (LOBITH, BRON WWW.WATERBASE.NL MINISTERIE VAN VERKEER EN WATERSTAAT)

Jaar	Cadmium		Zink		Benz(a)antracene		Zwevende stof	
	Gemiddeld (mg/kg d.s.)	Maximum (mg/kg d.s.)	Gemiddeld (mg/kg d.s.)	Maximum (mg/kg d.s.)	Gemiddeld (mg/kg d.s.)	Maximum (mg/kg d.s.)	Gemiddeld (mg/l)	Maximum (mg/l)
1991	4.8	24	800	3140	0.8	2.2	38	190
1992	2.2	3.5	520	715	0.6	1.1	28.7	60
1993	2.22	3.1	529	685	0.5	0.8	33	130
1994	1.89	4.3	460	740	0.5	1.1	31	98
1995	1.96	2.7	417	570	0.4	0.8	40	140
1996	1.77	3	470	663	0.5	0.9	31	100
1997	2.0	14.38	490	1383	0.5	0.9	38	150
1998	1.71	3.17	530	736	0.4	0.9	37	120
1999	1.3	4.75	384	614	0.4	0.5	45	210
2000	1.8	4.88	403	522	0.4	0.4	24.5	39

Met deze getallen is het mogelijk de belasting van de bodem te berekenen. Tabel. 3.4 geeft de gevolgen aan voor de bodempkwaliteit in een overlooppolder wanneer het gebied 2 meter onder water staat, alle sediment diffuus bezinkt en de contaminanten worden toegerekend aan de bovenste bodemlaag van 25 cm (ploegvoor).

TABEL 3.4 **BEREKENDE BELASTING VAN EEN OVERLOOPPOLDER MET ENKELE CONTAMINANTEN GEBASEERD OP DE SAMENSTELLING VAN RIJNSEDIMENT**
(TABEL 3.3)

	Cadmium	Zink	Benz(a)antracene	Zwevende stof
Belasting	2.9 mg/kg d.s.	653 mg/kg d.s.	0.4 mg/kg d.s.	130 mg/l
Toevoer per m2 bij 2 meter water	0.75 mg	170 mg	0.10 mg	260 g = 163 cm ³ = 0.16 mm
Toename gehalte ondergrond (25 cm)	0.002mg/kg d.s.	0.42 mg/kg d.s.	0.0003 mg/kg d.s.	
Streefwaarde	0,63 mg/kg d.s.	100 mg/kg d.s.	afhankelijk van org stof	
Toevoer per ha	7.5 g	1700 g	1 g	2600 kg
Jaarlijkse accumulatie landbouwgebied	2-3 g ha /jr	200-700 g/ha/jr	?	0 kg

De invloed van waterberging op de kwaliteit van de onderliggende bodem is beperkt als de streefwaarden voor bodemkwaliteit worden aangehouden. De gevolgen van deze belasting voor de samenstelling van het gewas (i.c. gras) zijn ook minimaal. De belasting voor cadmium en zink is in dit rekenvoorbeeld hoger dan de jaarlijkse accumulatie door mestgift en diffuse belasting. Bij een jaarlijkse overstroming zal de bodem geleidelijk de kwaliteit krijgen van het bergingswater. Op korte termijn kunnen de gehalten beduidend hoger liggen dan in het rekenvoorbeeld wanneer bodems niet worden geploegd. Bij waterberging in het regionale systeem zal de belasting meestal geringer zijn door lagere gehalten aan contaminanten (minder sediment). Ook zal de hoeveelheid te bergen water geringer zijn en de frequentie lager liggen. Frequente waterberging kan onder de geschetste condities dus een substantiële bijdrage leveren aan de accumulatie van zware metalen in de bodem die op z'n minst vergelijkbaar is met die van mestgift (tabel 3.2).

Een andere situatie kan ontstaan in een meestromend bergingsgebied. Dit kan vergeleken worden met de situatie in de uiterwaarden. In de uiterwaarden wordt uitgegaan van 1-2 mm sediment per hoogwaterperiode. De waarden in tabel 3.3 (0.16 mm zwevende stof) kan dan veel hoger worden en bijdragen aan een substantiële belasting. Bij zeer herhaalde overstromingen zal dit gaan leiden tot overschrijden van landbouwkundige norm. In feite wordt op den duur de bovengrond vervangen door een bodem met de kwaliteit van het sediment. In veel gebieden is niet het sediment van de Rijn bepalend voor de kwaliteit, maar plaatselijke bronnen. Ook hier zal de sedimentlast vaak veel geringer zijn dan in de uiterwaarden en de concentraties contaminanten mogelijk geringer.

In het regionale systeem kunnen grote verschillen optreden in de samenstelling van het sediment zoals de zware belasting met zink en cadmium langs de Dommel en de Geul. Per gebied zal het nodig zijn om balansen op te stellen om de risico's van waterberging op de verspreiding van contaminanten te bepalen.

BESTRIJDINGSMIDDELEN

Normaal gesproken is de aanvoer van bestrijdingsmiddelen via oppervlaktewater nihil. Het gebruik van bestrijdingsmiddelen is immers afgestemd op het niet uitspoelen naar het oppervlaktewater. Als er hoge concentraties bestrijdingsmiddelen aanwezig zijn liggen daar vrijwel altijd incidenten aan ten grondslag, zoals in augustus 2002 in Tsjechië en het oosten van Duitsland heeft plaatsgevonden of de Sandoz giframp in 1986. Aanvoer van bestrijdingsmiddelen kan wel plaatsvinden wanneer er vlak voor de berging gespoten is. De verdunning is dermate groot dat het risico te verwaarlozen is.

NUTRIËNTEN

De externe aanvoer van nutriënten in overloopgebieden is betrekkelijk gering wanneer er Rijnwater wordt geborgen. De gehalten aan fosfaat en stikstof liggen lager dan in oppervlaktewater dat afkomstig is uit het regionale systeem. Hierdoor zal de belasting niet toenemen. Bij meestromende berging en bij inlaat met water afkomstig uit intensieve landbouwgebieden zal vermoedelijk geen extra belasting met nutriënten optreden die uitkomt boven die in het bergingsgebied. Er lijkt daarom geen sprake van extra risico.

3.2 EFFECTEN OP PLANTENZIEKTEN EN ONKRUIDEN

Voor plantenziekten en onkruiden geldt dat er onderscheid kan worden gemaakt in aanwezige (ziektenverwekkende) organismen in het bergingsgebied en via het water aangevoerde organismen. Aanwezige organismen kunnen zowel bodem- als gewasbewonend zijn. Waterberging kan deze organismen beïnvloeden door verandering van de habitatcondities (bodem en gewas), door effecten op de stofwisseling en door verschuiving van het onderlinge evenwicht tussen soorten.

Een belangrijke factor voor plantenziekten is de (tijdelijke) zuurstofhuishouding in de bodem en de conditie van het gewas. Aërobe bodems worden bij waterberging anaëroob en doorweekt. Daardoor veranderen chemische en biologische afbraakprocessen. Deze afbraakprocessen zijn temperatuur gerelateerd en kunnen al na zeer korte tijd veranderen. Het betekent dat effecten van waterberging in het groeiseizoen het grootst zijn. Verder is de duur van de berging van grote invloed op de overlevingskans en verspreiding van organismen. Hierover zijn nog weinig kwantitatieve gegevens beschikbaar.

Tabel 3.3 geeft een indicatie van de hoeveelheden en groepen van organismen 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.

TABEL 3.3 MEEST VOORKOMENDE GROEPEN VAN BODEMORGANISMEN IN LANDBOUWGEBIEDEN

Groep organismen	Levend gewicht in kg per hectare
Bacteriën	10 000
Algen	140
Protozoën	370
Schimmels	10 000
Nematoden	50
Springstaarten	6
Mijten	4
Enchytraeën	15
Duizendpoten	50
Insecten	17
Slakken	40
Regenwormen	4 000

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.

In grote lijnen worden de effecten van waterberging op organismen volgens bovenstaande indeling (tabel 3.3) besproken. Een uitzondering daarop vormen de springstaarten, mijten, duizendpoten en insecten (inclusief spinnen) die als één groep (nl. insecten) gezien, omdat ze vergelijkbaar reageren op waterberging.

3.2.1 BACTERIËN, ALGEN EN PROTOZOËN

ALGEN

Voor algen geldt dat waterberging bij hogere temperaturen en langdurige berging kan leiden tot toename van de algengroei in het water. Deze algengroei is afhankelijk van de nutriënten (stikstof en fosfaat) in de bodem en het bergingswater. Vermoedelijk zijn er geen specifieke plantenziekten in het geding veroorzaakt door algen. Wel zijn er effecten van “algengroei” (blauwwieren) op de diergezondheid door het ontstaan van toxische stoffen (paragraaf 3.3). Algen kunnen in uitzonderlijke gevallen wel fysieke effecten hebben op de gewasgroei. 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.

PROTOZOËN zijn ééncellige organismen die in de bodem, het water en ook als parasiet op en vooral in planten en dieren kunnen leven. In het oppervlaktewater kunnen ze goed overleven. Waterberging leidt daardoor ook eenvoudig tot verspreiding van deze soorten. 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. Het voorkomen en de uitbreiding van parasitaire soorten 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 bij het voorkomen omdat deze soort afhankelijk is van langdurig stilstaand brak water (meer dan 750 mg per liter) in warmere perioden. Bij waterberging wordt juist het tegengestelde bereikt, nl. verdunning van brak water.

BACTERIËN

Binnen de groep van bacteriën wordt onderscheid gemaakt tussen aërobe of anaërobe bacteriën. Waterberging heeft 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. Voorbeelden hiervan zijn de quarantaineziekten bruinrot en ringrot bij aardappel. Het voorbeeld bruinrot wordt verderop toegelicht. Voor plantenvirussen, zover deze al relevant zijn, is de verspreiding met het oppervlaktewater minder waarschijnlijk, zeker niet buiten het groeiseizoen.

Uitzondering daarop is de ziekte Rhizomanie, een virus dat via schimmels wordt geactiveerd (zie schimmels).

Als voorbeelden van de mogelijke gevolgen van waterberging via effecten op bacteriën wordt nader ingegaan op de bacteriën *Ralstonia solanacearum* (de veroorzaker van bruinrot bij aardappel).

BRUINROT

De door de bacterie *Ralstonia solanacearum* veroorzaakte ziekte bruinrot in aardappel 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*) 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 3.1) 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 3.1 DE IN 2002 AANGEWZEN GEBIEDEN WAAR EEN VERBOD VOOR HET BEREGENEN VAN AARDAPPELPERCELEN MET OPPERVLAKTEWATER GELDT (BRON: PLANTENZIEKTENKUNDIGE DIENST, WAGENINGEN).



3.2.2 SCHIMMELS

Schimmels komen veel in de bodem voor en spelen een belangrijke rol in de afbraak van organische stoffen. Ze vormen soms een symbiose met hogere planten. Sommige soorten leven gehecht aan of in plantenwortels (al dan niet pathogeen), andere soorten komen voor op bovengrondse plantendelen en zijn soms sterk pathogeen (bijvoorbeeld roest op graan- gewassen).

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 algemeen voorkomende schimmelziekten en soorten die hun sporen vooral via de lucht verspreiden, bijvoorbeeld *Phytophthora*, zal waterberging vermoedelijk niet tot extra toename of verspreiding leiden. 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 anaërobie 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 risico's 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* veroorzaakte ziekte *Rhizomania*. Dit is een door een virus veroorzaakte ziekte bij biet. Het virus wordt overgedragen door de schimmel *Polymyxa betae*. Deze schimmel groeit in de slootbagger en wordt met het schonen 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 onderzocht bij bloembolpercelen (Epema., 1996; PPO bloembollen). 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 onderzonden. De schimmelsoort *Stromatinia gladioli* (zg. droogrot) geeft wel aantasting na 6 weken, maar de kieming van de rustsporen (zg. sclerotien) 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.

Bij langdurige waterberging sterven bovengrondse gewasdelen af. De snelheid waarmee dit gebeurt hangt bijvoorbeeld af van het soort gewas en de watertemperatuur. Grassen zijn meestal redelijk resistent. Gewassen in de oogstfase (aardappelen, graan) kunnen al na een paar dagen worden aangetast. In tabel 3.4 wordt voor de aardappel aangegeven hoe temperatuur en overstromingsduur tot schade aan het gewas leiden (Meeuwse, 2002).

TABEL 3.4

EFFECT VAN OVERSTROMINGSDUUR EN TEMPERATUUR OP SCHADE AAN AARDAPPELEN (MEEUWSE, 2002).

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

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 mycotoxines produceren die schadelijk zijn voor het vee (zie ook paragraaf 3.3). De aanwezigheid van deze schimmels zal ook tot vorming van mycotoxines in hooi en kuilvoer kunnen leiden (beschimmeld hooi/kuilvoer). Het risico voor het optreden van dit specifieke risico van mycotoxines in veevoer is vooral bij waterberging in de zomermaanden aanwezig.

3.2.3 AALTJES EN WORMEN

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.

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 vocht

huishouding 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 cysten alen - 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).

3.2.4 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).

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.

3.2.5 OVERIGE ORGANISMEN

Voor hogere organismen zoals mollen, muizen, hazen e.d. geldt dat waterberging veelal negatief zal uitpakken doordat ze verdrinken of wegvlugten. Dat betekent ook dat 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.

Voor slakken geldt dat ze goed gedijen onder vochtige omstandigheden. Landslakken (vooral naaktslakken) zullen veelal afsterven door waterberging. Onduidelijk is of dit ook plaatsvindt bij hun eikapsels. Voor het leverbotslakje wordt verwezen naar de paragraaf over dierziekten

3.2.6 ONKRUIDEN

Veel landbouwonkruiden zijn goed aangepast aan dynamische omstandigheden. Ze zijn als eenjarige of als overblijvende soorten met wortelstokken meestal goed bestand tegen waterberging.

Naar verwachting heeft waterberging twee typen effecten op onkruiden:

- 1 verspreiding van zaden en andere plantendelen
- 2 verschuiving van concurrentie tussen gewassen en onkruiden

ad 1. Het voornaamste effect van waterberging op onkruiden lijkt de verspreiding van zaden te zijn. Dat geldt alleen als het aangevoerde water ook daadwerkelijk die zaden bevat (Wees, 2001). Er zullen herkomstgebieden nodig zijn zoals recent aangelegde bossen met ruigte, verruigde bermen en dijken en natuurontwikkelingsgebieden. Belangrijke onkruidhaarden zijn tegenwoordig ook de randen van maïspercelen (vooral op zandgronden) waar bijvoorbeeld brandnetel, haagwinde en kweek veelvuldig voorkomen door verruiging en vermeting. De aanvoer van zaden kan zowel in als buiten het groeiseizoen plaatsvinden. De verspreiding van onkruidzaden binnen een bergingsgebied is niet homogeen. Door windwerking en stroming kunnen zaden zich lokaal ophopen in ruigten en langs de randen van het bergingsgebied.

Een belangrijke onkruidsoort die zich via zaad met het water zal verspreiden is Ridderzuring (*Rumex obtusifolius*). Op beperkte schaal geldt dit ook voor Haagwinde, Kweekgras, Brandnetel, Bitterzoet, Melde, Duizendknoop en Akkerdistel. Voor Bitterzoet geldt dat deze

drager kan zijn van de bruinrotbacterie en dus een groot potentieel risico is. Verspreiding van onkruidzaden is geen enkele probleem zolang er geen geschikte condities zijn voor kieming en vestiging en de 'infectiedruk' nauwelijks hoger ligt dan bij de gangbare bedrijfsvoering.

Ad 2. Wanneer gebieden wat langer onder water staan, vooral in het groeiseizoen, zullen de meeste landbouwgewassen een groeidepressie vertonen (tabel 3.5). Akkerbouwgewassen kunnen snel afsterven en in graslanden zal de concurrentiepositie van productieve grassen afnemen. Hierdoor ontstaat er ruimte in het vegetatiedek en kunnen aanwezige onkruiden kiemen of zich wat uitbreiden. Een voorbeeld hiervan is de Kruipende boterbloem. Dit effect wordt versterkt op plaatsen in bergingsgebieden waar veel slib wordt afgezet. Het te snel inscharen van vee en bewerken van het gewas na waterberging leidt tot bodemverwonding en toename van kiemingscondities van onkruiden.

Waterberging leidt niet tot structurele vernatting van gebieden. De groeicondities voor onkruiden nemen daardoor ook niet structureel toe en verminderen ook niet. Alleen op die plekken waar relatief veel sediment wordt afgezet of waar het gewas afsterft, kunnen nieuwe vestigingsplaatsen ontstaan voor onkruiden. Deze situatie verschilt sterk met die voor de ruilverkavelingen. Toen waren permanent natte omstandigheden en langdurige overstromingen soms de oorzaak van uitbreiding van onkruiden.

Positieve effecten van waterberging op bepaalde onkruiden treden vooral op bij langdurige berging. Dit is onderzocht in proeven met inundatie van bollenvelden. 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.

Tot slot kan nog genoemd worden dat waterberging in het vroege groeiseizoen het effect van onkruidbespuiting ongedaan kan maken.

3.2.7 EFFECTEN OP PRODUCTIEGEWASSEN

In deze paragraaf wordt kort ingegaan op directe effecten van waterberging op gewasproductie. Door zuurstoftekort in de bodem kan waterberging tot een groeidepressie leiden met stress tot gevolg. Dit effect is sterker bij hoge temperaturen van het water (tabel 3.4). 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), Kroppaar (*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 tabel 3.5 wordt een globale (praktische) inschatting van gewassterfte door waterberging samengevat (Meeuwse, 2003). Deze uitkomsten zijn indicatief en niet gestaafd door gericht onderzoek.

TABEL 3.5 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	

3.3 EFFECTEN OP DIERZIEKTEN

Hieronder wordt een overzicht gegeven van de toxische stoffen en infectieuze organismen die bij waterberging een risico kunnen vormen voor de gezondheid van rundvee. Bij dierziekten kan het gaan om chemische verontreiniging, pathogenen en om toxische stoffen die worden uitgescheiden door organismen. Bij dierziekten geldt ook dat er ook sprake kan zijn van reeds aanwezige ziekten in het bergingsgebied en aangevoerde ziekten van elders. Over dit laatste aspect is betrekkelijk weinig bekend. Afgaande op het feit dat er, zover bekend, in de frequent overstroomde uiterwaarden van de grote rivieren geen grote uitbraken van dierziekten hebben voorgedaan lijkt de aanvoer van dierziekten met bergingswater geen al te groot risico.

De ontwikkeling van dierziekten is een complex proces waarin een groot aantal factoren een rol spelen zoals eigenschappen van contaminanten, gedrag van pathogenen en de toxische concentratie en de diersoort (vee).

De microflora in de pens van herkauwers kan worden beschouwd als een effectieve bio-reactor voor verschillende toxische contaminanten, zowel van biologische als van chemische oorsprong. Toxinen van de *Fusarium* schimmel worden bijvoorbeeld effectief afgebroken onder invloed van de activiteit van de pensmicroben. Verstoring van de pensflora kan dit vermogen aantasten. De gevoeligheid voor bepaalde contaminanten is afhankelijk van de diersoort: schapen zijn veel gevoeliger voor koper dan runderen. Meestal zijn jonge dieren gevoeliger voor infecties. Op oudere leeftijd ontstaat immuniteit en treedt er leeftijds-resistentie op. Bij kalveren waarvan de pens nog niet (volledig) is ontwikkeld, ontbreekt de capaciteit tot decontaminatie door de pensflora. De gevoeligheid voor chemische contaminanten is om die reden hoger.

3.3.1 CHEMISCHE VERONTREINIGING

De verontreiniging van bergingsgebieden met zware metalen of organische verbindingen, zoals eerder beschreven in paragraaf 3.1, kan op uiteenlopende manieren de diergezondheid aantasten. Het kan gaan om rechtstreekse opname van achtergebleven en verontreinigd inlaatwater, via slib dat op het gewas of in de toplaag van de bodem is achtergebleven en om hoge concentraties contaminant in het gewas. Puntbronnen van waaruit verontreiniging zich kan verspreiden kunnen een grote rol spelen in het risico van waterberging op dierziekten. In mindere mate geldt dit ook voor historische contaminanten (zie paragraaf 3.1).

OPNAME VAN ZWARE METALEN VIA HET GEWAS

Er zijn slechts enkele contaminanten die vanuit de bodem door de plant worden opgenomen. Deze stoffen kunnen op de plant een toxisch effect hebben (fyto-toxisch), waardoor de plant afsterft. Bekende voorbeelden daarvan zijn de zeer hoge industriële concentraties zink langs de Geul en in delen van zuidoost Brabant. Selenium en Molybdeen passeren wel de bodem-plant barrière en kunnen accumuleren in de plant voordat de fyto-toxische concentratie is bereikt. De opname van Cadmium door de plant is mede afhankelijk van de pH van de bodem. Ook stikstof bevordert o.a. de opname van Zn en Cd door de plant (Gaj en Schnung, 2002).

Lood en kwik worden niet door de plant opgenomen maar zijn sterk aan de bodem gebonden. Risico's voor de diergezondheid komen in dit geval voort uit de opname van gronddeeltjes. Het risico voor de diergezondheid wordt in deze gevallen bepaald door de concentratie in de bovengrond.

OPNAME VAN ZWARE METALEN VIA BODEMDEELTJES

Tijdens het grazen worden door het vee ook bodemdeeltjes opgenomen. Schapen nemen bij het grazen dagelijks meer grond op dan koeien. Koeien nemen dagelijks maximaal 3 - 10% van de droge stof aan bodemdeeltjes op (Fries, 1982). Dit komt ongeveer overeen met 600-2000 g. grond per dag, afhankelijk van de samenstelling van de bodem en de hoeveelheid en lengte van het gras

Slib uit sloten en via aanvoer met inlaatwater vormt in bergingsgebieden een extra route waarlangs landbouwgrond verontreinigd wordt. Uit de analyse van de aanvoer van zware metalen met verontreinigd slib vanuit Rijnwater kan worden geconcludeerd dat de belas-

ting met zware metalen van de onderliggende bodem niet noemenswaardig toeneemt en dus een beperkt risico vormt (zie paragraaf 3.1). In dit opzicht levert opname met het gras dus ook geen verhoogd risico op, niet voor de diergezondheid en ook niet voor de veiligheid van de dierlijke producten. Een uitzondering hierop zijn die situaties waarin sprake is van historische contaminatie of verontreiniging vanuit puntbronnen.

EFFECTEN VAN CONTAMINANTEN

LOOD

Het maximaal toelaatbare gehalte lood in volledig diervoer is 5 mg/kg bij een droge stofgehalte (ds) van 88% (PDV Verordening 1998). Een opname van 3600-4200 mg/dag leidt bij koeien tot chronische vergiftigingsverschijnselen. Een opname van >360 g/dag leidt binnen 24 uur tot sterfte. Lood remt in het lichaam enzymen die betrokken zijn bij de bloedaanmaak en kan daarom leiden tot bloedarmoede. Lood accumuleert niet in het spiervlees, maar vooral in het bot, en tevens in lever en nieren. Een klein deel kan worden uitgescheiden met de melk (Suttle et al., 1997). Er werden echter geen verhoogde loodgehalten vastgesteld in de nieren van melkvee dat gedurende 8 jaar graasde op weiland waarvan de bodem meer dan 100 mg lood per kg ds bevatte (Fitzgerald et al. 1985).

In gronden die regelmatig overstromen, zoals de uiterwaarden, kan het loodgehalte oplopen tot ca. 600 mg/kg ds. Lood wordt echter slecht opgenomen door de plant. De gehalten in gras op deze gronden zijn dan ook niet hoger dan 8 mg/kg ds voor lood (Vreman en van Driel, 1985).

In andere uiterwaarden werden tamelijk hoge concentraties lood aangetroffen (300 mg lood/kg grond) zonder dat dit bezwaren opleverde voor de diergezondheid en de kwaliteit van melk en vlees. Uit experimenteel onderzoek blijkt overigens dat bij hoge loodconcentraties de koeien het gras minder goed opnemen (Strojan and Phillips, 2002; C. Kan, *pers. med.*). Bovenstaande doet vermoeden dat bij waterberging in het regionale systeem lood geen probleem vormt omdat concentraties in de bodem hier meestal beduidend lager liggen (10-100 mg/kg grond) dan in uiterwaarden, uitzonderingen daargelaten.

CADMIUM

Het toegestane gehalte Cadmium in diervoeders is 1 mg/kg (PDV Verordening 1998). Cadmiumgehalten van 40-160 mg/kg droge stof in het voer leiden bij volwassen koeien tot chronische vergiftiging. Gehalten hoger dan 300mg/kg zijn acuut giftig (Wright et al, 1977).

Cadmium verdringt de elementen ijzer, zink en koper in enzymen die een metaalion bevatten, wat leidt tot stofwisselingsstoornissen. De symptomen van chronische cadmiumvergiftiging zijn daarom vergelijkbaar met die van ijzer-, koper-, of zink-gebreksziekten. Cadmium wordt niet uitgescheiden met de melk en accumuleert niet of nauwelijks in het spierweefsel (Suttle et al. 1997). Na opname wordt Cadmium opgeslagen in lever en nieren. Dit effect treedt vooral op na langdurige blootstelling aan Cadmium.

Onderzoek naar de gevolgen van cadmiumopname bij koeien heeft in het verleden geen gezondheidseffecten bij melkkoeien aan het licht gebracht. Hoewel hoge concentraties Cadmium plaatselijk werden gevonden in uiterwaardengrond leidde dit niet tot overschrijding van de kwaliteitsnormen in de accumulerende organen van het dier (lever en nier). Het gehalte Cadmium in gras op deze gronden was niet hoger dan 0,4 mg/kg ds

(Vreman en van Driel, 1985). Ter vergelijking: het Cadmium gehalte in rundvee A-brok was in 1977 gemiddeld 0,5 mg/kg. Koeien die graasden op de gronden van voorheen een zink-smelterij in Budel werden evenmin ziek, maar vertoonden wel te hoge Cadmium-concentraties in lever en nier (C. Kan). Ook voor Cadmium geldt dus kennelijk dat, uitgezonderd calamiteuze situaties (Budel), waterberging geen problemen zal opleveren voor de diergezondheid.

ZINK

Zink kan wel van invloed zijn op de diergezondheid indien het bergingsgebied hoge zinkgehalten bevat. Runderen kunnen tot 1000 mg zink per kg in het dagelijks rantsoen verdragen. Dit komt overeen met 30 mg zink per kg lichaamsgewicht. Deze gehalten worden in gewassen alleen bereikt bij buitensporig hoge hoeveelheden zink in de bodem. Daarbij is van een normale groei van het gras of ander ruwvoer allang geen sprake meer. In Nederland komt dit binnen regionale systemen betrekkelijk weinig voor. Een bijzondere situatie is die langs de Geul, waar hoge zinkgehalten voorkomen door voormalige mijnbouw in de bovenloop. Er lijkt dus een betrekkelijk gering risico te zijn op de diergezondheid door waterberging, uitgezonderd op die plekken met historische contaminatie of zeer hoge aanvoer.

CHROOM

Chroom is weinig schadelijk voor het vee. Runderen kunnen schade ondervinden bij een inname van circa 2 mg chroom per kg lichaamsgewicht per dag (dit komt overeen met 65 mg chroom/kg in het dagelijks rantsoen). Rekening houdend met de ingestie (opname) van grond is een maximum waarde van 65 mg/kg toelaatbaar. Chroom accumuleert in de wortel van de plant. Pas bij zeer hoge concentraties vindt transport naar de bovengrondse delen plaats. Waterberging zal dus nauwelijks risicovol zijn vanwege de geringe gehalten in het oppervlaktewater en vanwege de beperkte opname door gewas.

KOPER

Vooral schapen zijn gevoelig voor kopervergiftiging. Een enkelvoudige toxische dosis van schapen ligt bij 15-110 mg/kg., maar intoxicatieverschijnselen kunnen ook optreden bij een langdurige opname van 3,5 mg/kg per dag. De acuut toxische dosis van kopersulfaat bij runderen ligt boven de 200 mg/kg lichaamsgewicht. Runderen kunnen een gehalte tot 80 mg/kg ds in het dagelijkse rantsoen ruwvoer verdragen. Dit zou moeten worden aangehouden als maximum toelaatbaar gehalte in grasland dat door runderen begraaft wordt. De ervaring leert overigens dat op bepaalde gecontamineerde uiterwaardgronden een aanmerkelijk hoger kopergehalte (tot 200 mg/kg grond) geen schadelijke gevolgen heeft voor de grasproductie, de diergezondheid en de kwaliteit van het dierlijk product (melk, vlees, organen). Waterberging lijkt dan ook nauwelijks risicovol t.a.v. koper al is het alleen al omdat de aanvoer via dierlijke mest een veelvoud is (zie tabel 3.2).

ARSEEN

Arseen wordt beschouwd als een essentieel voedingselement. Tekorten kunnen aanleiding zijn voor verminderde groei, en verminderde vruchtbaarheid bij geiten (Anke *et al.* 1991). Arseen wordt snel uitgescheiden met de urine. Geringe concentraties met een maximumwaarde van 0,19 ug/g arseen werden niettemin aangetroffen in lever, nieren en spieren (Doyle and Spaulding, 1978). Het maximum toegestane gehalte in diervoeders is 2 mg/kg (PDV Verordening). Onduidelijk is of waterberging ook leidt tot dergelijke gehalten in het gewas. Vermoedelijk zijn de risico's beperkt door geringe concentraties in het aangevoerde water.

SELEEN

Bij een (tijdelijk) hoge Seleen concentratie in de bodem kan de concentratie in het gewas toenemen. Het risico op chronische Seleen intoxicatie bij runderen ontstaat bij langdurige opname van 4-6 mg/ kg ds (Underwood en Suttle, 1999). Het toxische effect is mede afhankelijk van de samenstelling van het totale rantsoen. De dieren zijn minder attent, vertonen een ruw en dof haarkleed en kunnen klauwproblemen krijgen. De melkgift blijft achter bij de verwachting. Het is niet te verwachten dat waterberging leidt tot langdurige opname van seleen via het gewas.

NITRIET EN NITRAAT

Opname van nitraat in dieren leidt tot de vorming van nitriet. Ook ammonium uit mest kan door nitrificatie in zuurstofrijk water worden omgezet in nitriet. Bij blootstelling aan te hoge concentraties nitriet kunnen sterfte, abortus en kalveren met aangeboren afwijkingen optreden.

Nitriet mag in veevoer de norm van 15 mg/kg niet overschrijden (PDV Verordening, 1998).

Een opname van nitraat van 360-540 g/dag wordt beschouwd als acuut giftig voor een volwassen koe. Bronnen, die een snelle beschikbaarheid van nitraat in de pens kunnen geven zijn kunstmest en vervuild water. Bij waterberging kan dit dus het geval zijn wanneer er vlak voor de periode van berging grootschalig bemest is (voorjaar). Hoewel de concentraties stikstof in het bergingswater op dat moment tijdelijk zeer hoog kunnen zijn, zal een groot deel daarvan worden afgevoerd na drooglegging. Wel kunnen sloten hierdoor een hoge concentratie nitraat bevatten. Het risico van waterberging zou dus kunnen bestaan door gebruik van verontreinigd oppervlaktewater als drinkwater voor het vee direct na de berging. De reguliere bemesting van landbouwgrond en de uitspoeling van nitraat lijken een veel groter risico dan waterberging.

SULFIET EN SULFAAT

Waterstofsulfide in water is zeer giftig voor melkvee en kan leiden tot diarree en verlamingsverschijnselen. Bij meer dan 0,3-0,4% sulfaat in het voer kan secundair kopergebrek optreden vooral als de opname van koper ten opzichte van die van molybdeen laag is, vooral tijdens de weideperiode en in gebieden waar de Cu/Mo verhouding in het voer laag is. Een giftige opname van zwavel, sulfiet of sulfaat leidt tot overmatige sulfide vorming in de pens. De Nederlandse norm voor sulfaat en sulfide in oppervlaktewater is 250 mg/l. resp. 0.02 mg/l. Langdurige waterberging kan leiden tot het ontstaan van sulfiden en vormt dan ook een potentieel risico.

ENDOCRINE DISRUPTOREN (STOFFEN MET HORMONALE VERSTORING)

Deze stoffen zoals PCB's, pesticiden en andere bestrijdingsmiddelen zijn afkomstig van industriële processen of worden gebruikt in de akkerbouw. Ze bezitten oestrogene eigenschappen en kunnen mogelijk van invloed zijn op de voortplanting van volwassen koeien en de ontwikkeling van de vrucht. Meestal is de overdrachtsfactor van voer naar melk van diverse organische chloorverbindingen niet groter dan een factor 10.

Er loopt op dit moment een onderzoek naar klinische effecten en de overdracht naar melk na opname van PAKs met het voer. Er zijn tot op heden geen effecten op de diergezondheid gevonden en de voorlopige resultaten geven aan dat bij toediening van het gemeten maximum gehalte geen overdracht naar de melk optreedt.

Normaal gesproken zijn er geen bestrijdingsmiddelen in het aangevoerde water aanwezig. Ook in geval van incidenten kan worden verwacht dat de bestrijdingsmiddelen snel uit het milieu verdwijnen door verdunning. Er zullen door waterberging waarschijnlijk geen significante effecten op de diergezondheid optreden.

TABEL 3.6 EFFECT VAN OVERMAAT VAN CHEMISCHE CONTAMINANTEN OP DE DIERGEZONDHEID EN VOEDSELVEILIGHEID

Contaminant	tolerantie limiet ^a	Klinische verschijnselen ^c	Dierlijke producten	risico waterberging
Zware metalen en spoor- elementen				
Lood	10 mg/kg	neurologische verschillen., blindheid, verminderde groei	residu in nier en lever	beperkt
Cadmium	0,5 mg/kg	Nierschade, infertiliteit, verstoorde pensfunctie, groeivertraging	residu in nier en lever	beperkt
Zink	500 mg/kg	bloedarmoede , vermagering, productieverlies, secundaire Cu-deficiëntie	residu in lever, uitscheiding met de melk	aanwezig
Koper	100 mg/kg	Vermagering, anorexia, hemolytische crisis	residu in de lever	beperkt
Arseen	50-100 mg/kg ^b	groeivertraging, bloedingen, spierzwakte, diarree, huidontsteking, sterfte	aanbevolen wachttermijn voor slacht en melk: 2-6 weken.	beperkt
Selenium	2 mg/kg	bloedarmoede, ruw haarkleed, stijve gang, diarree, productieverlies	- ^d	gering
Molybdeen	± 50 mg/kg	secundaire Cu-deficiëntie: productieverlies, anemie, swayback (schapen), diarree (runderen)	-	gering
Mineralen				
Zwavel, sulfaat, sulfiet	?	secundaire Cu-deficiëntie, diarree, indigestie pens	-	beperkt
Stikstof, nitraat, nitriet	?	sterfte, abortus	-	beperkt
Organische verbindingen				
PCB, DDT, PAK	?	geen	vetopslag, overdracht naar de melk?	gering
Dioxine	?	geen?	overdracht naar de melk?	gering
Mycotoxinen				
Trichothecenen		immuunsuppressie?		gering
DON	2000 µg/kg	geen		
NIV	500 µg/kg	geen	-	
T-2	25 µg/kg	verhoogde bloedingsneiging (bij 1-10 mg/kg)		
ZEA	500 µg/kg	hyperoestrogenisme, infertiliteit, abortus, daling melkgift (bij 12-25 mg/kg)	alleen bij hoge dosering overdracht naar de melk	gering

^a voor volwassen runderen

^b organische resp. anorganische vorm

^c dosis-afhankelijk

^d geen effect

3.3.2 BIOLOGISCHE EFFECTEN

De effecten van pathogenen op het vee worden bepaald door de aanvoer via water (concentratie), overlevingstijd en dierspecifieke factoren. Bij de overlevingstijd van pathogenen is er verschil tussen die van de kiem (rustfase) en de actieve fase.

PATHOGENE CONCENTRATIES

De hoeveelheid infectieuze kiemen, die nodig is om bij de gastheer een infectie te bewerkstelligen, geeft een indicatie van het risico op besmetting bij een bepaalde infectiedruk. Het is dus niet zo dat de verspreiding van een enkele bacterie of virus het risico sterk vergroot. Deze concentraties zijn sterk afhankelijk van de soort pathogeen en de gevoeligheid van de gastheer.

De infectieuze dosis voor bijvoorbeeld salmonella is tamelijk hoog. Ter illustratie: na toediening van 10^5 eenheden salmonella per dag gedurende 1 maand aan kalveren was salmonella niet opnieuw te isoleren uit de faeces of uit de organen van de dieren.

De infectieuze dosis van VTEC voor de mens is daarentegen laag: 50% van de gastheren raakt geïnfecteerd na blootstelling aan 10 tot 100 organismen.

OVERLEVINGSTIJD EN RESISTENTIE

In tabel 3.3 worden als voorbeeld de overlevingstijden aangegeven van enkele pathogenen in verschillende milieus. Hierbij is geen rekening gehouden met de anaërobe condities, die tijdens de waterberging kunnen ontstaan. Voor obligate aëroben zal het de overlevingstijd aanzienlijk verkorten. Deze tabel laat zien dat de genoemde soorten redelijk persistent zijn. Uit de gegevens blijkt dat als deze organismen door waterberging verspreid zouden worden er een theoretische besmettingsperiode is die loopt van enkele dagen tot een a twee jaar. Contaminatie via mest (rechtstreeks of via waterberging) blijft een belangrijke bron.

TABEL 3.7 DE OVERLEVINGSTIJD VAN BACTERIËLE PATHOGENEN IN HET MILIEU

Organisme	Maximale overlevingstijd		
	Mest	Water	Bodem
Brucella spp.	5 mnd.	2 mnd.	7 mnd.
Mycobacterium spp.	2 jr.	12 mnd.	2 jr.
Salmonella spp.	12 mnd.	4 mnd.	5 mnd.
Bacillus anthracis	n.a.	3 jr.	50 jr
Leptospira spp.	2 dgn.	1 mnd	n.a.

n.a.: niet aangetoond

Voor *E.coli* is in een vochtig milieu minder dan 100-voudige afname gemeten over een periode van 13 weken bij lage temperaturen. Bij 8 °C overleeft *E.coli* 157 keer langer dan bij 15 en 25 °C.

De overlevingstijd van micro-organismen is niet alleen van belang tijdens de waterberging maar ook in de periode na drooglegging. De overlevingstijd wordt beïnvloed door de volgende factoren:

- Temperatuur en vochtigheid van de bodem en de lucht
- Aantal zonuren
- beschikbaarheid van zuurstof

Vooraf de temperatuur speelt een belangrijke rol. Meestal neemt de overlevingstijd toe bij lagere temperaturen. De meeste bacteriën overleven langer in een vochtig milieu en bij weinig zonneschijn (UV straling). Obligaat aërobe bacteriën zullen onder anaërobe condities snel afsterven. Alleen anaërobe bacteriën, zoals Clostridia, kunnen onder deze omstandigheden tot ontwikkeling komen.

Oöcysten zijn over het algemeen zeer resistent. Zij zijn vooral gevoelig voor uitdroging. Sommige oöcyten kunnen de hele winter op het land overleven. Onder anaërobe omstandigheden zullen deze snel afsterven.

EFFECTEN PER GROEP ORGANISMEN

VIRUSSEN

Er zijn geen aanwijzingen dat de in Nederland voorkomende virussen zich via het oppervlaktewater verspreiden en leiden tot uitbraak van besmettelijke dierziekten. Dit inzicht is gebaseerd op een situatie waarin, uitgezonderd de uiterwaarden, nog geen sprake is van grootschalige waterberging.

Overstromingen kunnen in principe leiden tot de verspreiding van een virus (afkomstig van runderen, varkens of pluimvee). De aanwezigheid van mest met een virulent virus speelt voor de ontwikkeling van de meeste dierziekten een cruciale rol. Er zijn geen virussen die door de mens worden overgedragen en pathogeen zijn voor koeien. Het is denkbaar dat bij extreme vormen van waterberging zoals in noodoverloopgebieden het grote aantal vee-transporten leidt tot intensievere contacten tussen dieren en daardoor besmettingskansen toenemen.

Virussen kunnen zich niet buiten de gastheer vermeerderen. De meeste virussen worden snel geïnactiveerd onder invloed van de pH of onder invloed van enzymwerking van bestanddelen in het water, in de mest of in de bodem. Dit treedt eerder op bij een hoge dan bij een lage temperatuur. Het is niet goed bekend hoe lang virussen onder deze condities in de verschillende milieu's kunnen overleven, maar waarschijnlijk is de overlevingstijd beperkt.

Virussen zijn erg gevoelig voor UV en uitdroging en kunnen zich buiten hun virulente omgeving maar moeilijk in gevaarlijke concentraties handhaven. Dat geldt dus ook bij waterberging.

BACTERIËN

De aanwezigheid van pathogene bacteriën in een gebied vormt een groter risico bij waterberging. Ze komen in uiteenlopende milieus voor en onder uiteenlopende omstandigheden. Waterberging kan voor deze groep leiden tot relevante verspreiding.

Ten behoeve van een adequate analyse van toegenomen risico's op besmetting met bacteriële pathogenen na waterberging wordt het onderstaande onderscheid gemaakt. Het gaat om soorten die zich in mest, oppervlaktewater of de bodem kunnen bevinden en daarom in potentie verspreid kunnen raken bij waterberging. Bacteriën die zich alleen rechtstreeks via diercontacten verspreiden zijn niet vermeld.

A. Een aantal kiemen komt ubiquitair (algemeen) voor, deze zijn overal in het water of in de bodem aanwezig. Waterberging leidt vermoedelijk niet tot verspreiding van deze soorten maar kan wel de ontwikkeling en besmetting doen toenemen.

B. Een aantal kiemen komt in Nederland slechts bij uitzondering voor. De kans dat waterberging besmetting veroorzaakt lijkt vrij gering.

C. Een aantal ziektekiemen komt bedrijfsgebonden voor. In deze situatie kan waterberging leiden tot contaminatie van andere bedrijven door verspreiding van ziektekiemen. Deze bedrijven kunnen als puntbronnen worden beschouwd.

A. ALGEMEEN VOORKOMENDE BACTERIËN

BOTULISME (CLOSTRIDIUM BOTULINUM)

Dit is de verwekker van botulisme. De bacterie komt tot ontwikkeling onder vochtige en warme omstandigheden in eiwitrijk materiaal waar geen zuurstof bij kan. Koeien kunnen besmet raken via contact met besmette kadavers (eenden en andere vogels) of met gecontamineerde pluimveemest op het land. Ook het milieu in anaërobe kuil vormt een geschikt medium zolang de pH nog hoger is dan 4,5. De Clostridium sporen zijn zeer resistent tegen uitwendige invloeden en kunnen lang in de bodem overleven.

Runderen zijn gevoelig voor het botuline toxine type C en D. De dieren kunnen na opname van het gif plotseling sterven of progressieve verlamningsverschijnselen vertonen, bijvoorbeeld in de achterhand en bij het slikken. Herstel treedt niet meer op. Als na overstroming dode dieren op het land of in de sloot achterblijven kan besmetting via drinkwater verlopen. Bij warm weer kan hierin de botulisme bacterie tot ontwikkeling komen. Om dit risico te vermijden verdient het aanbeveling om na waterberging het land te inspecteren op de aanwezigheid van kadavers en deze te verwijderen alvorens de koeien weer in de wei worden gebracht. Duidelijk is dat dit vooral speelt bij waterberging in het zomerhalfjaar.

ENTEROTAXAEMIE (CLOSTRIDIUM PERFRINGENS)

De kiem veroorzaakt enterotoxaemie bij kalveren en lammeren. De sporen zijn zeer resistent tegen uitwendige invloeden en kunnen lang in de bodem overleven. Onduidelijk is of waterberging risico op extra besmetting met zich meebrengt.

LISTERIA SPECIES.

Listeria is een kiem die algemeen voorkomt, maar alleen onder invloed van bepaalde factoren pathogeen is. Het treft meestal slechts een individueel dier. *Listeria monocytogenes* is de verwekker van meningo-encephalitis bij geiten en runderen en kan abortus veroorzaken bij herkauwers, paarden en varkens. *Listeria monocytogenes* kan in kuilvoer tot ontwikkeling komen vooral bij hogere (>5) pH waarden. De kiem kan goed overleven in het milieu. Onduidelijk is in hoeverre waterberging bijdraagt aan de verspreiding en ontwikkeling.

CAMPYLOBACTER SPECIES.

Campylobacter species, zoals *C. jejuni*, *C. coli*, en *C. upsaliensis* komen bij alle diersoorten voor. De dieren fungeren na infectie als drager en er treden zelden ziekteverschijnselen op. De kiem is erg gevoelig voor uitdroging. In een vochtige omgeving kan de bacterie goed overleven. Verwacht wordt dat waterberging geen sterk effect heeft op uitbraken.

ROTKREUPEL (BACTEROIDES NODOSUS)

Als door de vele neerslag en overstromingen het land erg nat is geworden kan de bacterie die rotkreupel bij schapen veroorzaakt zich goed vermeerderen. Het is onder deze omstandigheden in grote koppels dieren vaak ondoenlijk om deze bacterie uit te roeien. Een weiland kan besmet blijven tot een jaar nadat er voor het laatst schapen in hebben geweid. Omdat schapen vaak het hele jaar door buiten lopen zal infectiedruk permanent aanwezig zijn. De bacterie kan onder vochtige omstandigheden goed overleven. Waterberging heeft vermoedelijk beperkt een verhoogde infectie tot gevolg heeft. Onduidelijk is of de bacterie zich via waterberging ook verspreid over niet-besmette percelen. De gangbare besmetting van niet besmette percelen vindt plaats door beweiding met reeds besmette dieren. Deze vorm van verspreiding lijkt een veel grotere rol te spelen.

BLAUWALGEN (CYANOBACTER SPECIES)

Door eutrofiering van het water kan versnelde ontwikkeling van toxische blauwalgen (cyanobacteriën) optreden in sloten en open water. Verschillende soorten kunnen zeer giftige toxinen produceren. Runderen vertonen na opname van een toxische dosis nerveuze verschijnselen en symptomen van leverbeschadiging. Eutrofiering wordt bevorderd door de aanwezigheid van meststoffen in het water en kan terdege het gevolg zijn van waterberging in combinatie met recente mestgift. Deze combinatie kan al vroeg in het voorjaar plaatsvinden maar de effecten treden later in het jaar op. Algenbloei treedt vooral in de zomer op bij hogere temperaturen van het water en aanwezigheid van (historische) nutriënten. Als de sloot als drinkwaterbron voor de koeien wordt gebruikt is het aan te bevelen om een controle van het slootwater te laten uitvoeren.

B. SPORADISCH VOORKOMENDE BACTERIËN**BRUCELLOSE (BRUCELLA ABORTUS)**

Brucella abortus veroorzaakt Brucellose bij runderen, een ziekte die valt onder de aangifteplicht. De kiem veroorzaakt abortus bij runderen. In Nederland komt de kiem in principe niet voor. Sporadisch wordt een geval van Brucellose vastgesteld, na bloed- of melkonderzoek. Het betreft in de meeste gevallen importdieren. De kiem kan overleven in een vochtig milieu. Onduidelijk is of waterberging ook een relevante rol in de verspreiding kan spelen en hoe lang de soort kan overleven in een vochtig milieu.

TUBERCULOSE (MYCOBACTERIUM BOVIS)

Nederland is in principe vrij van tuberculose. Het valt onder de aangifteplichtige dierziekten. De kiem veroorzaakt tuberkels in de longen. Myco bacteriën kunnen goed overleven in het milieu. Onbekend is of waterberging tot verspreiding van de ziekte kan leiden vanuit puntbronnen.

CHOLERA (VIBRIO CHOLERA)

Vibrio cholera is de verwekker van cholera bij de mens en kan leiden tot abortus bij geiten en runderen. Cholera komt in Nederland niet meer voor, maar heeft in het begin van de 19^e eeuw langere tijd geheerst. Het is een ziekte die zich via het oppervlaktewater kan verspreiden. De kiem wordt incidenteel uit oppervlaktewater geïsoleerd. *Vibrio cholera* overleeft relatief kort in riool en slootwater, vooral bij hoge temperaturen. Door betere hygiënische omstandigheden lijkt het risico bij waterberging zeer gering. De aanwezigheid van riool-overstorten in bergingsgebieden vergroot het risico.

C. BEDRIJFSGEBONDEN BACTERIËN

PATHOGENE E.COLI

Sommige *E.coli* typen hebben ziekteverwekkende eigenschappen. Bij kalveren veroorzaakt *E.coli* K99 diarree in de eerste levensweek, bij biggen geeft *E.coli* K88 dezelfde problemen. Bij oudere dieren ontstaat leeftijdsresistentie, hoewel deze wel drager kunnen zijn en zo bijdragen aan een verspreiding van de kiem op het bedrijf. De vero-toxine producerende *E.coli* (VTEC) O157 veroorzaakt geen ziekteverschijnselen bij landbouwhuisdieren. Runderen en varkens zijn (tijdelijk) symptoomloos drager. Runderen zijn het belangrijkste reservoir van VTEC. De uitscheiding van VTEC door runderen verloopt met tussenpozen.

VTEC infecties (O157) bij de mens zijn in verband gebracht met de consumptie van besmet vlees. VTEC kan bij de mens ernstige diarree veroorzaken. De ziekte kan zich bij risicogroepen (jonge kinderen en ouderen) ontwikkelen tot het levensbedreigende hemolytisch uremie syndroom (HUS). De kiemen kunnen vrij lang overleven in een vochtig milieu. Mogelijk kan waterberging een rol spelen in de verspreiding van deze organismen tot een pathogeen niveau.

PARATUBERCULOSE (MYCOBACTERIUM PARATUBERCULOSIS)

Mycobacterium paratuberculosis veroorzaakt paratuberculose bij runderen. De ziekte treedt op bij oudere dieren en gaat gepaard met chronische vermagering en diarree. De dieren kunnen alleen op zeer jonge leeftijd (<2-3 mnd.) worden geïnfecteerd, daarna ontstaat leeftijdsresistentie. Tenminste 20 % van de melkveebedrijven in Nederland is besmet. Via een georganiseerd bestrijdingsprogramma wordt geprobeerd om de ziekte uit te bannen. Het is niet bekend of waterberging de besmetting doet toenemen.

MELKERSKOORTS (LEPTOSPIRA HARDJO)

In het verleden kwam leptospirose op veel bedrijven voor. Tegenwoordig zijn de meeste bedrijven leptospirose-vrij. *Leptospira hardjo* leidt bij het rund tot abortus of de geboorte van slappe kalveren, vaak zonder verdere klinische verschijnselen. Het is een zoonose die bij de mens griepachtige verschijnselen ('melkerskoorts') kan veroorzaken. Onbekend is of waterberging een rol kan spelen in verspreiding en verhoging van de besmettingsgraad.

SALMONELLA SPECIES

Op rundveebedrijven spelen vooral *Salmonella typhimurium* en *S. dublin* een rol. De meeste rundveebedrijven zijn Salmonella-negatief. Insleep kan plaats vinden door aankoop van besmette dieren of besmette mest. *Salmonella typhimurium* kan een ernstige darmontsteking veroorzaken gepaard gaand met heftige diarree, sepsis en abortus. Bij overstroming zou de kiem van positieve naar negatieve bedrijven kunnen worden verspreid, omdat deze in het oppervlakte water aanwezig is, of omdat besmette mest op het land is uitgereden. Daarmee

lijkt waterberging een potentiële risicofactor te zijn. Salmonella kan redelijk goed in het milieu overleven, in de bodem 5-6 maanden. De Salmonella bacterie is vooral gevoelig voor uitdroging.

PARASIETEN

Sommige parasieten gedijen bij voorkeur onder invloed van vochtige omstandigheden. Hierdoor kan de infectiedruk toenemen door waterberging. De gevolgen van waterberging zijn in dit geval sterk afhankelijk van het jaargetijde. Het zomerhalfjaar is een periode met een groter risico. Waterberging kan mogelijk ook leiden tot verspreiding van parasieten. Toename van de infectiedruk kan echter niet alleen aan waterberging worden toegeschreven. Wanneer waterberging gevolgd wordt door regenrijke perioden met plas/dras situaties of gecombineerd wordt met vernattingsmaatregelen dan neemt de infectiedruk sterk toe.

LEVERBOT (FASCIOLA HEPATICA)

Fasciola hepatica veroorzaakt leverbot (*fascioliasis*) bij herkauwers. De parasiet nestelt zich in de lever en galgangen en veroorzaakt daar een chronische infectie. Bij schapen komen acute en chronische leverbotziekte voor, bij runderen ontstaat vooral een chronisch ziektebeeld.

In de replicatiecyclus van de leverbot fungeert de slak *Lymnea truncata* als tussengastheer. Uit de slak komen infectieuze larven vrij die zich vastzetten op het grasland. Overdracht naar de grazer vindt plaats door de opname van besmet gras.

De slak komt vooral voor in vochtige milieu's zoals kwelzones, greppels en andere plaatsen op het land waar water blijft staan. De slak kan zich goed handhaven in een waterig milieu. Waterberging alleen leidt naar verwachting niet tot relevante verhoging van de infectiedruk (C. Gaasbeek, *pers.med.*).

ABORTUS (NEOSPORA CANINUM)

Honden fungeren als besmettingsbron van *Neospora caninum* voor het rund. *Neospora* is een van de belangrijkste verwekkers van abortus bij rundvee. Het is niet bekend hoe lang en onder welke omstandigheden de oocysten overleven in het milieu en ook is niet duidelijk op welke manier de kiem binnen het bedrijf wordt overgedragen. Besmetting van het kalf treedt vermoedelijk op via het moederdier.

Het is niet duidelijk welke factoren een rol spelen bij de verspreiding van *Neospora*. Waarschijnlijk kunnen deze oocysten net als andere onder vochtige omstandigheden lang infectieus blijven, maar leiden anaërobe omstandigheden tot afsterven. De rol van waterberging bij deze besmetting is onbekend.

LONGWORM (DICTYOCAULUS VIVIPARUS)

Via de faeces van besmette dieren belanden de larven van de longworm op het land. De beste omstandigheden voor ontwikkeling ontstaan in een nat milieu met veel regenval. Larven kunnen in de winter op het gras overleven en de dieren in het voorjaar weer besmetten. Bij inundatie zullen de larven onder anaërobe omstandigheden niet lang overleven. Verspreiding van longworm door waterberging speelt waarschijnlijk geen rol.

SCHIMMELS

Schimmelbesmetting van graangewassen waaronder mais kan leiden tot hoge mycotoxinen waarden. In gras worden toxinen vooral in de grasaar gevormd. Gelet op het feit dat het gras in de Nederlandse situatie intensief wordt beweid of wordt gemaaid voordat de aren worden gevormd lijkt het risico op hoge mycotoxine gehalten in gras gering. Na opname van hoge doses mycotoxinen via het voer kunnen meer of minder ernstige ziekteverschijnselen optreden. Runderen zijn meestal relatief ongevoelig voor mycotoxinen. Jonge dieren en mogelijk ook hoogproductieve dieren zijn gevoeliger dan andere soortgenoten. Na overstroming kan een verhoogd risico optreden doordat het gewas nat wordt geogst en de kans op schimmelvorming toeneemt.

4

RISICO'S

4.1 RISICOFACTOREN

In deze paragraaf worden de voornaamste potentiële risicofactoren samengevat. Veel van deze risicofactoren zijn in tal van bergingsgebieden vermoedelijk niet of nauwelijks aan de orde. Het opsommen van risicofactoren betekent ook niet automatisch dat ze een groot risico inhouden. Ze moeten ook worden gezien als handvaten waarmee waterbeheerders en producenten risico's kunnen beïnvloeden, hoe klein ook.

4.1.1 CONTAMINANTEN

De volgende risicofactoren worden onderscheiden:

HISTORISCHE BODEMVERONTREINIGING

De mate van historische bodemverontreiniging bepaalt voor een belangrijk deel de kwaliteit van het gewas. Waterberging kan deze historische contaminatie ontsluiten en daardoor zorgen voor (tijdelijk) hoge gehalten in het gewas. Dat speelt vooral in het groeiseizoen. Berging in gebieden met een grote overmaat aan fosfaat in de bodem vormen tijdelijk ook een risicofactor voor de kwaliteit van het oppervlaktewater.

PUNTBRONNEN, RIOOLOVERSTORTEN EN RWZI'S

Deze bepalen in sterke mate de chemische en bacteriologische waterkwaliteit. Ze kunnen bij een ongelukkige samenloop (bijvoorbeeld bij riooloverstort en waterberging) een extra risico opleveren. Verder zullen RWZI's minder effectief werken bij grote watertoevoer. Hierdoor kan effluent van een slechtere kwaliteit zijn. Omdat er in perioden van waterberging sterke verdunning optreedt zal de problematiek vermoedelijk lang niet zo groot zijn als bij de reguliere overstorten in sloten.

Puntbronnen als opslag van chemicaliën, olie en meststoffen bevinden zich meestal op bedrijven en vormen een reëel risico. Bij ondiepe waterberging zullen ze niet worden aangetast. Bij diepe berging en calamiteiten vormen onbeschermde puntbronnen een belangrijke risicofactor.

KWALITEIT VAN AANVOERWATER (ZOWEL WATER ALS SEDIMENT)

Dit is een onzekere factor die sterk samenhangt met de periode van waterberging in het jaar en herkomst van het bergingswater. Een slechte kwaliteit van inlaatwater levert een bedeutend groter risico op. In regionale systemen lijkt de aanvoer van sediment met daaraan gehechte contaminanten veel beperkter dan in het rivierengebied en lijkt dus een beperkte risicofactor.

INUNDATIEDUUR

De duur van de inundatie beïnvloedt de sedimentatie en chemische processen in de bodem. Langduriger overstroming levert een groter risico op omdat dan ook chemische processen

in de bodem een belangrijkere rol gaan spelen en opname van zware metalen in het gewas kan plaatsvinden in het groeiseizoen.

INUNDATIEFREQUENTIE

Veelvuldig overstromde gebieden accumuleren contaminanten. Wanneer het proces van accumulatie dat van afbraak of uitspoeling overschrijdt, ontstaat er een risico op verhoogde concentraties in het gewas. Dit accumulatie-effect verschilt per gewas, per contaminant en per gebied. Alleen voor de jaarlijks overstromde gebieden zal accumulatie van zware metalen een belangrijke rol gaan spelen.

SUBSTRAAT

De aard van het substraat, klei, veen of zand, bepaalt mede in hoeverre contaminanten beschikbaar kunnen komen voor opname. Dit wordt ondermeer bepaald door binding aan het substraat en de hoeveelheid opgeloste hoeveelheid organische stof.

AREAAL VERONTREINIGDE SLOOTBODEMS

Het areaal aan (verontreinigde) slootbodems is een potentiële risicofactor. Een groot areaal betekent een grotere kans op vermenging van waterbodems met het oppervlaktewater. In gebieden met een grote dynamiek, zoals overloopgebieden of meestromende berging is deze kans weer groter dan in stagnant water. In gebieden met een venige bodem zal de onderwaterbodem sneller vermengen met het bergingswater.

De aanwezigheid van verontreinigde slootbagger op de oever is een risicofactor bij waterberging. Het kan zich verspreiden en worden opgenomen in het gewas. Door verdunning zullen de concentraties aan contaminanten niet groot zijn.

BEGRAZING OF OOGST DIRECT NA INUNDATIE

Direct na inundatie kunnen er relatief veel contaminanten worden opgenomen in het gewas. Ook is er meestal sediment op het gewas aanwezig dat door vee wordt geconsumeerd. Het oogsten van het gewas direct na berging of begrazing levert hierdoor een risico op. Dat laatste geldt alleen voor de contaminanten die door de plant worden opgenomen.

BEMESTING OF BESPUITING VLAK VOOR BERGING

Wanneer er kort voor de waterberging op grote schaal gemest is ontstaan er hoge concentraties nitraat in het oppervlaktewater. Dat geldt ook voor bespuiting met bestrijdingsmiddelen vlak voor waterberging.

4.1.2 PLANTENZIEKTEN EN ONKRUIDEN

Voor het optreden van plantenziekten spelen de volgende risicofactoren.

TIJDSTIP VAN WATERBERGING

De periode van het jaar waarin berging optreedt bepaalt in sterk mate de ontwikkeling van plantenziekten. In relatief warme perioden kan de ontwikkeling van phytopathogenen snel op gang komen. Dit valt bovendien samen met de periode van gewasteelt en veroorzaakt dan ook een grotere gewasschade.

DUUR VAN WATERBERGING

Langdurige berging leidt tot zuurstoftekorten in de bodem, doet lichttekorten toenemen en vergroot de kans op afsterven van zowel schadelijke als nuttige bodembewonende organismen. Langdurige berging in de zomer is een bijzonder ongunstige combinatie.

FREQUENTIE VAN WATERBERGING

Veelvuldige overstroming vergroot de milieustress, verkleint de hersteltijd van populaties, vergroot de kans op blijvende infecties en beperkt het herstel van biologische evenwichten. Voor plantenziekten geldt dit bijvoorbeeld voor bruinrot.

AANWEZIGHEID INFECTIEHAARDEN BINNEN EN BUITEN HET GEBIED

De aanwezigheid van infectiebronnen van ziekteverwekkers of onkruiden in het gebied of stroomopwaarts, is een zeker risico als deze soorten zich ook via het water kunnen verspreiden. Het gaat dan om bedrijfsgebonden besmettingen. Voor veel van deze mogelijke besmettingen geldt dat de verdunning tijdens de berging zo groot is dat de achtergrondwaarden vermoedelijk nauwelijks worden overschreden worden. Een uitzondering daarop is vermoedelijk bruinrot. Voor zaden van onkruiden geldt ze zich soms goed via het oppervlaktewater verspreiden. Vestiging van onkruiden lijkt zeer beperkt op te treden en is vooral lokaal van aard.

GRONDGEBRUIK

Het is evident dat de teelt van sommige gewassen een risicofactor is bij waterberging. Akkerbouw- en tuinbouwgewassen zijn gevoeliger voor aantastingen dan grasland.

BEHEER NA BERGING

Het beheer direct na overstroming kan de kans op het uitbreiden van plantenziekten en onkruidzaden vermoedelijk vergroten door bodembeschadiging en verspreiding van organismen.

4.1.3 DIERGEZONDHEID

Voor het optreden van dierziekten gelden de volgende risicofactoren:

WATERKWALITEIT EN SEDIMENT

De kwaliteit van het aangevoerde water vanuit rivieren, beken en sloten is bepalend voor het risico van de introductie van pathogenen en milieuverontreinigende stoffen op het land. De hoeveelheid sediment speelt daarin een belangrijke rol.

DUUR VAN DE BERGING

Langdurige berging van vele weken leidt tot zuurstofloosheid van de bodem en tot de vorming van sulfiden in het water met toxische effecten van dien op het vee.

PERIODE VAN BERGING

Waterberging in de zomerperiode levert een wat groter risico op. De watertemperatuur kan, zeker bij ondiepe berging, sterk stijgen en zowel chemische als biologische processen anders doen verlopen. Hierdoor treedt algenbloei op.

FREQUENTIE VAN WATERBERGING

Bij frequente overstroming (1-2 keer per jaar) kunnen bodemgehalten van zware metalen en andere chemische contaminanten accumuleren. Dit lange termijn effect speelt een rol in gebieden waar veel riviersediment wordt afgezet (overloopgebieden, meestromende berging) of waar lokaal contaminatie optreedt. Bij de huidige toelaatbare concentraties lijkt dat geen probleem, zeker niet in het regionaal systeem. Wel kan de aanwezigheid van historische contaminatie en puntbronnen lokaal grotere risico's teweeg brengen.

PUNTBRONNEN EN INFECTIEHAARDEN

De aanwezigheid van RWZI's, riooloverstorten en andere infectiebronnen is een potentiële risicofactor waardoor bedrijfs- of plekgebonden pathogenen zich kunnen verspreiden. Deze verspreiding zal waarschijnlijk niet random in het gebied plaatsvinden maar vooral in de nabijheid van deze bronnen.

BEMESTING VOOR BERGING

Grootschalig uitrijden van de mest vlak voor waterberging vergroot het risico op contaminatie van het land en oppervlaktewater met pathogenen. Mest is immers een belangrijke drager van pathogenen. De grootte van dit risico is moeilijk te benaderen en afhankelijk van bedrijfsgebonden factoren. Mestinjectie beperkt vermoedelijk wel de verspreiding van stoffen en organismen.

4.2 RISICO'S

De feitelijke risico's (kans x effect) van waterberging op het optreden van plant- en dierziekten en op contaminatie voor landbouwbedrijven in bergingsgebieden kunnen niet worden gekwantificeerd door het ontbreken van basale informatie. Ze zijn daarom ingeschat. Ze kunnen sterk verschillen per gebied en aard van de berging.

- De risico's van waterberging op de landbouw lijken vooralsnog beperkt, specifieke situaties en bedrijfstypen daargelaten. De grootste risico's zijn die van fysieke gewasschade en opbrengstvermindering.
- Er is een beperkt risico op relevante verspreiding en accumulatie van zware metalen bij zeer frequente berging. Duidelijke ophoping daarvan in gewassen en vee wordt niet voorzien.
- Het risico op uitbraken van plant- en dierziekten is eveneens gering, uitgezonderd de bruinrot bij aardappelen. Voor akkerbouwgewassen is het risico groter dan voor grasland. Veel ziekten kunnen zich wel verspreiden via het bergingswater maar bereiken waarschijnlijk geen infectieus niveau. Voor veel plant- en dierziekten geldt dat bedrijfsmanagement en weersomstandigheden een belangrijker infectiebron vormen voor ziekten en parasieten dan kortdurende berging.
- Voor extensieve bedrijven (o.a. biologische en biologisch-dynamische) is er mogelijk een risico op verstoring van biologische evenwichten bij langdurige berging. Dit is niet onderzocht maar is ook niet onwaarschijnlijk. Voor deze bedrijven geldt ook een risico op contaminatie met (lage concentraties) stoffen van buurbedrijven die normaal niet in de bedrijfsvoering gebruikt mogen worden zoals kunstmest en bestrijdingsmiddelen.
- Het grootste risico op effecten ontstaat bij langdurige waterberging in de zomer en direct na grootschalige bemesting.

WATERBERGING EN CERTIFICERING

Het risico van waterberging op de certificering van landbouwbedrijven is niet onderzocht maar voor landbouwondernemers soms wel een bron van zorg. Bij certificering spelen niet alleen de kwaliteit van het eindproduct, maar ook de productieomstandigheden in de keten een rol.

Bij waterberging lijkt het er niet op dat in de melkveehouderij de kwaliteit van het eindproduct bij een goede bedrijfsvoering wezenlijk wordt beïnvloed. Voor akkerbouwgewassen geldt dat waterberging de kwaliteit van het eindproduct wel sterk kan beïnvloeden, afhankelijk van de periode van berging, de duur en het gewas.

Voor de productieomstandigheden zijn er tal van vraagtekens, vooral wanneer waterberging niet als diffuse bron wordt gezien. Dit betreft:

- verspreiding van stoffen die, ongeacht de concentratie, niet toegelaten zijn (kunstmest, bestrijdingsmiddelen), bijvoorbeeld bij biologische bedrijven
- sediment op percelen met een verhoogd gehalte aan contaminanten
- toename van de infectiegraad van percelen die voor de berging vrij waren van infecties (bruinrot)

5

CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

5.1 EFFECTEN

De effecten en risico's van waterberging op de landbouw worden vooral bepaald door de volgende factoren:

- periode van berging (zomer- of winterhalfjaar);
- duur van de berging (dagen of weken);
- frequentie van de berging (jaarlijks of minder dan eens per 10 jaar);
- herkomst van het bergingswater (kwaliteit);
- grondgebruik en gewassen in het bergingsgebied;
- aanwezigheid van infectie- en (historische) contaminatiebronnen.

Door waterberging worden twee processen sterk beïnvloed:

- Het anaëroob (zuurstofloos) raken van de bodem. Hierdoor veranderen de bodemchemie en milieucondities voor gewassen en (bodem)organismen;
- De verspreiding van stoffen en organismen via het water. Hierdoor kunnen locaties met uiteenlopende kwaliteitseisen besmet raken met contaminanten, plant- en dierziekten en onkruiden elders uit het gebied.

5.1.1 EFFECTEN OP CONTAMINANTEN

- Er treedt verspreiding op van contaminanten vanuit puntbronnen, inlaatwater of RWZI's in het gebied. De concentraties zullen door verdunning meestal niet normoverschrijdend zijn en alleen bij zeer slechte waterkwaliteit en zeer frequente berging leiden tot extra ophoping in de bodem. Het risico op opname in het gewas is echter beperkt en treedt alleen tijdelijk op bij berging in het groeiseizoen;
- Waterberging direct na het grootschalig uitrijden van mest kan leiden tot hoge concentraties nutriënten in het bergingswater. Deze kunnen de normen voor oppervlaktewater overschrijden. Op fosfaatverzadigde gronden zal ook zonder het uitrijden van mest veel fosfaat oplossen in het bergingswater;
- Onderwaterbodems vormen een potentiële extra belasting van de waterkwaliteit wanneer ze losspoelen tijdens de waterberging of bij het schonen op de slootoevers achterblijven. Dit effect zal groter zijn bij overlooppolders en meestromende berging. Door verdunningseffecten worden normen vermoedelijk niet overschreden, maar treedt wel verspreiding op.
- Bestrijdingsmiddelen worden vermoedelijk niet in relevante concentraties verspreid. Meestal vindt berging plaats buiten de periode dat deze middelen worden toegepast. Ook hier geldt dat berging direct na bespuitingen wel tot grootschalige uitspoeling leidt.
- Begrazing of oogsten van het gewas direct na de berging brengt enige risico's met zich mee door verhoogde opname in het gewas of door slibafzetting op het gewas. Een groot aantal contaminanten wordt echter niet door het gewas opgenomen. Sediment verdwijnt na regen al snel van het gewas. Een wachttijd voor begrazing, oogsten en bewerken van grond en gewas beperkt dit risico

5.1.2 EFFECTEN OP PLANTENZIEKTEN EN ONKRUIDEN

- Bruinrot (aardappel), Knolvoet (kool) en Rhizomanie (bieten) zijn de voornaamste ziekteverwekkers die bij waterberging gestimuleerd kunnen worden;
- Voor opgeslagen ruwvoer geldt dat Mycotoxine vormende schimmels op hooi en kuilvoer zoals *Fusarium*, *Alternaria*, *Penicillium* en *Aspergillus* kunnen toenemen in de kuil en bij gebruik van overstroomd en gemaaid gewas;
- Twee soorten aaltjes (*Meloidogyne species*) die tot de quarantaine soorten behoren worden mogelijk via inlaatwater verspreid. Een positief effect voor enkele gewassen (bollen) is de grondontsmetting (aaltjes) door langdurige inundatie;
- Door waterberging kan het bodemleven verstoord raken. Onbekend is of dit ook leidt tot extra aantastingen door het wegvallen van de nuttige bodemfauna of uitbreiding van plaagsoorten;
- Waterberging buiten het groeiseizoen heeft nauwelijks gewasreductie tot gevolg tenzij er sprake is van langdurige inundatie. Bij akkerbouwgewassen (wintergranen) is er wel sprake van productieverlies buiten het groeiseizoen. Berging binnen het groeiseizoen leidt al snel tot gewasreductie en oogstverliezen;
- Berging heeft een positief effect op de verspreiding van een aantal onkruiden zoals ridderszuring. De vestiging en ontwikkeling van onkruiden zal bij een normaal landbouwkundig beheer niet zodanig toenemen dat extra maatregelen vereist zijn. Ook zullen al aanwezige onkruiden zich nauwelijks uitbreiden omdat direct na de berging gebieden weer worden drooggemalen. Hierdoor ontstaan geen structureel nattere omstandigheden. Inscharen van vee of gewasbewerking direct na berging kan leiden tot bodemverwonding en lokale toename van onkruiden.

5.1.3 EFFECTEN OP DIERZIEKTEN

- Voorlopige onderzoeksresultaten uit gebieden die regelmatig onder water staan, zoals de uiterwaarden, hebben geen duidelijk verhoogd gezondheidsrisico aan het licht gebracht t.a.v. contaminanten, ondanks de soms ernstige vervuiling van de gronden. Voor beweiding van het land in de uiterwaarden wordt wel een wachttermijn van enkele weken in acht genomen;
- Door de geringe frequentie en beperkte tijdsduur van overstroming lijkt een verhoogde infectiedruk van waterminnende ziektekiemen zoals leverbot, rotkreupel e.d. niet op te gaan treden;
- Overstroming van gebieden leidt tot verspreiding van sommige ziektekiemen naar andere percelen binnen het gebied. Dit risico kan groter zijn bij overloopgebieden en meestromende berging. Het aantal infectieuze micro-organismen dat na waterberging op het land achter blijft zal waarschijnlijk relatief gering zijn en daarmee zal de infectiedruk ook niet significant toenemen;
- De te verwachten anaërobe omstandigheden vormen een belangrijke risico-beperkende factor. Dit risico kan groter worden naarmate gebieden langer onder water staan. Dat geldt ook voor waterberging in de zomerperiode (hogere temperaturen);
- De periode met een uitrijverbod voor mest (1 september tot 1 februari) beperkt het risico op verspreiding van dierziekten in deze periode. Omdat net voor en na deze periode massaal mest wordt uitgereden is het risico op verspreiding van pathogenen in deze periode wat groter;
- De rol van contaminanten op dierziekten is vermoedelijk gering. Wel kunnen puntbronnen een rol spelen;

- Door overstroming kan opslag van veevoer verontreinigd raken en ongeschikt zijn voor vervoeding aan de dieren. Ook de opslag van eindproducten (bieten en aardappelen) kunnen aangetast raken door berging.

5.2 RISICO'S VAN WATERBERGING OP DE LANDBOUW

Het bepalen van risico's van waterberging op de landbouw kan door het ontbreken van basale kennis alleen worden ingeschat.

- De risico's van waterberging op plant- en dierziekten en onkruiden lijken beperkt tegen de achtergrond van andere bedrijfsrisico's. Uitzondering daarop is de verspreiding van enkele quarantaine ziekten zoals bruinrot bij aardappelen.
- Bij waterberging kan vooral fysieke schade optreden aan (akkerbouw)gewassen
- Contaminanten verspreiden zich bij berging, maar leiden niet tot relevante ophoping in gewassen en vee. Wel kan frequente waterberging bij slechte aanvoer kwaliteit bijdragen tot extra accumulatie in de bodem.
- Plant- en dierziekten verspreiden zich weliswaar bij waterberging, maar bereiken vermoedelijk geen pathogene niveaus.

De doorvertaling van waterberging op de kwaliteit van het eindproduct en de certificering is in dit onderzoek niet onderzocht maar er zijn wel enkele opmerkingen over te maken.

- Voor sommige typen certificering of extensieve vormen van landbouw is er mogelijk een probleem vanwege de verspreiding van stoffen en organismen op gronden waar ze niet mogen worden toegepast, ongeacht de concentratie. Dat geldt ondermeer voor kunstmest, bestrijdingsmiddelen, bruinrot en in de toekomst wellicht ook de zogenaamde GGO's (Genetisch Gemodificeerde Organismen);
- Het risico op problemen met de kwaliteit van eindproducten of certificering is wat groter in gebieden met historische contaminatie, bij risicovolle puntbronnen en bij risicovolle bedrijfsvoering.

5.3 AANBEVELINGEN VOOR BODEM- GEWAS- EN WATERBEHEER

Om effecten van berging op plant- en dierziekten en contaminanten te minimaliseren zijn preventieve maatregelen mogelijk. Ze spelen zowel op bedrijfsniveau als op gebiedsniveau. In grote lijnen zijn ze terug te voeren op de verbetering van de bodem- en waterkwaliteit, goed bedrijfsmanagement en het voorkomen van calamiteiten.

MAATREGELEN OP BEDRIJFSNIVEAU

- instellen van een wachttijd voor begrazing, oogsten van gewas en grondbewerking direct na waterberging;
- beveiliging van puntbronnen (mestopslag, olie-opslag, etc.);
- afvoer van slootbagger uit bergingsgebieden;
- bescherming van opslag van ruwvoer tegen wateroverlast;
- aanpassing van teelten.

MAATREGELEN OP GEBIEDSNIVEAU

- snelle drooglegging direct na waterberging;
- bescherming overstromingsgevoelige puntbronnen;
- afkoppeling van RWZI's en riooloverlopen op bergingsgebieden;

- afstemming van besmettingsgevoelige teelten op de bergingsfuncties (bruinrot);
- uitrijbeperking van mest vlak voor waterberging;
- verbetering van de waterkwaliteit en beperking van accumulatie van relevante contaminanten;
- afzonderlijke risicobepaling voor gebieden met historische contaminatie ;
- sanering van historische contaminanten;
- het uitvoeren van een gebiedsgerichte risico-analyse.

5.4 AANBEVELINGEN VOOR VERDER ONDERZOEK

Tijdens dit onderzoek bleek dat er significante kennislacunes bestaan. Aanvullend onderzoek is gewenst voor de volgende aspecten:

- Het gedrag en de verspreiding van stoffen en organismen in bergingsgebieden. Waarschijnlijk verschillen de risico's binnen een bergingsgebied aanzienlijk onder invloed van gebiedskenmerken en type berging;
- Het effect van overstromingsduur, -frequentie, -periode en waterkwaliteit op relevante contaminanten, organismen en gewassen. Het zijn deze factoren die een belangrijke rol spelen bij het bepalen van de risico's van waterberging;
- Het effect van waterberging op de bodemchemie, biologische evenwichten en de veerkracht van het landbouwproductiesysteem;
- Het opstellen van gebiedsgerichte balansen voor contaminanten;
- Het effect van waterberging op de certificering en doorwerking naar de voedselketen.

Voor een aantal van de hierboven genoemde kennislacunes is experimenteel onderzoek noodzaak. 'Extreme events' als waterberging en dierziekten komen zo onregelmatig voor dat praktijksituaties moeilijk onderzoekbaar en inpasbaar zijn.

5.5 DISCUSSIE

In deze 'quick scan' is op basis van verspreide en fragmentarische kennis een inschatting gemaakt van landbouwkundige effecten van waterberging. Veel van de benodigde kennis over waterberging is te beperkt om de risico's van waterberging met grote zekerheid in te schatten en te kwantificeren. Uitspraken hierover zijn afgeleid uit schaarse gegevens van andere watersystemen. De resultaten van deze studie dienen daarom als eerste aanzet voor een risicobepaling te worden beschouwd.

Het is op basis van de huidige inzichten niet te verwachten dat er bij waterberging ineens grootschalige effecten gaan optreden op het vlak van plant- en dierziekten. Echter organismen die van invloed zijn op het optreden van plant- en dierziekten zijn continu aan verandering onderhevig. Ze passen zich vrij snel aan bij veranderende milieu-omstandigheden. Ook vee en gewassen (Genetisch Gemodificeerde Organismen) veranderen in de loop van de tijd en dus ook hun gevoeligheid voor pathogenen.

De risico's op het optreden van plant- en dierziekten en beschikbaar komen van contaminanten zijn afhankelijk van tal van processen die elkaar wederzijds kunnen beïnvloeden. Veel van deze processen, vooral bij contaminanten, zijn gebiedspecifiek (bodem, historische contaminatie, lokale emissie) of afhankelijk van bedrijfsomstandigheden en bedrijfsvoering. Deze studie en de hulptabel bieden weliswaar handvaten voor bepaling van effecten en risico's maar zijn niet toegesneden op specifieke gebieden.

6

LITERATUUR

- Anke, M., 1994. Defizite und Ueberschusse an Mengen- und Spurenelementen in der Ernaehrung : 14. Arbeitstagung Mengen- und Spurenelemente 1994. Jena : Friedrich-Schiller-Universitaet.
- Bruggen, M van, Stortelder, P.B.M., Guchte, C. van de & W.F. van Hooft, 1995. Quality and risks of Rhine and Meuse sediments after 1995 floods. RIVM, Bilthoven.
- Delft Cluster, 2003. The role of Flood Impact Assesment in Flood Defence Policies. Delft.
- Doyle, J.J. Spaulding, J.E., (1978) toxic and essential elements in meat- a review. *J. Anim. Sci.*, 47, 398-419.
- Duel, H., C. Kwakernaak, T.Segeren & L.C.P.M. Stuyt, 2000. Indicatieve zoekgebieden voor waterberging in polders en beekdalen; globale verkenning naar kansrijke gebieden voor vermindering van wateroverlast van regionale systemen. Alterra, Wageningen; WL, Delft en IPO. Rapport T2372 WL Delft Hydraulics, Delft.
- Fitzgerald, P.R., Peterson, J., Lue-Hing, C. (1985) Heavy metals in tissues of cattle exposed to sludge-treated pasture for eight years. *Am. J. Vet. Res.* 46, 703-707.
- Gaj, R., Schnung, E. (2002) Effect of organic fertilisers on the zinc and cadmium uptake of soybeans and wheat on an artificially contaminated soil. *Landbauforschung Völkenrode (52):255-258.*
- Knol, W.C., E.M. Jokovi, A. Blankena, W.J.H. Meulenkamp, H.S.D. Naeff & T.J. Weijtschede, 2002. Een vergelijking van potentiële noodoverloopegebieden 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.
- Med-Rice, 2001. Guidance document for Environmental risk assessment of active substances used on rice in the EU for annex 1 inclusion. Report of the working group 'MED-RICE" .Eur. Comm. in the framework of the Council Directive 91/414/EEC.
- Meijer, G.A.L., J.A. Wagenaar, J. de Bree & S.F. Spoelstra, 1997. Riiooloverstorten: risico's voor de gezondheid van melkvee. ID-DLO, Lelystad.
- 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.

PDV Verordening 1998, Productschap Diervoeder, Den Haag.

Plantenziektenkundige Dienst (2002) Nieuwsbrief PD, nummer 3, juni 2002.

RIVM, 2001. Natuur en milieucompendium. RIVM, Bilthoven.

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.

Smith, S.R., 1996. Agricultural recycling of sewage sludge and the environment. CAB International, Oxon, UK

Strojan, S.T., Phillips, C.J.C. (2002) The detection and avoidance of lead-contaminated herbage by dairy cows. *J. Dairy Sci.* 85:3045-3053.

Stumpe, J. & F. Tielrooy, 2000. Waterbeleid voor de 21e eeuw; advies van de commissie waterbeheer 21e eeuw. Den Haag, Commissie Waterbeheer 21^e eeuw.

Suttle, N.F., Brebner, J., Stark, B., Sweet, N., Hall, J.W. (1997) Placental and mammary transfer of lead and cadmium by ewes exposed to lead and cadmium enriched, sewage-sludge treated soils. In: Fischer *et al.* *Proceedings of the Ninth International Symposium on Trace Elements in Man and Animals (TEMA 9)* Banff. NRC Research Press, Ottawa, p168-170.

Underwood, E.J., Suttle, N.F. (1999) The mineral nutrition of livestock. *Cab International, Wallingford, Oxon, p458.*

Van der Gaast, J.W.J., H. Th.L. Massop, J. van Os, L.C.P.M. Stuyt, P.J.T. van Bakel & C. Kwakernaak, 2002. Waterkansen in het SGR2; potenties voor realisatie van de wateropgaven. Alterra, Wageningen. Rapport 558.

Vink, 2001. Zware metalen in Maas uiterwaarden : effecten van stort en reductie van sediment op de interne macrochemie en metaalspecië in poriewater. RIZA, Lelystad.

Vreman, K & N.G. van der Veen, 1982. Overdracht van cadmium, lood, kwik en arseen bij melkkoeien gevoederd met oplosbare verbindingen of met havenslib of rioolslib. IVVO, Lelystad.

Wees, B. van, 2001. Effect van winteroverstroming op de verspreiding van zaden in de uiterwaarden. IAHL, Velp.

Wright, F.C, Palmer, J.S., Riner, M., Hauffler, M., Miller, J.A., McBeth, C.A. (1977) Effects of dietary feeding of organocadmium to cattle and sheep. *J.Agric. Food Chem.* 25:293.

Geraadpleegde deskundigen

Voor het onderdeel ziekten, plagen en onkruiden werd van de volgende personen een schriftelijke bijdrage ontvangen:

Dr. T.H. Been, Plant Research International Wageningen (Nematoden)

Dr. Ir. C.J.H. Booij, Plant Research International Wageningen (Insecten)

Dr. Ir. J.D. van Elsas, Plant Research International Wageningen (Bacteriën)

Dr. J. Köhl, Plant Research International Wageningen (Schimmels)

A.Th.J. Koster, PPO-Bloembollen, Lisse (Onkruiden; Praktijkproeven)

Dr. Ir. P.C. Scheepens, Plant Research International Wageningen (Onkruiden)

GEBRUIKERSHANDLEIDING HULPTABEL

BIJLAGE

DOWNLOAD

hulptabel → www.stowa.nl <<http://www.stowa.nl>> → producten → beschikbare producten → publicaties → watersystemen

Disclaimer

Deze hulptabel heeft tot doel een indicatie te geven van de effecten van waterberging op contaminanten, gewas en vee evenals een schatting van de daarbijbehorende risico's. De hulptabel hoort bij het onderzoeksrapport van Cornelissen et al, 2003. Door lacunes in de beschikbare kennis zijn de effecten en risico's in beschrijvende zin weergegeven en was een kwantitatieve analyse niet mogelijk. Deze hulptabel dient dan ook puur als indicatief te worden beschouwd. Er kunnen géén rechten aan worden ontleend.

INHOUD

1	INLEIDING	57
1.1	Inleiding	57
1.2	Algemene opzet hulptabel	58
2	GEBRUIKERSHANDLEIDING HULPTABEL	61
3	SCENARIO'S ALS VOORBEELD VOOR GEBRUIK	65
3.1	Inleiding	65
3.2	Uitwerking	65
3.3	Vergelijking van de scenario's	71

4	CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	73
4.1	Conclusies	73
4.2	Aanbevelingen	73
5	LITERATUUR	75

1

INLEIDING

1.1 INLEIDING

De effecten van het gebruik van landbouwgronden voor tijdelijke hoogwaterberging zijn nog slechts in geringe mate in kaart gebracht. De STOWA-studie van Cornelissen et al. (2003), waarvan deze hulptabel een bijlage is, rubriceert de mogelijke gevolgen van inundatie van landbouwgrond voor de bedrijfsvoering van de agrariër. De auteurs beschrijven de mogelijke gevolgen voor de verspreiding van landbouwziekten, voor het geïnundeerde gewas zelf, voor vee en voor het uit de bodem vrijkomen van contaminanten terwijl het water boven het maaiveld staat. Ze concluderen dat de beschikbare kennis beperkt is.

Op verzoek van STOWA vatten het IVM-VU en het CLM de in het rapport gecompileerde kennis samen in een eenvoudige, op de praktijk toegesneden hulptabel waarmee de effecten en risico's van verschillende typen berging op een rij worden gezet. De hulptabel is uitgevoerd als meerlagig spreadsheet in het veelgebruikte softwarepakket Excel. Een eenvoudige scenario-analyse met twee extreme combinaties van bergingskenmerken is in de handleiding bijgevoegd. Deze scenario-analyse illustreert het gebruik van de hulptabel. Tijdens de ontwikkeling van de hulptabel zijn geen nieuwe gegevens verzameld.

Deze handleiding geeft aan hoe de hulptabel is opgezet, waarom dat zo gedaan is, en legt uit hoe ze gebruikt kan worden. De hulptabel is dus een aanvulling op het rapport en heeft de bedoeling de informatie op toegankelijke wijze beschikbaar te maken. In de oorspronkelijke opdracht (zie kader) is sprake van de ontwikkeling van een 'beslisboom'. In overleg met de begeleidingscommissie is besloten dat daartoe de aanwezige kennis nog onvoldoende is. Wel is een kwalitatieve risico-inschatting mogelijk met de huidige tabel. De auteurs willen echter benadrukken dat de uitkomsten die de hulptabel genereert louter indicatief zijn.

ONDERZOEKSOPDRACHT

- 1 Geef een praktische, voor de waterbeheerder toepasbare methode voor inschatting van de risico's van waterberging op Nederlandse landbouwgrond, gebaseerd op het STOWA rapport van Cornelissen et al. (2003) waarin de mogelijke gevolgen voor (de verspreiding van) contaminanten, gewas en vee opgenomen zijn.
- 2 Gebruik hiervoor de structuur van een beslisboom en geef waar mogelijk een kwantitatieve schatting van de risico's of van de onzekerheidsmarges hierin.

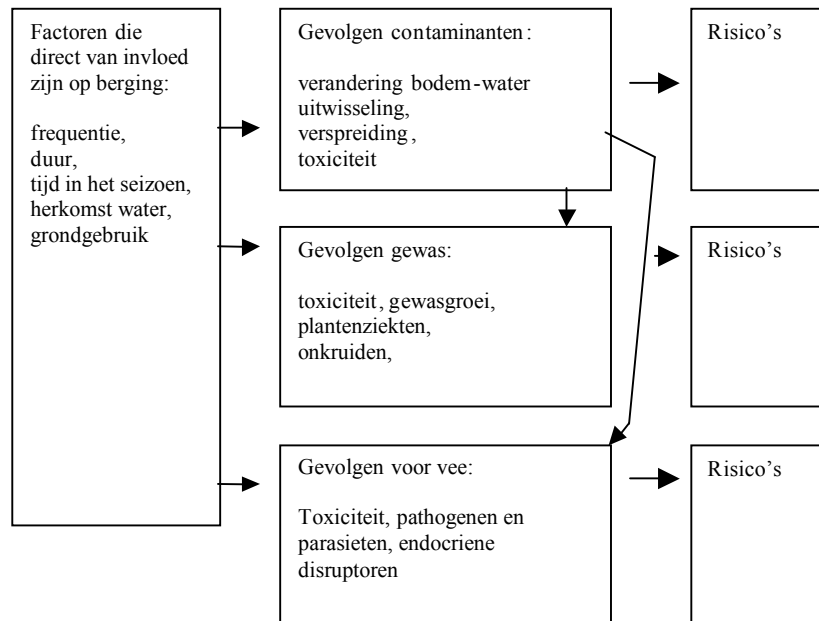
1.2 ALGEMENE OPZET HULPTABEL

De structuur van de hulptabel is gebaseerd op het schema in figuur 1. Door bekende bergingskenmerken in te voeren, wordt een indicatie gegeven van de te verwachten gevolgen voor contaminanten, gewas en vee. Hieruit zijn de daarbijbehorende risico's geschat. Keuze van het gewenste bergingsregime door de gebruiker is eenvoudig: er hoeven slechts vijf getallen ingetypt te worden in een scherm en de tabel levert vervolgens de verwachte gevolgen en bijbehorende risico's als uitvoer in beknopte teksten. De vijf getallen corresponderen met de belangrijkste karakteristieken van een inundatie. Onze keuze wordt onder het hoofdje 'Indeling bergingskenmerken' toegelicht.

Mogelijke effecten en risico's van de aanwezigheid van puntbronnen in een gebied (denk aan overstorten, stallen van intensieve veehouderij of mestputten) zijn buiten beschouwing gelaten. Dit zou de tabel onnodig compliceren. Aanwezigheid van dergelijke infrastructuur maakt gebruik voor berging onwaarschijnlijk.

FIGUUR 1

ANALYSESHEMA GEVOLGEN EN RISICO'S WATERBERGING VOOR LANDBOUWPRAKTIJK IN BERGINGSGEBIEDEN (BRON CHRIS GRIFFIOEN).



INDELING BERGINGSKENMERKEN

Bij het inschatten van de effecten van overstroming spelen een groot aantal aspecten een rol. Zo maakt het bijvoorbeeld erg uit hoe vaak en hoe lang het water op het land staat, maar ook wanneer dit in het jaar gebeurt, wat voor soort water het is, en wat voor landbouwgrond. Deze facetten worden in hoofdstuk 2 van het hoofdrapport besproken. Onze keuze voor vijf generieke kenmerken is gebaseerd op het rapport, en dan met name op tabel 2.2. Ook hebben we ons gebaseerd op literatuur (Van den Brink et al., 1993; Keddy, 2000; Werkgroep Normering, 2002). Voor elk kenmerk zijn twee of drie toestanden (categorieën in tabel 1) gekozen. In totaal zijn er $3 \times 3 \times 2 \times 3 \times 2 = 108$ mogelijke combinaties (3 frequentie-mogelijkheden maal 3 duur-mogelijkheden enzovoorts). Een en ander is kort samengevat in tabel 1, die ook als laatste werkblad aan het spreadsheet is toegevoegd.

TABEL 1 RECHTVAARDIGING BERGINGSKENMERKEN

bergingskenmerken	categorieën	rechtvaardiging
A. frequentie	1. 1 keer per jaar of meer	Cornelissen et al., tabel 2.2; filosofie: 1 keer per jaar is een natuurlijke seizoensinundatie van wetlands. Een frequentie minder dan 1x per 10 jaar sluit aan bij de werknormen voor wateroverlast (STOWA, 2001).
	2. Tussengroep	
	3. Minder dan 1 keer per 10 jaar	
B. duur	1. < 7 dagen (kort)	Cornelissen et al., tabel 2.2; ook o.a. Van den Brink et al., 1993. Filosofie (a) 1 week en een maand lijken logische tijdsgrenzen (b) na een maand gaan er grote veranderingen in de bodem optreden
	2. tussengroep	
	3. 30 dagen of langer (lang)	
C. tijd in seizoen	1. Buiten groeiseizoen (1 okt - 1 apr)	filosofie: landbouwgroeiseizoen aangehouden
	2. Binnen groeiseizoen (1 apr - 1 okt)	
D. herkomst water	1. Lokale neerslag	Ionensamenstelling verschillend, bij voorkeur ook nog harde kwaliteitscriteria, maar die zijn variabel; bij kleinere rivieren ook meestromende berging.
	2. Boezemwater	
	3. Rivierwater (Rijn - Maas), ook kleinere rivieren en stromende watergangen	
E. grondgebruik	1. grasland	filosofie: permanente bedekking bodem meer stromingsweerstand, meer sedimentatie en minder erosie dan zonder bodembedekking; met name bij stroming.
	2. Akkerland (incl. Mais)	

EFFECTEN- EN RISICO-TABELLEN

De effectentabel is gecompileerd op basis van het bijbehorende rapport. Waar mogelijk is aangegeven met welke sectie van het rapport de informatie in de tabel correspondeert. Geregeld wordt naar meerdere sectie's in het rapport verwezen. Hier en daar is extra kennis toegevoegd uit de literatuur. Dit is aangegeven met een [*]. Goede achtergrondliteratuur voor deze punten is bijvoorbeeld Bloemendaal & Roelofs (1988), Wienk et al. (2000), Coops (2002) en Kalff (2002) (zie Bronnen).

De risico-tabel is afgeleid van de effectentabel en de tekst in het rapport. Met risico wordt hier een kwalitatief oordeel bedoeld. Er is geprobeerd het product in te schatten van de grootte van het effect en de kans er op. Dit is gebeurd op basis van 'expert judgment'. Kleine, maar frequente effecten kunnen dus een even groot risico vormen als zeldzame, grote gebeurtenissen.

Voor elk effect is beoordeeld of er sprake was van 'geen', 'mogelijk' of een 'groot' risico. Ook de categorie 'onbekend' komt geregeld voor, omdat de kennis vaak simpelweg niet voor handen is om tot een inschatting van een risico te komen. Vaak is ook besloten tot de categorie 'mogelijk', omdat er inderdaad een mogelijk risico bestaat. De grootte van het risico viel in zo'n geval echter in de regel niet in te schatten. In totaal bevatten de effecten- en risico-tabellen 195 cellen. Opvallend is het geringe aantal keren dat er besloten is een risico groot te moeten noemen (3 procent, Tabel 2). In 32% van de gevallen wordt geen risico verwacht en in 21% is nog te grote onduidelijkheid. Grote risico's worden met name verwacht in de gewasgroei, met onkruid-ontwikkeling en voor regenwormbestanden.

TABEL 2

FREQUENTIE VAN DE VIER VERSCHILLENDE RISICO-CATEGORIEËN IN HET TOTAAL VAN 15 EFFECTENKOLommen X 13 CATEGORIEËN VAN DE BERGINGSKENMERKEN (ZIE TABEL 3 VOOR DE VOLLEDIGE RISICO-TABEL).

Categorie	frequentie	percentage
Geen (0)	62	32
Onbekend (1)	42	21
Mogelijk (2)	85	44
Groot (3)	6	3

Nb. Frequentie in tabel 3 is niet gekoppeld aan kans op voorkomen.

Samenvoegen van dergelijke series van risico-uitspraken tot een totaaloordeel per bergingsscenario is een heikele exercitie. Voor elk van de 108 mogelijke bergingsscenarios zijn $5 \times 15 = 75$ risico-inschattingen beschikbaar in de hulptabel. Dit komt omdat er steeds met 5 bergingskenmerken effecten zijn geschat voor een hele reeks (15 kolommen in de tabel) aspecten van contaminanten, gewas en landbouwhuisdieren.

Om een en ander leesbaar en overzichtelijk te houden is voor een eenvoudige oplossing gekozen: We bekijken per aspect (bijvoorbeeld 'zware metalen') welke risico-inschatting van de bergingskenmerken het meest voorkomt. Hiertoe zijn de vier categorieën (zoals aangegeven in tabel 2) geschaald van 0 (geen) tot 3 (groot risico). De categorie 'onbekend' risico is geplaatst tussen 'geen' en 'mogelijk'. Nader onderzoek kan immers uitwijzen dat een tot dan toe onbekend risico verwaarloosbaar is, maar het kan ook 'groot' blijken te zijn. Als voor 3 van de 5 bergingskenmerken voor bijvoorbeeld 'zware metalen' wordt aangegeven dat er 'géén risico' is, dan is het eindoordeel voor 'zware metalen' géén risico. Als 3 van de 5 'mogelijk risico' blijkt te zijn, is het totale risico voor 'zware metalen' 'mogelijk risico'. Als géén van de risico-inschattingen een meerderheid vormt, hebben we het totale risico als 'mogelijk risico' geclassificeerd (bijvoorbeeld, 2 maal 'groot risico, 1 maal 'mogelijk risico' en 2 maal 'géén risico'). Een en ander is nog eens samengevat in onderstaand kader.

>2 x 'géén risico'	= geen risico
>2 x 'onbekend risico'	= onbekend risico
>2x 'mogelijk risico' of geen van de risico-inschattingen is een meerderheid	= mogelijk risico
>2x 'groot risico'	= groot risico

Met nadruk moet gesteld worden dat deze keuze slechts is ingegeven door een behoefte aan aggregatie van overigens zeer kwalitatieve risico-inschattingen. Daarom is ook geen poging gewaagd om tot nog verdere aggregatie te komen. De gebruiker krijgt niet een enkel, samenvattend eindoordeel. In plaats daarvan worden voor elk bergingsscenario 15 risico-inschattingen gepresenteerd, zodat ook direct duidelijk is waar de grootste problemen te verwachten zijn, met het vee, het gewas, of met contaminanten.

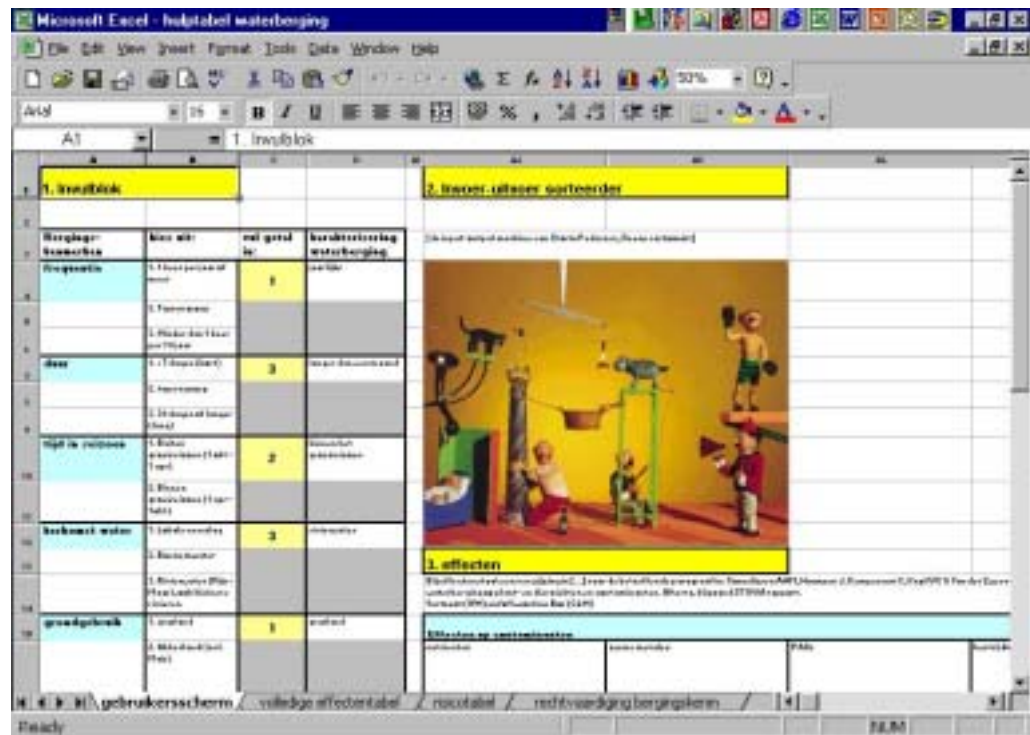
2

GEBRUIKERSHANDLEIDING HULPTABEL

De hulptabel vat de gegevens uit het bijbehorende rapport in één meerlagig Excel spreadsheet samen (hulptabel waterbergng.xls). De gebruiker hoeft slechts te beschikken over dit of een compatibel softwarepakket om toegang te hebben tot de tabel en alle daarin opgenomen informatie.

Voor alle combinaties van bergingskenmerken en effecten op contaminanten, gewas en vee is de gerapporteerde kennis bondig samengevat in een beperkt aantal stellende zinnen. Deze bondigheid is noodzakelijk voor de leesbaarheid van de tabel, maar doet niet altijd recht aan bestaande onzekerheden. De tabel is dan ook slechts een indicatief hulpmiddel.

FIGUUR 2 COMPUTERSCHERM NA OPENEN SPREADSHEET 'HULPTABEL WATERBERGNG.XLS'. DE TABJES 'GEBRUIKERSCHERM', 'VOLLEDIGE EFFECTENTABEL', 'RISICOTABEL' EN 'RECHTVAARDIGING BERGINGSKENMERKEN' GEVEN TOEGANG TOT DE VIER LAGEN VAN HET SPREADSHEET.

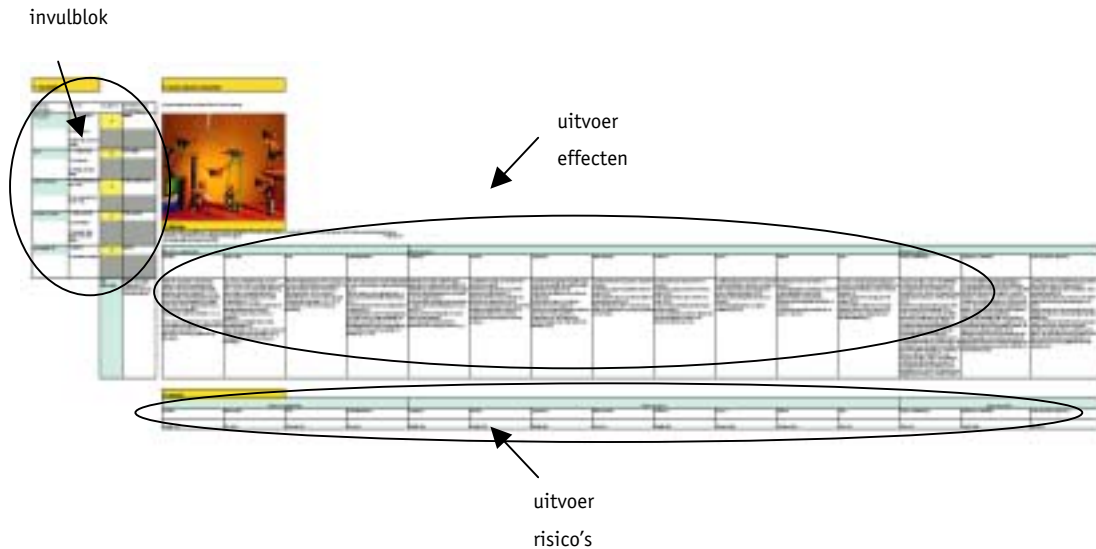


Het spreadsheet omvat vier lagen of werkbladen (Figuur 2):

- het *gebruikersscherm*, hierin kan de gebruiker bergingskenmerken veranderen en de daaraan gekoppelde effecten en risico's inspecteren. Bij het opstarten van het spreadsheet wordt de linker bovenhoek van dit scherm getoond. Hier bevindt zich het invalblok, de plek waar de gebruiker daadwerkelijk bergingskenmerken kan kiezen.

de volledige *effectentabel*, met alle gebruikte gegevens in een tweedimensionale matrix samengevat.
 de volledige *risico-tabel*, afgeleid van de effectentabel.
 een *rechtvaardiging* van de gemaakte keuzen bij de indeling van bergingskenmerken.
 Dit blad is niet noodzakelijk voor de werking van het spreadsheet. Het dient slechts als toelichting.

FIGUUR 3 HET VOLLEDIGE GEBUIKERSSCHERM. DE EERSTE STAP IS HET INVULLEN VAN GETALLEN LINKSBOVEN IN HET INVULBLOK. VERVOLGENS WORDEN DE ANTWOORDEN HIERBIJ AUTOMATISCH GESORTEERD EN WEERGEGEVEN IN DE KADERS 'EFFECTEN' EN 'RISICO'S'.



GEBUIKERSSCHERM

Het gebruikersscherm (Figuur 3) is de eerste laag. Alleen hier kan de gebruiker verschillende bergingsscenario's samenstellen aan de hand van de vijf generieke kenmerken. Het spreadsheet zoekt bij elke gekozen combinatie de effecten en risico's uit de onderliggende werkbladlagen 2 en 3 en geeft die weer in de twee onderste uitvoertabellen in het gebruikersscherm, onder de gele kaders '3. effecten' en '4. risico's'. De volgorde van handelingen in het werkblad wordt aangegeven door de nummering van de gele kaders:

1. een invulblok (Figuur 4), waar de bergingskenmerken gecombineerd worden;
2. een set sorteerformules (kolommen zijn verborgen, dit wordt aangegeven met het input-output cartoon);
3. de effecten uitvoer;
4. de risico's uitvoer.

De gegevens die in de effecten en risico's uitvoer worden weergegeven, variëren dus al naar gelang de invoer in het invulscherm door de gebruiker. Deze gebruiker kiest uit de mogelijkheden die in de cellen B4 tot en met B16 worden aangegeven en vult getallen (1, 2 of 3) in de cellen C4, C7, C10, C12 en C15 in (zie figuur 4). Samen vormen deze het bergingsscenario, dat ook nog in een blauw kader links van de effecten-uitvoer en onder het invoerblok wordt weergegeven.

FIGUUR 4

HET INVULBLOK. DIT IS DE EERSTE STAP LINKSBOVEN IN HET GEBRUIKERSSCHEM VAN HET SPREADSHEET. HIER KAN DE GEBRUIKER MET BEHULP VAN DE GETALLEN IN DE GELE VAKKEN NIEUWE COMBINATIES VAN WATERBERGING MAKEN.

1. invulscherm

Bergings-kenmerken	kies uit:	vul getal in:	karakterisering waterberging
frequentie	1. 1 keer per jaar of meer 2. Tussengroep 3. Minder dan 1 keer per 10 jaar	2	tussen één keer per jaar en één keer per tien jaar
duur	1. < 7 dagen (kort) 2. tussengroep 3. 30 dagen of langer (lang)	3	langer dan een maand
tijd in seizoen	1. Buiten groeiseizoen (1 okt - 1 apr) 2. Binnen groeiseizoen (1 apr - 1 okt)	2	binnen het groeiseizoen
herkomst water	1. Lokale neerslag 2. Boezemwater 3. Rivierwater (Rijn - Maas), ook kleinere rivieren	2	boezemwater
grondgebruik	1. grasland 2. Akkerland (incl. Mais)	1	grasland



vul hier de getallen in

EFFECTEN- EN RISICO-TABELLEN

De uitvoer in de effectentabel wordt gegenereerd door een serie tekstkoppelende commando's. De inhoud van elke cel in deze tabel is een compromis tussen bondigheid en leesbaarheid. Er wordt steeds in rechte haken naar de betreffende passage in het rapport verwezen (bijvoorbeeld: [3.3.1]). In een aantal gevallen was de totale gecombineerde tekst te lang voor de maximale omvang van een spreadsheetcel. Niet alle tekst wordt dan weergegeven in het uitvoerblok van het gebruikersscherm. De gebruiker vindt de complete tekst in de effectentabel.

De opbouw van de risico-tabel en de gemaakte keuzen zijn al toegelicht in hoofdstuk 1. Een overzicht van de risico-tabel wordt op de volgende pagina gegeven (Tabel 3).

Beide tabellen zijn door de gebruiker aan te passen. Hiertoe hoeft slechts de globale bescherming van het spreadsheet uitgezet te worden {Excel menu: tools – protection – enz.}. Benadrukt moet worden dat eigenhandig aanpassen van de tabellen betekent dat de originele expertise die hier verwerkt is ook veranderd wordt.

TABEL 3. HULPTABEL VOOR INSCHATTING VAN RISICO'S. ZIE FIGUUR 4 VOOR EEN SPECIFICATIE VAN DE 2 OF 3 NIVEAU'S DIE BIJ EEN BERGINGSKENMERK ONDSCHIEDEN WORDEN.

Bergingskenmerken	Contaminanten				effecten op gewas								Vee			
	nutr	zw.metalen	PAKs	bestr.midd.	groei	onkruiden	regenw.	aaltjes	schimmels	virussen	bacteriën	algen	contam.	pathog.	biotoxines	
A. frequentie	1	2	2	0	0	3	3	2	1	1	1	1	0	0	2	1
	2	2	2	0	0	2	2	0	1	1	1	1	0	0	0	1
	3	0	0	0	0	2	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1
B. duur	1	0	0	0	0	2	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
	2	2	0	2	1	2	2	2	2	2	1	1	2	0	0	0
	3	2	2	1	1	3	3	3	2	2	1	1	2	2	2	2
C. tijd in seizoen	1	0	0	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2	2	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
D. herkomst water	1	2	0	0	2	2	2	1	1	1	1	1	0	2	2	0
	2	2	0	0	0	2	2	1	1	1	1	1	2	2	2	2
	3	2	0	0	0	2	2	1	1	1	1	1	2	2	2	2
E. grondgebruik	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	1	2	0	2	2
	2	2	2	2	0	3	2	2	2	2	2	2	2	0	2	2

3

SCENARIO'S ALS VOORBEELD VOOR GEBRUIK

3.1 INLEIDING

Om de uitkomsten van de hulptabel met elkaar te kunnen vergelijken hebben we bij wijze van test twee verschillende scenario's ingevoerd (zie kader). Scenario 1) levert naar verwachting de kleinste risico's en minste effecten op, scenario 2) levert naar verwachting juist de grootste risico's en meeste effecten op. Deze scenario's zijn eenvoudigweg combinaties van de meest extreme bergingskenmerken uit het invulscherp. In sectie 3.2 volgen de letterlijke teksten die ook in het spreadsheet vervat zijn en daar als uitvoer in het effecten-blok en risico-blok geplaatst worden bij keuze voor deze twee scenario's. In sectie 3.3 worden de twee uitkomsten vergeleken.

Maalstopsituatie op grasland (scenario 1)

Minder dan één keer per tien jaar, enkele dagen berging buiten het groeiseizoen van lokale neerslag op grasland

Laaggelegen maïsakker in uiterwaarden (scenario 2)

Jaarlijks, langer dan een maand berging binnen het groeiseizoen van rivierwater op akkerland

3.2 UITWERKING

MAALSTOPSITUATIE OP GRASLAND (SCENARIO 1)

NUTRIËNTEN, GÉÉN RISICO

Incidentele inundatie heeft verwaarloosbare gevolgen voor nutriëntenbeschikbaarheid [*]¹. Korte inundatie heeft verwaarloosbare gevolgen voor nutriëntenbeschikbaarheid in het water. Sedimentatie uit bovenliggende water met slib kan voor P van belang zijn [*]. Weinig opname nutriënten in biota [3.1.1, 3.1.2, *]. Alleen als mest juist uitgereden is, kunnen nutriëntenconcentraties verhoogd worden nadat neerslag op het land geborgen wordt [3.1.1]. Meer slib- en P-retentie op grasland dan op akkerland [*].

ZWARE METALEN, GÉÉN RISICO

Infrequente inundatie heeft verwaarloosbare gevolgen op beschikbaarheid zware metalen. Korte inundatie is vermoedelijk onvoldoende om volledige anaërobie van de bodem te veroorzaken; zware metalen zullen niet mobiliseren. Effect tijdelijke mobilisatie

¹ Met [*] wordt bedoeld dat hier informatie van buiten het hoofdrapport van Cornelissen et al (2003) is gebruikt. Verder wordt tussen || naar secties in het bewuste rapport verwezen.

zware metalen verwaarloosbaar [3.1.1]. Waarschijnlijk geen risico voor zware metalen als lokale neerslag het te bergen water is [3.1.2]. In grasland meer retentie met slib dan op akkerland [*].

PAK'S, GÉÉN RISICO

Effect inundatiefrequentie op PAKs is onbekend. PAKs meestal niet biologisch beschikbaar [3.1.1]. Effect inundatieduur op PAKs is onbekend. Effect groeiseizoen op PAKs onbekend. Waarschijnlijk geen risico voor PAKs als lokale neerslag het te bergen water is [3.1.1, 3.1.2]. In grasland meer retentie met slib dan op akkerland [*].

BESTRIJDINGSMIDDELEN, GÉÉN RISICO

Effect inundatiefrequentie op bestrijdingsmiddelen is onbekend maar waarschijnlijk verwaarloosbaar [3.1.2]. Effect inundatieduur op bestrijdingsmiddelen is onbekend maar waarschijnlijk verwaarloosbaar [3.1.2]. Buiten groeiseizoen worden bestrijdingsmiddelen niet gebruikt [3.1.1]. Bestrijdingsmiddelen alleen meetbaar aanwezig in te bergen lokale neerslag als plaatselijk juist gespoten is. Dan mogelijk risico [3.1.1, 3.1.2]. Bestrijdingsmiddelen alleen meetbaar aanwezig bij inundatie van grasland als plaatselijk juist gespoten [3.1.1, 3.1.2].

GEWASGROEI, GÉÉN RISICO

Afhankelijk van periode gaan akkerbouwgewassen ook bij minder frequente inundatie verloren, voor grasland minder frequente inundatie pas bij langdurige berging een probleem [3.2.7]. Afhankelijk van de periode is kortdurende berging vooral voor akkerbouwgewassen een probleem en niet voor grasland [3.2.7]. Buiten groeiseizoen grasland minder kwetsbaar en staan er geen akkerbouwgewassen op het land [3.2.7]. Onbekend of samenstelling water een direct effect heeft op gewasgroei. Verschuiving naar minder productieve grassoorten alleen bij langere tijdsduur [3.2.7].

ONKRUIDEN, MOGELIJK RISICO

Bij een lage frequentie zullen onkruiden alleen een kans krijgen bij langdurige waterberging [3.2.6]. Kortdurende berging zal alleen onkruiddruk versterken bij hoge frequentie [*]. Zaden van onkruiden kunnen ook buiten het groeiseizoen verspreid worden [3.2.6]. Aanvoer en verspreiding van zaden van onkruiden mogelijk door berging van neerslag [3.2.6]. Op grasland ruimte voor onkruiden bij soortverschuiving door langere periode van berging [*].

REGENWORMEN, GÉÉN RISICO

Voldoende hersteltijd voor populatie [*]. Lichte sterfte regenwormen door kortdurende berging [3.2.3]. Buiten het groeiseizoen is het effect op regenwormen minder groot [3.2.3]. Onbekend of de samenstelling van het water een direct effect heeft op regenwormen. Regenwormen zijn van belang voor de bodemvruchtbaarheid van zowel grasland als akkerland [3.2.3].

AALTJES EN PROTOZOA, GÉÉN RISICO

Het effect van frequentie op aaltjes en protozoa is onbekend. Kortdurende berging doet parasitaire aaltjes niet sterven [3.2.3]. Buiten het groeiseizoen is het effect op aaltjes en protozoa minder groot [3.2.3]. Samenstelling van het water is niet van invloed. Aaltjes en protozoa komen voor zowel in grasland als in akkerland.

SCHIMMELS, MOGELIJK RISICO

Het effect van frequentie op schimmels is onbekend. Kortdurende berging zal schimmels niet doen sterven [3.2.2]. Buiten het groeiseizoen zijn de effecten veel kleiner [3.2.2]. Onbekend of samenstelling van water invloed heeft op schimmels. Voor vee schadelijke mycotoxinen uitgescheiden door minder-pathogene schimmels op afstervende plantendelen [3.2.2].

VIRUSSEN, ONBEKEND RISICO

Het effect van frequentie op virussen is onbekend. Het effect van tijdsduur op virussen is onbekend. Buiten het groeiseizoen zal verspreiding van virussen nauwelijks voorkomen [3.2.1]. Effect van samenstelling water op virussen is onbekend. Verspreiding plantenvirussen in grasland onwaarschijnlijk [3.2.1].

BACTERIËN, ONBEKEND RISICO

Het effect van frequentie op bacteriën is onbekend. Het effect van tijdsduur op bacteriën is onbekend. Verspreiding bacterieziekten minder waarschijnlijk buiten het groeiseizoen. Effect van samenstelling water op bacteriën is onbekend. Het effect van verspreiding van bacteriën op grassen is onbekend.

ALGEN, GÉÉN RISICO

Frequentie is niet van belang voor algengroei, vooral duur en temperatuur zijn belangrijk [3.2.1]. Kortdurende waterberging heeft geen effect op algengroei [*]. Buiten het groeiseizoen zal algengroei niet optreden [3.2.1]. Het voedselarme karakter van neerslag zal algengroei minder snel doen toenemen [*]. Algengroei kan zowel op grasland als op akkerland plaatsvinden [*].

TOXISCHE CONTAMINANTEN, GÉÉN RISICO

Infrequente inundatie zal geen ophoping van toxische contaminanten veroorzaken [3.3.1]. Kortdurende berging van water zal geen effect hebben via toxische contaminanten [3.3.1]. Buiten het groeiseizoen is de kans op effecten van toxische contaminanten zeer gering. Een [zeer] kleine kans op verhoogde opname en ophoping is aanwezig bij jaarrondbegrazing door bijvoorbeeld schapen op gronden met hoge concentraties aan zware metalen [3.3]. NO₃ kan toxisch hoge concentraties bereiken in het bovenstaande water als er juist bemest is. Na droogvallen kunnen verhoogde concentraties nog steeds in slootwater meetbaar zijn: het drinken van vee is dan nog riskant! [3.3.1, 4.1.3].

PATHOGENEN EN PARASieten, GÉÉN RISICO

Korte inundatie zal waarschijnlijk niet leiden tot een verhoogde kans op pathogenen en parasieten [3.3.2]. Veel bacteriën overleven lang (maanden tot jaren), dit geldt ook voor pathogene bacteriën [3.3.2]. Pathogenen uit mest kunnen verspreid worden door overstromingswater, ook als dat neerslag is [3.3.2]. Uitrijden van mest juist voor inundatie kan (langlevende ruststadia van) pathogenen verspreiden tot buiten het bemeste perceel [3.3.2].

TOXINEN VAN ANDERE ORGANISMEN, GÉÉN RISICO

Het effect van inundatie op het optreden van biologische toxines is onbekend [3.2.2]. Kortdurende inundatie heeft vermoedelijk geen toxinevorming tot gevolg [3.2.2]. Buiten het groeiseizoen spelen toxinen die van andere organismen afkomstig zijn waar-

schijnlijk geen rol [3.2.2]. Lokale neerslag is geen bron van biologische toxinen. Mogelijk speelt het een rol bij verspreiding ervan tijdens waterberging. Langere inundatie kan tot schimmelvorming op gras en ander veevoer leiden. Dit kan de vorming van mycotoxinen tot gevolg hebben, vooral in de aar van grassen. Een verhoogd risico kan dus optreden als het gras te nat wordt geoogst na inundatie laat in het groeiseizoen [3.2.2]. In de praktijk komt dit slechts sporadisch voor.

LAAGGELEGEN MAÏSAKKER IN UITERWAARDEN (SCENARIO 2)

NUTRIËNTEN, MOGELIJK RISICO

Nutriënten uit de bodem zullen makkelijker uitwisselen naar het bovenstaande water, nutriënten uit het water zullen waarschijnlijk geadsorbeerd worden (retentie) [3.1.1, 3.1.2]. Bodem wordt anaeroob, dan mobiliseren ook Fe²⁺ en sulfiden, PO₄ wisselt vrij uit tussen bodemvocht en bovenstaand water: mogelijk eutrofiering! [*] Binnen groeiseizoen kan verhoogde nutriëntenbeschikbaarheid tot problemen leiden [3.1.1, 3.1.2, *]. P sedimenteert met slib, NO₃ wordt gedenitrificeerd [*]. Minder slib en P-retentie op akkerland dan op grasland [*].

ZWARE METALEN, MOGELIJK RISICO

Hoe hoger de inundatiefrequentie, hoe meer zware metalen zullen mee-sedimenteren met het slib, en dus hoe meer accumulatie, afwisseling van inundatie en droogvallen kan pieken in beschikbaarheid veroorzaken door oxidatie metaal-sulfiden [3.1.1, 3.1.2]. Bij anaerobe bodem zijn zware metalen tijdelijk mobieler, als inundatie langer dan 8 weken is, dan neemt beschikbaarheid zware metalen weer af door vorming metaal-sulfiden [3.1.1, 3.1.2]. Mobilisatie zware metalen treedt vooral binnen het groeiseizoen op [3.1.1, 3.1.2]. Zware metalen grotendeels gehecht aan rivierslib, dat sedimenteert [3.1.2]. Minder retentie met slib op akkerland dan op grasland [*].

PAK'S, ONBEKEND RISICO

Effect inundatiefrequentie op PAKs is onbekend. PAKs meestal niet biologisch beschikbaar [3.1.1]. Effect inundatieduur op PAKs is onbekend. Effect groeiseizoen op PAKs onbekend. PAKs gehecht aan rivierslib, dat sedimenteert, deze PAKs zijn meestal echter niet 'bioactief', dus is het risico gering [3.1.2]. Minder retentie met slib op akkerland dan op grasland [*].

BESTRIJDINGSMIDDELEN, GEËN RISICO

Effect inundatiefrequentie op bestrijdingsmiddelen is onbekend maar waarschijnlijk verwaarloosbaar [3.1.2]. Effect inundatieduur op bestrijdingsmiddelen is onbekend maar waarschijnlijk verwaarloosbaar [3.1.2]. Bestrijdingsmiddelen worden slechts binnen groeiseizoen gebruikt [3.1.1, 3.1.2]. Dan vermoedelijk geen risico door grote verdunning [3.1.2]. Geen risico voor bestrijdingsmiddelen in rivierwater, tenzij incident bij industrie bovenstrooms tijdens hoogwaterperiode [3.1.1, 3.1.2]. Bestrijdingsmiddelen alleen meetbaar aanwezig bij inundatie van akkerland of hydrologisch direct grasland als plaatselijk juist gespoten [3.1.1, 3.1.2].

GEWASGROEI, GROOT RISICO

Afhankelijk van periode en tijdsduur lagere opbrengsten bij hoogfrequente inundatie [3.2.7]. Afhankelijk van periode toename opbrengstderving bij berging langer dan een maand. Extra schade door vogels [3.2.7] Binnen groeiseizoen is opbrengstderving groter. Grotere stress bij gewassen en dus gevoeliger voor ziekten [3.2.7]. Onbekend of samenstelling water een direct effect heeft op gewasgroei. Afsterven akkerbouwgewassen alleen in het groeiseizoen [3.2.7].

ONKRUIDEN, GROOT RISICO

Er ontstaat meer ruimte voor onkruiden door structurele inundatie [*]. Toename onkruiden bij langere tijdsduur [3.2.6]. Binnen groeiseizoen kan berging met toenemende tijdsduur tot kroesgroei leiden: dan sterft onderliggend gewas en wordt bodem anaeroob. Het effect van onkruidbestrijding in het groeiseizoen gaat verloren [*]. Aanvoer en verspreiding van zaden van onkruiden mogelijk door berging van rivierwater [3.2.6]. Op afstervend akkerland meer open ruimte voor onkruiden [*].

REGENWORMEN, MOGELIJK RISICO

Bij hoogfrequente berging te weinig tijd voor het herstel van de populatie. Benodigde hersteltijd afhankelijk van bergingsduur [*]. Massale sterfte regenwormen door langdurige waterberging, grond wordt minder vruchtbaar, minder geschikt voor weidevogels [3.2.3]. Binnen het groeiseizoen is de sterfte groter [3.2.3]. Onbekend of de samenstelling van het water een direct effect heeft op regenwormen. Regenwormen zijn van belang voor de bodemvruchtbaarheid van zowel grasland als akkerland [3.2.3].

AALTJES EN PROTOZOA, MOGELIJK RISICO

Het effect van frequentie op aaltjes en protozoa is onbekend grote afname plant-parasitaire aaltjes (afname is positief voor gewasontwikkeling) [3.2.3]. Binnen het groeiseizoen is de sterfte groter [3.2.3]. Samenstelling van het water is niet van invloed. Mogelijke verspreiding van resterende parasitaire aaltjes door stroming [3.2.3]. Aaltjes en protozoa komen voor zowel in grasland als in akkerland.

SCHIMMELS, MOGELIJK RISICO

Het effect van frequentie op schimmels is onbekend. Toename van sterfte van zowel schadelijke als nuttige schimmels, erg soortspecifiek [3.2.2]. Vooral in het groeiseizoen zullen zowel nuttige als schadelijke schimmels doodgaan bij vooral langere bergingsduur. Afstervende planten kunnen gekoloniseerd worden met minder-pathogene schimmels. [3.2.2]. Onbekend of samenstelling van water invloed heeft op schimmels. Bij kortdurende berging kunnen schadelijke schimmels afstervende akkerbouwgewassen koloniseren. Rhizomania is een virusinfectieziekte op bieten en wordt overgedragen door een schimmel. Deze kan verspreid worden vanuit infectiehaarden in slootbagger [3.2.1].

VIRUSSEN, ONBEKEND RISICO

het effect van frequentie op virussen is onbekend. Het effect van tijdsduur op virussen is onbekend. Er is een kleine kans dat in het groeiseizoen plantenvirussen zich verspreiden [3.2.1]. Effect van samenstelling water op virussen is onbekend.

Alleen voor rhizomania [virusinfectieziekte op bieten en wordt overgedragen door een schimmel] is een kans op verspreiding [3.2.1].

BACTERIËN, ONBEKEND RISICO

Het effect van frequentie op bacteriën is onbekend. Het effect van tijdsduur op bacteriën is onbekend. Mogelijke verspreiding bacterieziekten in het groeiseizoen [3.2.1]. Effect van samenstelling water op bacteriën is onbekend.

Bruinrot (bacterieziekte in aardappelen) kan in infectueuze gebieden verspreid worden door opp. water. Gebieden met een verbod op beregening uit opp. water vormen een risico [3.2.1].

ALGEN, MOGELIJK RISICO

Frequentie is niet van belang voor algengroei, vooral duur en temperatuur zijn belangrijk [3.2.1]. Alleen binnen het groeiseizoen kunnen draadalgen verschijnen die een dikke korst vormen op de bodem en gewassen bij langdurige berging. Daarnaast kunnen dan andere algen toxische stoffen vormen, die nadelig zijn voor diergezondheid [3.2.1]. Binnen het groeiseizoen neemt algengroei toe met duur [3.2.1]. Hoe voedselrijker het water des te sneller de groei van algen [*].

Algengroei kan zowel op grasland als op akkerland plaatsvinden [*].

TOXISCHE CONTAMINANTEN, MOGELIJK RISICO

Frequente inundatie, zoals in Rijnuitwaarden, leidt tot accumulatie van zware metalen; dit veroorzaakt echter geen bezwaren op voor gezondheid, vlees en melk. Voor andere toxische contaminanten worden geen effecten verwacht [3.3.1]. Langdurige inundatie kan bodemgebonden zware metalen mobiliseren. Ook kunnen toxische sulfiden gevormd worden. Dit leidt tot risico's bij drinkwater en achterblijvend oppervlaktewater [3.3.1]. Mogelijk is er binnen het groeiseizoen sprake van een licht verhoogd risico omdat gebonden contaminanten versneld vrij komen bij hogere temperaturen [4.1.3]. Uiterwaarden: opname treedt op van zware metalen die afgezet zijn op gewas en bodem bij hoog water. Er is geen verhoogd risico bij begrazing; NO₃ kan toxisch zijn als juist bemest [3.1.2, 3.3.1]. Mogelijk toxische contaminanten op akkerland zijn voor vee onbelangrijk. Voor snijmais van uiterwaarden geldt hetzelfde als voor gras: wel accumulatie, maar geen toxische effecten [3.3.1].

PATHOGENEN EN PARASITEN, MOGELIJK RISICO

Als hoge inundatie-frequentie gepaard gaat met toenemende plasdras-frequentie, dan ontstaat een geschikt habitat voor rotkreupel (schapen - verspreiding meestal door besmet vee), longworm en leverbot (schapen en runderen). Dus is er een groter risico op het overleven van deze pathogenen en infectie ermee [3.3.2]. Dispersie van leverbot zou begunstigd kunnen worden. De kans is echter niet groot. Bij longwormen zal verspreiding niet begunstigd worden. Het is onbekend of langdurige inundatie de verspreiding en overlevingskansen van pathogenen en parasieten verhoogt. Mogelijk wordt verspreiding binnen het bergingsgebied begunstigd [3.2.2]. Hogere temperatuur gedurende het groeiseizoen zal de overleving van ruststadia van pathogenen vertragen. Actieve stadia zullen zich echter juist sneller vermenigvuldigen. Het netto effect is moeilijk in te

schatten [3.3.2]. Pathogenen uit mest kunnen verspreid worden door overstromingswater, ook als dat neerslag is [3.3.2]. Uitrusten van mest juist voor inundatie kan (langlevende ruststadia van) pathogenen verspreiden tot buiten het bemeste perceel [3.3.2].

TOXINES VAN ANDERE ORGANISMEN, MOGELIJK RISICO

Het effect van hoge inundatiefrequentie op het optreden van biologische toxines is onbekend [3.2.2]. Inundatie (ook kort) kan tot verspreiding van lokale, bedrijfsgebonden ziekten en ziekteverwekkers leiden; met name bij langlevende pathogenen (Salmonella, Mycobacterium). Langere inundatie kan tot schimmelvorming op gras en ander veevoer leiden. Dit kan de vorming van mycotoxinen tot gevolg hebben, vooral in de aar van grassen. Een verhoogd risico kan dus optreden als het gras te nat wordt geogst na inundatie laat in het groeiseizoen [3.2.2]. In de praktijk komt dit slechts sporadisch voor. Botulisme is dodelijk en kan optreden als bij warm weer dode dieren achterblijven na overstroming; cyanobacterien-bloei kan ook voor vee soms dodelijke toxinen afscheiden (o.a. microcystine). Cyanobacterien-bloei treedt met name in warme nazomers op [3.2.2, *]. Rijnwater bevat in de regel geen cyanobacterien-bloei van enige omvang. In kleinere rivieren met een geringe afvoer en voornamelijk boezemfunctie kan deze bloei daarentegen wel optreden [3.2.2, *]. Langere inundatie kan tot schimmelvorming op gras en ander veevoer leiden. Dit kan de vorming van mycotoxinen tot gevolg hebben, vooral in de aar van grassen. Een verhoogd risico kan dus optreden als het gras te nat wordt geogst na inundatie laat in het groeiseizoen [3.2.2]. In de praktijk komt dit slechts sporadisch voor.

3.3 VERGELIJKING VAN DE SCENARIO'S

Het scenario dat gevoelsmatig de minste risico's zou opleveren laat inderdaad zien, dat in de meeste gevallen sprake is van *géén risico*. Het optreden van de effecten is meestal onwaarschijnlijk of heeft weinig nadelige gevolgen.

Het scenario dat gevoelsmatig de grootste risico's zou opleveren, doet dat wel, maar in minder extreme mate dan verwacht. De risico's worden veelal omschreven als *mogelijk risico* of *géén risico*. Er tredt in één geval een *groot risico* op (voor gewasgroei). Dit is overigens ook een resultaat van het gebrek aan kennis. In veel gevallen is onbekend hoe groot het risico is op bepaalde gevolgen en door welke bergingsfactoren deze gevolgen nu het meest beïnvloed worden. Voor veel gevolgen kan niet aangegeven worden in hoeverre bijvoorbeeld inundatie-frequentie van belang is. Het blijkt wel dat de meeste gevolgen vooral optreden bij berging in het groeiseizoen. Dit geldt sowieso voor effecten op gewassen: gras is in de wintermaanden veel minder gevoelig voor inundatie en er staan zelden akkerbouwgewassen op het land. Ook heeft de hogere temperatuur bij waterberging in het groeiseizoen grotere gevolgen voor bodemfauna en verschillende chemische processen in de bodem.

4

CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

4.1 CONCLUSIES

De hulptabel presenteert de informatie uit het rapport van Cornelissen et al. 2003 op overzichtelijke wijze en geeft inzicht in de relatie tussen de genoemde effecten op contaminanten, gewas en vee en de waterbergingskenmerken. Daarbij geeft de hulptabel voor zover mogelijk een inschatting van de bijbehorende risico's. Er is geprobeerd de nuances uit het rapport zo goed mogelijk over te brengen in de cellen van de hulptabel. Door de korte verwoording is dit niet altijd mogelijk en blijft het rapport de belangrijkste bron van informatie na gebruik van de hulptabel.

In veel gevallen is onbekend hoe groot het risico is op bepaalde gevolgen en door welke bergingsfactoren deze gevolgen nu het meest beïnvloed worden. Voor veel gevolgen kan niet aangegeven worden in hoeverre bijvoorbeeld inundatiefrequentie van belang is. Het blijkt wel dat de meeste gevolgen vooral optreden bij berging in het groeiseizoen. Dit geldt sowieso voor effecten op gewassen: gras is in de wintermaanden veel minder gevoelig voor inundatie en staan géén akkerbouwgewassen op het land. Ook heeft de hogere temperatuur bij waterberging in het groeiseizoen grotere gevolgen voor bodemfauna en verschillende chemische processen in de bodem.

4.2 AANBEVELINGEN

In de hulptabel in zijn huidige vorm was het nog niet mogelijk alle relaties tussen bergingskenmerken en effecten te leggen, simpelweg omdat deze informatie nog onbekend is en daarom ook niet in het rapport is opgenomen. Mogelijke interacties, zoals tussen duur en frequentie, konden dus niet meegenomen worden. Ook de structuur van het spreadsheetprogramma laat te veel complexe koppelingen niet toe. De gebruiker dient hierop verdacht te zijn. Een complete aggregatie van de risico-inschattingen is niet uitgevoerd, omdat dit als te vergaand werd ingeschat. Beide aspecten, zowel meer koppelingen als een verdere aggregatie, kunnen in een volgende versie van deze hulptabel overwogen worden. Wel moet dan vermoedelijk uitgeweken worden naar specialistischere software.

Zoals ook uit Cornelissen et al. (2003) blijkt, liggen er nog een groot aantal belangrijke onderzoeksvragen. Op termijn kan de hulptabel dus completer worden, als het bewuste onderzoek antwoorden gaat opleveren. Zo is het effect van inundatiefrequentie op een groot aantal factoren onbekend (PAK's, bestrijdingsmiddelen, aaltjes, protozoa, schimmels, virussen, bacteriën en biologische toxines). Hetzelfde geldt voor de tijdsduur van waterberging. Het effect hiervan op PAK's, bestrijdingsmiddelen, virussen, bacteriën en pathogenen en parasieten is nog niet bekend.

Tenslotte is het interessant om de verschillende effecten een (variabele) wegingsfactor mee te geven. Dan kan een effect zwaarder of lichter meewegen al naar gelang de invloed op de op dat moment relevante (beleids-)vraag. Te denken valt ook aan andere

onderwerpen dan waterberging op landbouwgrond, zoals voedselveiligheid, oogst, biodiversiteit of milieu. De samenvatting en rubricering van de voorhanden zijnde maar beperkte kennis van effecten en risico's in een met een beperkt aantal kenmerken te sturen scenario-generator is ons inziens hier goed gelukt. Toepassing bij andere vergelijkbare vragen ligt voor de hand. Als de effecten en risico's eenmaal (ruwweg) in kaart gebracht zijn, kunnen beheerder, bestuurder, politicus en belanghebbenden keuzen maken en tot besluitvorming komen.

5

LITERATUUR

Bloemendaal FHJL & Roelofs JGM, 1988. Waterplanten en waterkwaliteit. Natuurhistorische bibliotheek KNNV nr 45.

Coops H (red.), 2002. Ecologische effecten van peilbeheer: een kennisoverzicht. RIZA rapport 2002.041.

Cornelissen AHM, Harmsen J, Kempenaar C, Knol WC & Van der Zwerde W, 2003. Effecten van waterberging op plant- en dierziekten en contaminanten. Alterra, bijgaand STOWA hoofdrapport 2003-19; Deze hulptabel is een aanvulling op het rapport.

Kalff J, 2002. Limnology. Prentice Hall.

Keddy PA, 2000. Wetland ecology, principles and conservation. Cambridge University Press, 614 pp.

STOWA, 2001. Normering regionale wateroverlast; opzet en inhoud van het normeringssysteem. STOWA rapport 2001 – 35

Van den Brink FWB, De Leeuw JPM, Van der Velde G & Verheggen GM, 1993. Impact of hydrology on the chemistry and phytoplankton development in floodplain lakes along the lower Rhine and Meuse. Biogeochemistry 19: 103-128.

Wienk LD, Verhoeven JTA, Coops H & Portielje R, 2000. Peilbeheer en nutriënten. RIZA rapport 2000.012.