

Waterkwaliteit en diergezondheid

Deze leidraad is opgesteld in het kader van het 'Actieprogramma Waterkwaliteit en Diergezondheid'

Waterkwaliteit en diergezondheid:

Leidraad voor te nemen maatregelen in het waterbeheer en de effecten daarvan op de kwaliteit van oppervlaktewater met het oog op gebruik als drinkwater voor vee

**J. Harmsen
J. Dolfing
E. Quemer
A. v.d. Toorn**



Rapport 002

ALTERRA, Research Instituut voor de Groene Ruimte, Wageningen, 2000

REFERAAT

J. Harmsen, J. Dolfing, E. Querner en A. v.d. Toorn, 1999. Waterkwaliteit en diergezondheid; Leidraad voor te nemen maatregelen in het waterbeheer en de effecten daarvan op de kwaliteit van oppervlaktewater met het oog op gebruik als drinkwater voor vee. Wageningen, Alterra Rapport 002. 50 blz. 8 fig.; 2 tab.; 22 ref.

In het kader van het Actieprogramma Waterkwaliteit en Diergezondheid is een Leidraad voor het Waterbeheer opgesteld. De leidraad beschrijft de factoren die van invloed zijn op de waterkwaliteit in sloten. Hierbij is onderscheid gemaakt in de processen in de sloot zelf, de invloed van de directe omgeving en de invloed van het regionale systeem. In een samenvattende tabel is aangegeven welke maatregelen kunnen worden genomen om de waterkwaliteit te verbeteren en door wie deze maatregelen kunnen worden genomen, de veehouder, waterkwaliteitsbeheerder, waterkwantiteitsbeheerder, gemeente of inrichter. De leidraad zal in de komende jaren jaarlijks worden geactualiseerd om aan te blijven sluiten bij de ontwikkeling van kennis.

Trefwoorden: leidraad, veedrenking, veegezondheid, waterbeheer waterkwaliteit

ISSN 0927-4499

Dit rapport kunt u bestellen door NLG 35,00 over te maken op banknummer 36 70 54 612 ten name van het Staring Centrum, Wageningen, onder vermelding van Rapport 002. Dit bedrag is inclusief BTW en verzendkosten.

© 2000 ALTERRA Research Instituut voor de Groene Ruimte,
Postbus 47, NL-6700 AA Wageningen.
Tel.: (0317) 474700; fax: (0317) 419000; e-mail: postkamer@alterra.wag-ur.nl

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van ALTERRA.

ALTERRA aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

ALTERRA is de fusie tussen het Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek (IBN) en het Staring Centrum, Instituut voor Onderzoek van het Landelijk Gebied (SC). De fusie is ingegaan op 1 januari 2000.

Inhoud

Woord vooraf	7
Samenvatting	9
1 Inleiding	11
2 Opbouw van de leidraad	13
3 De sloot zelf	15
3.1 Interactie water en waterbodem	15
3.1.1 Stofinteracties	15
3.1.2 Laagdikte water	16
3.2 Planten en water	16
3.2.1 Licht en lucht	16
3.2.2 Plantengroei	16
3.3 Processen die de waterkwaliteit beïnvloeden	17
3.3.1 Gasvorming	17
3.3.2 De Zwavelcyclus	17
3.4 Slootonderhoud	18
3.4.1 Klein onderhoud	19
3.4.2 Groot onderhoud	19
4 Sloot met omliggende percelen	21
4.1 Belasting door gebruik hulpstoffen landbouw	21
4.1.1 Bemesting	21
4.1.2 Bestrijdingsmiddelen	22
4.2 Belasting door de landbouwpraktijk	22
4.2.1 Oppervlakkige afstroming	22
4.2.2 Erfafvoeren	23
4.3 Belasting van diffuse herkomst	23
4.3.1 Atmosferische depositie	23
4.3.2 Kwel	23
4.4 Belasting door lokale activiteiten	25
4.4.1 Slootdempingen	25
4.4.2 Kassen	25
5 Sloot als onderdeel van een regionaal systeem	27
5.1 Algemene beschrijving oppervlaktewater	27
5.1.1 Hellende gebieden	27
5.1.2 Vlakke gebieden	28
5.1.3 Overgangsgebieden	28
5.1.4 Beken en rivieren	30
5.1.5 Sloten/kavelsloten	30
5.2 Karakterisering structuur oppervlaktewater	30
5.3 Beheer van oppervlaktewater	30
5.3.1 Peilbeheer	31

5.3.2	Waterdiepte	31
5.3.3	Waterstroming	32
5.3.4	Windinvloeden	32
5.3.5	Stofstromen	34
5.3.6	Waterinlaat	34
5.4	Afvalwater	34
5.4.1	Effluent rioolwaterzuiveringsinstallaties (RWZI's)	34
5.4.2	Riooloverstort	35
5.4.3	Overig afvalwater	37
5.5	Endocriene disruptoren	37
5.6	Overige vervuilingsbronnen	38
5.6.1	Verkeer	38
5.6.2	Vuilstorten	38
6	Maatregelen	39
6.1	Toelichting op de tabel	43
6.1.1	Afscherming voor en zuivering van afvalwater	43
6.1.2	Duurzaamheid maatregelen	44
6.1.3	Tegenstrijdigheid van maatregelen	44
6.1.4	Waterinlaten	45
7	Verdere ontwikkelingen	47
	Literatuur	49

Woord vooraf

Deze leidraad is opgesteld in het kader van het “Actieprogramma Waterkwaliteit en Diergezondheid” dat in augustus 1998 is toegezonden aan de Tweede Kamer (Actie 2). Het doel van de leidraad is processen te identificeren, die van invloed (kunnen) zijn op de waterkwaliteit in klein oppervlaktewater en deze processen te vertalen naar maatregelen die kunnen worden genomen om de waterkwaliteit te verbeteren. De leidraad kan worden gebruikt door veehouders, waterbeheerders en degenen die plannen ontwikkelen die raakvlakken hebben met de waterkwaliteit.

Deze versie van de leidraad is gebaseerd op de stand van zaken in het Actieprogramma in 1999. Er is gebruik gemaakt van kennis, maar ook van vermoedens. Er is niet gekozen voor het eerst hard maken van de vermoedens en dan te komen tot een wetenschappelijk verantwoorde versie, maar nu al te komen tot een Leidraad voor de praktijk. Nieuwe kennis en ervaringen in de praktijk zullen worden gebruikt voor het uitgeven van nieuwe versies in de toekomst. De opstellers stellen het op prijs op de hoogte te worden gesteld van ervaringen met deze leidraad en van suggesties voor verbetering.

Het “Actieprogramma Waterkwaliteit en Diergezondheid” bestaat uit de volgende acties met de bijbehorende initiatiefnemer:

1. Opstellen uniform protocol voor de beoordeling van de kwaliteit van oppervlaktewater als drinkwater voor vee (Ministerie van LNV).
2. Opstellen leidraad voor een goede waterhuishouding (Ministeries van LNV en V&W).
3. Aanpassing van meetprogramma's van de waterschappen (Unie van Waterschappen)
4. Opstellen draaiboek bij diergezondheidsproblemen die mogelijk worden veroorzaakt door een milieucontaminant (Ministeries van LNV en VWS).
5. Instellen meldpunten voor veehouders (LTO-Nederland).
6. Voorlichting aan veehouders (LTO-Nederland).
7. Opstellen en uitvoeren van saneringsprogramma's voor risicovolle overstorten (Unie van Waterschappen in nauw overleg met de provincies).
8. Aanbevelingen voor de sanering en vergunningverlening riooloverstorten. Er wordt onderzoek gedaan naar de effecten van riooloverstorten op de waterkwaliteit (Ministeries van V&W en VROM).
9. Evaluatie bemonsterings- en analyseprotocol van bagger bij riooloverstorten (Ministeries van V&W en VROM).

Samenvatting

De waterkwaliteit in sloten wordt beïnvloed door een groot aantal factoren, die het gevolg kunnen zijn van menselijke activiteiten, maar ook van natuurlijke processen. In deze leidraad wordt daarom een overzicht gegeven van de processen, die bepalend zijn voor de waterkwaliteit. Onderscheid is gemaakt in:

- Processen in de sloot zelf
- De invloed van de omliggende percelen
- De sloot als onderdeel van een regionaal systeem

In de sloot kunnen zich chemische reacties voordoen en de kans op die reacties wordt bepaald door o.a. de staat van onderhoud en de aanwezigheid van planten.

De werking van schadelijke stoffen en pathogenen kan in de sloot worden geneutraliseerd (zelfreinigend vermogen), maar schadelijke stoffen kunnen ook als tijdbom aanwezig blijven in de slootbodem. Natuurlijke processen, zoals voorkomend in de zwavelkringloop, kunnen aanleiding zijn voor de vorming van toxische stoffen.

Sloten kunnen worden belast door hulpstoffen uit de landbouw (mest en bestrijdingsmiddelen). Afhankelijk van de landbouwpraktijk zal er sprake zijn van een grote of kleine belasting. Belasting van diffuse herkomst moet echter niet worden onderschat.

Sloten zijn onderdeel van regionale systemen. Per regio is er verschil in sloot-typen, peilbeheer, stroming en de waterdiepte in de sloot. Ook aan- en afvoer van water kan en zal van regio tot regio sterk verschillen. Verder zijn de lozingen van afvalwater van rioolwaterzuiveringen en het voorkomen van riooloverstorten plaatselijk van grote invloed.

Beheersmaatregelen kunnen op verschillende niveaus worden genomen en moeten gericht zijn op verbetering van waterkwaliteitsparameters zuurstof, gehalten aan zouten en nutriënten, vervuulende stoffen als zware metalen en organische verontreinigingen en aanwezigheid van schadelijke microverontreinigingen. Maatregelen kunnen worden genomen door: de veehouder, waterkwaliteitsbeheerder, waterkwantiteitsbeheerder, lokale overheid of de inrichter

Maatregelen kunnen worden onderscheiden in

- Agrarische beheer
- Locale waterhuishoudkundig beheer
- Regionaal waterhuishoudkundig beheer
- Beheersing afvalwaterstromen
- Koppeling met ander gebruik (natuur, recreatie)
- Symptoombestrijding

In een samenvattende tabel zijn de maatregelen weergegeven en hun mogelijke invloed op waterkwaliteitsparameters. Hoe groot hun effect is en op welke termijn er positieve resultaten kunnen worden behaald is voor veel maatregelen echter nog onduidelijk.

1 Inleiding

Veel vee graast in de zomer buiten en drinkt dan van het oppervlaktewater uit sloten. De waterbeheerders streven er naar de kwaliteit van dat water te verbeteren tot een algemene milieukwaliteit zoals vastgelegd in NMP+ en de Vierde nota Waterhuishouding. Uit verschillende recent uitgevoerde onderzoeken komt naar voren dat het gebruik van oppervlaktewater als drinkwater voor melkvee en schapen risico's met zich mee kan brengen voor de gezondheid van dat vee (Kamps et al. 1996, Meijer et al. 1997, Van Dokkum et al. 1997, Commissie Ouwerkerk, 1998). Voor een verantwoord gebruik van oppervlaktewater als drinkwater voor vee in de toekomst bestaat de maatschappelijke behoefte aan een leidraad voor te nemen maatregelen in waterbeheer (incl. inrichting) en de effecten daarvan op de kwaliteit van oppervlaktewater met het oog op gebruik als drinkwater voor vee (zoals verwoord in het Actieprogramma Waterkwaliteit en Diergezondheid in augustus 1998 door de staatsecretaris van LNV toegezonden aan de Tweede Kamer). Een leidraad die aangeeft hoe (beheers)maatregelen voornoemde geschiktheid beïnvloeden was nog niet beschikbaar. Dit document voorziet in die leemte.

Het opstellen van de leidraad maakt onderdeel uit van het onderzoeksprogramma 'Ontwerp protocollen voor beheer en beoordeling van waterkwaliteit van oppervlaktewater met het oog op het gebruik van dat drinkwater voor vee'. In dit programma wordt bestaande kennis geïmplementeerd en middels toepassing in de praktijk geëvalueerd. Daarnaast draagt het opstellen van deze leidraad bij aan het identificeren van bestaande kennisleemten op het terrein van waterkwaliteit en diergezondheid. Deze kennisleemten zullen in het fundamentele deel van het programma nader worden onderzocht.

Deze versie van de leidraad moet beschouwd worden als de eerste versie, die zo goed mogelijk is onderbouwd, maar voor een deel ook is gebaseerd op "expert judgement". Naarmate het fundamentele onderzoek verder is gevorderd en er praktijkervaring is opgedaan met de leidraad, zal deze beter kunnen worden onderbouwd en zonodig aangepast. Hiertoe zullen binnen het onderzoeksprogramma jaarlijks workshops worden georganiseerd met belanghebbenden. Aanbevolen maatregelen zullen dan met grotere zekerheid leiden tot positief resultaat.

Als achtergrond bij deze leidraad is het Basisdocument Referentiewaarden Waterkwaliteit – Diergezondheid van belang (Van Dokkum et al., 1998). Dit rapport geeft referentiewaarden aan voor de waterkwaliteit, waarbij wordt ingegaan op achtergronden, de afleiding van de waardes en op de noodzaak voor het ontwikkelen van kennis.

Naast de hier beschreven leidraad is een **protocol** ontwikkeld voor de beoordeling van waterkwaliteit voor veedrenking. Dit protocol is bedoeld voor veehouders en instanties welke zich bezighouden met de beoordeling van waterkwaliteit, en moet leiden tot uniformiteit met betrekking tot de procedures.

2 Opbouw van de leidraad

De waterkwaliteit in sloten wordt beïnvloed door een groot aantal factoren, die het gevolg kunnen zijn van menselijke activiteiten, maar ook van natuurlijke processen. In deze leidraad wordt daarom eerst een overzicht gegeven van de processen, die bepalend zijn voor de waterkwaliteit.

Actueel zijn momenteel de riooloverstorten, die in bepaalde perioden van het jaar en zeker in het najaar van 1998 met hevige regenbuien hebben gezorgd voor een negatieve invloed op de waterkwaliteit. Er moet niet uit het oog worden verloren dat er nog veel andere processen zijn. Met betrekking tot de belasting van de waterbodem met PAK zijn door Kramer et al. (1997) bronnen genoemd die belastend zijn voor de regionale wateren. Deze bronnen zijn niet alleen bepalend voor de waterbodem-kwaliteit, maar ook voor de waterkwaliteit:

- Atmosferische depositie
- Landbouw: mors, drift, uit- en afspoeling
- Aan- en afvoer van water
- RWZI-effluenten
- Riooloverstorten
- Oeverbescherming
- Bagger op de kant: uit- en afspoeling
- Wegen (verwaaiing/runoff en wegriolering)
- Kassen
- Huishoudelijke lozingen (ongerioleerde woningen en industriële lozingen)

In deze leidraad worden deze factoren nader uitgewerkt. Er is onderscheid gemaakt in de volgende drie niveaus:

- De sloot zelf (hoofdstuk 3)
- Sloot met omliggende percelen (hoofdstuk 4)
- Sloot als onderdeel van een regionaal systeem (hoofdstuk 5)

Per niveau worden de afzonderlijke processen beschreven, waar mogelijk onderbouwd met gegevens. Dit onderscheid komt tevens overeen met het niveau van te nemen maatregelen. Op het niveau van de sloot heeft de veehouder zelf nog veel invloed. Dit neemt af in de richting van het regionale systeem. Hier hebben waterschappen en instanties die verantwoordelijk zijn voor de inrichting meer invloed.

In hoofdstuk 6, in feite de kern van deze leidraad, wordt aangegeven met welke maatregelen het mogelijk is de waterkwaliteit te beïnvloeden en welke beheerder, veehouder, waterschap enz., de maatregel moet nemen. In dit hoofdstuk is ook aansluiting gezocht met het Protocol voor de beoordeling van de kwaliteit van oppervlaktewater op bruikbaarheid als drinkwater voor vee (Van Dokkum et al., 1999). De waterkwaliteitsparameters uit het protocol komen terug in de tabel. Deze

tabel kan worden gebruikt bij het oplossen van geconstateerde problemen, maar kan ook preventief worden gebruikt.

In hoofdstuk 7 wordt vervolgens ingegaan op de mogelijkheden om in de toekomst te komen tot een verbeterde versie van deze leidraad.

3 De sloot zelf

In figuur 1 is een schematische opbouw van een sloot gegeven met daarin belangrijke parameters en processen. De sloot bestaat uit een waterlaag en een waterbodemaag en er is interactie tussen beide lagen.



Figuur 1: Belangrijke parameters en processen in de sloot

3.1 Interactie water en waterbodem

3.1.1 Stofinteracties

Stoffen kunnen adsorberen aan de waterbodem. Nederlandse waterbodems bestaan vrijwel altijd uit een (dikke) laag slib met een hoog gehalte aan slecht afbreekbaar organisch materiaal. Aan deze humeuze laag sorberen op hun beurt weer veel minder goed afbreekbare contaminanten, met name de meer hydrofobe verbindingen. Ook zware metalen kunnen geadsorbeerd zijn aan met name de organische stoffen en de kleinere kleideeltjes. Daarnaast zijn zij aanwezig als slecht oplosbaar zouten, vooral sulfides. In de meest eenvoudige benadering kan worden uitgegaan van chemisch evenwicht tussen de waterfase en de vaste fase in de waterbodem. In werkelijkheid is de concentratie in de waterfase meestal lager dan op basis van de chemische evenwichten wordt berekend. Het voert voor deze leidraad te ver om dit hier verder uit te werken. Voor het beheer van de waterkwaliteit wordt er hier van uitgegaan dat er een directe correlatie is tussen de kwaliteit van de waterbodem en het bovenstaande water. De waterbodem fungeert hierbij als een naleverancier van kwaliteitsbepalende componenten.

3.1.2 Laagdikte water

Vee drinkt aan het oppervlak. Naarmate de hoeveelheid water in de sloot kleiner is, is ook de afstand tot de waterbodem kleiner. Hierdoor wordt de invloed van de waterbodem groter. Nalevering door de waterbodem kan altijd optreden, onafhankelijk van de laagdikte. Veel stoffen zijn echter in zuurstofhoudend water afbreekbaar en met veel water is de afstand die eventuele toxische verbindingen af moeten leggen naar het oppervlak groter, en is, naast de vanzelfsprekende extra verdunning die inherent is aan een grotere waterdiepte, meer gelegenheid voor afbraak en wordt de kans op opname door vee kleiner. Ook voorkomt een grotere laagdikte van water opwarreling van vaste waterbodemdeeltjes.

De laagdikte van de waterbodem staat meestal in direct verband met de laagdikte van het water. De som van beiden is de diepte van het profiel. De dikte en aangroei van de laag is afhankelijk van de bodemsoort en aan en afvoer (zie ook 5.3.2).

3.2 Planten en water

3.2.1 Licht en lucht

Licht en lucht zijn in eerste instantie de twee belangrijkste factoren die bepalen of oppervlaktewater geschikt is als drinkwater voor vee. De meeste verontreinigende organische stoffen worden dankzij het zelfreinigende vermogen van open wateren door het water zelf, of liever gezegd door daarin voorkomende microorganismen afgebroken en omgezet in onschadelijke verbindingen (met name koolzuur en water). Voor deze processen is de aanwezigheid van zuurstof gewenst. Wanneer water niet voldoende zuurstof bevat is de kans dus groot dat het allerhande verontreinigingen, die afspoelen uit omringende percelen, of via het riool geloosd zijn, bevat. Lage zuurstof gehalten zijn op zich niet toxisch, maar duiden erop dat het zelfreinigend vermogen al wordt belast, waardoor een risicovollere situatie wordt verkregen.

Hetzelfde geldt wanneer het water niet helder is. Vissen in troebel water is een ongewenste activiteit, en in het verlengde daarvan is het ook niet verstandig om dergelijk water te gebruiken als drinkwater voor vee. Water kan troebel zijn doordat het veel zwevende stof bevat, of doordat het bedekt wordt door een laag kroos of algen.

3.2.2 Plantengroei

Een beperkte mate van plantengroei heeft een positief effect op de waterkwaliteit. Nutriënten worden opgenomen en er wordt zuurstof geproduceerd. De planten kunnen zelfs fungeren als adsorptieplaats voor bestrijdingsmiddelen die in de sloot terecht zijn gekomen. Overmatige plantengroei is echter negatief. Bij een volledige bedekking door kroosvaren of eendekroos wordt in de zomer vaak zuurstofloosheid

onder het kroosdek gemeten. Tot een bedekkingsgraad van ca 30 % kan er voldoende licht en zuurstof verder in het water doordringen.

Bij bemonstering van een sloot in Zegveld (400x3m) was deze sloot bedekt met 2380 kg kroosvaren met 6,5% droge stof. Totaal was in deze sloot 0,4 kg P en 3,6 kg N vastgelegd. Deze kroosvaren sterft in de nazomer, herfst af en neemt deel aan de waterbodenvorming, waarbij veel zuurstof nodig is en de mineralen weer deels beschikbaar komen. Mineralen worden ook vastgelegd in de bagger. Naast de input van planten vindt er ook toevoer van mineralen plaats via afstroming van mest en aftrapping. Bij eens in de zes jaar baggeren wordt in de sloot in Zegveld per jaar 73 kg N en 7,3 kg P per hectare vastgelegd.

3.3 Processen die de waterkwaliteit beïnvloeden

3.3.1 Gasvorming

Met name bij dikke lagen waterbodem zoals aanwezig in veengebieden, vindt vorming van CO₂, N₂ en CH₄ plaats. CO₂ wordt vastgelegd als carbonaat of lost op in het water. De oplosbaarheden van N₂ en CH₄ zijn beperkt waardoor ze veelal gasbellen vormen. Deze gasbellen hopen zich op in de waterbodem, waardoor op den duur stukken waterbodem en het daaraan geassocieerde slib de neiging hebben te gaan drijven. Als de gasbellen loslaten bezinkt de bodem weer. Door dit proces komt er echter waterbodem en slib in het water, wat vervolgens door vee kan worden opgenomen. De gasvorming is groter bij hogere temperatuur. Bij weinig water en veel waterbodem zal er sneller opwarming plaatsvinden van de waterbodem.

3.3.2 De Zwavelcyclus

De zwavelcyclus herbergt een aantal potentieel problematische verbindingen. De bron van zwavel kan afvalwater en mest zijn, maar ook van nature voorkomend sulfaat of sulfiden.

CS₂

Deze stof wordt zowel door de mens als door de natuur geproduceerd. In de natuur zijn verschillende bronnen bekend. Zo kunnen bacteriën en planten, bijvoorbeeld Mimosa en eik deze stof produceren. Bacteriën kunnen deze stof ook afbreken. CS₂ is een vrij toxische stof. Nitrificerende bacteriën bijvoorbeeld worden geremd bij een concentratie 0.5 mg/l (Powlson and Jenkinson, 1971). Voor de mens is CS₂ hepatotoxisch. Er is vrijwel niets bekend over gehalten aan CS₂ in bodem en water. De schaarse internationale literatuur doet vermoeden dat er een verband bestaat tussen het voorkomen van H₂S en het voorkomen van CS₂ in het milieu.

H₂S

Onder sterk anaërobe omstandigheden wordt sulfaat door micro-organismen gereduceerd tot het toxische H₂S. In gronden met veel ijzer wordt het sulfide

vervolgens vastgelegd als FeS. We spreken dan van een ijzer gecontroleerd systeem, er komt geen H₂S in het water Bij een te groot aanbod van te reduceren sulfaat of bij een te beperkte hoeveelheid ijzer in het systeem, ontstaat wel H₂S. Er is dan sprake van een zwavel gecontroleerd systeem. In monsters van de waterbodem of in grondwater is dan ook H₂S te ruiken (rotte eieren). Op het scheidingsvlak tussen de anaërobe waterbodem en het aërobe water kan H₂S door micro-organismen weer worden omgezet in sulfaat. Als het oppervlaktewater ook naar H₂S ruikt is er op het scheidingsvlaak met de waterbodem onvoldoende capaciteit voor oxidatie en is de kwaliteit zeer slecht. Zwavelgecontroleerde systemen komen voor in relatief zure gronden (veen), waar het ijzer tijdens het ontstaan van de bodem is uitgespoeld, gecombineerd met aanvoer van sulfaat.

Pyriet

In west en noord Nederland bevat de grond plaatselijk grote hoeveelheden pyriet, een ijzerzwavelverbinding die onder anaërobe omstandigheden stabiel is. Wanneer echter tengevolge van ontwatering lucht binnen dringt in deze gronden leidt dit tot oxidatie van het pyriet, waardoor bij onvoldoende bekalking de pH van de grond kan dalen tot 3 - 4. Naast zwavelzuur ontstaat het strogele mineraal jarosiet waaraan de grond de naam kateklei ontleent. De lage pH is op zich al slecht voor de kwaliteit van bodem en water, en het in oplossing gaan van aluminium bij deze lage pH waardes vergroot het probleem nog verder. In de polders in west en noord Nederland heeft het ontstaan van kateklei in het verleden al veel overlast (lees slechte gewasgroei en sterfte van het vee) gegeven. Het is zeker niet uitgesloten dat ook nu nog plaatselijk bij veranderingen van ontwaterings- en bemalingregimes de oxidatie van pyriet plaatselijk een zeer negatieve invloed heeft op de (oppervlakte)waterkwaliteit.

Mercaptanen

Mercaptanen zijn organische verbindingen die een SH-groep bevatten. Dergelijke verbindingen staan in een kwade reuk, niet alleen letterlijk maar ook vanwege het vermoeden van toxische effecten. De kans dat dergelijke verbindingen in dusdanige concentraties in oppervlaktewater voorkomen dat er gevaar ontstaat voor veegezondheid moet gering geacht worden, maar plaatselijk verhoogde concentraties in de buurt van bijvoorbeeld H₂S rijke sedimenten moeten vooralsnog niet uitgesloten geacht worden.

3.4 Slootonderhoud

Jaarlijks schonen de waterschappen in Nederland de waterlopen een aantal keren. Dit 'klein' onderhoud is nodig om de watertransportfunctie van de waterlopen gedurende het groeiseizoen te waarborgen. Daarnaast is er het 'groot' onderhoud eens per ca. 3-10 jaar om het ondieper worden van de sloot tegen te gaan. Het onderhoud heeft zodoende invloed op waterstanden en waterbeweging in de waterlopen.

3.4.1 Klein onderhoud

Maaionderhoud in waterlopen is nodig als de waterplanten en oeervervegetatie de doorstroming zodanig belemmeren dat waterpeilen en grondwaterstanden te hoog worden en te veel schade kunnen veroorzaken. Om een minimale transportcapaciteit van de waterlopen te garanderen wordt gedurende het groeiseizoen enkele malen onderhoud uitgevoerd. De frequentie van onderhoud, veelal tussen de 2 en 4 keer per jaar, is gebaseerd op praktijkervaring van de waterschappen. Uitgangspunt voor het uitvoeren van onderhoud is dat de waterlopen te allen tijde moeten voldoen aan de gestelde eisen voor water aan- en afvoer. Het maaionderhoud wordt meestal uitgevoerd volgens een strakke tijdplanning, die in de loop der jaren enigszins is aangepast op basis van ervaringen in de praktijk. De frequentie van maaionderhoud is zodanig, dat de schade voor de landbouw tot een minimum wordt beperkt. Tegenwoordig wordt steeds meer rekening gehouden met ecologische aspecten. Ook spelen andere belangen een rol, zoals: natuur, landschap, recreatie en visserij.

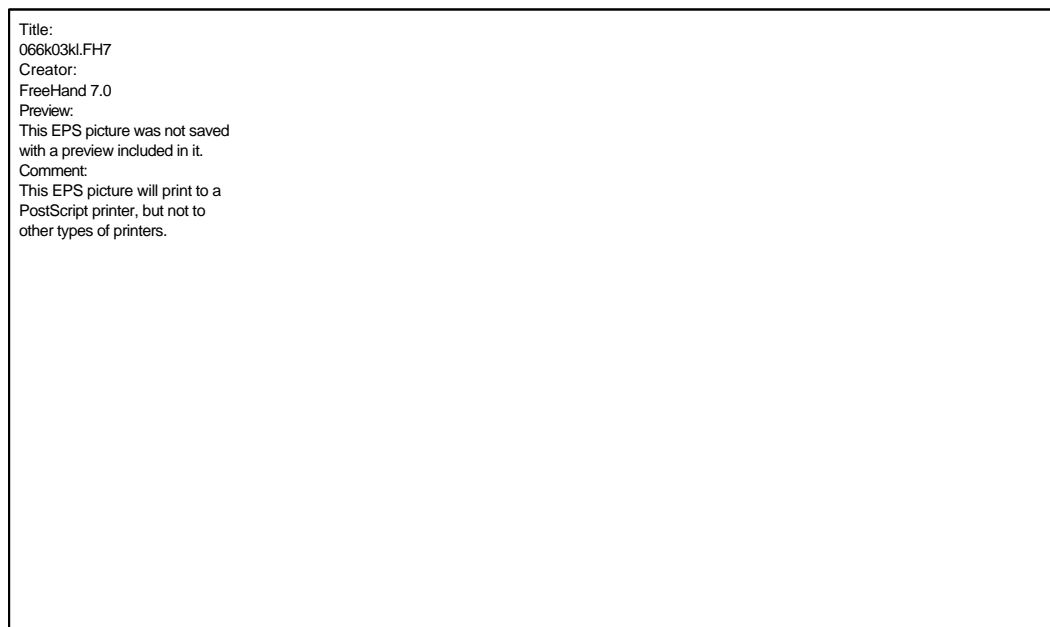
Een methode om op basis van zowel hydrologische als hydraulische omstandigheden de tijdstippen van 'klein' onderhoud te berekenen is beschreven door Querner (1995).

3.4.2 Groot onderhoud

Wanneer aan de sloot geen onderhoud wordt uitgevoerd, groeit deze in korte tijd dicht met waterplanten en met planten die vanuit de slootkant in de sloot groeien. De plantengroei is afhankelijk van de slootdiepte, en van de helderheid en de voedselrijkdom van het water. In het najaar sterven de waterplanten voor een groot deel af, zakken naar de bodem, verteren en vormen daarmee een baggerlaag: het is een natuurlijk proces van verlanding. In diepe sloten is de productie van planten geringer dan in ondiepe sloten. Hoe ondieper de sloot is des te groter is het verlandingsproces. Verder komt er bagger in de sloot door het uittrappen van slootkanten en aanvoer van elders via waterbeweging.

4 Sloot met omliggende percelen

In figuur 2 zijn de lokale bronnen weergegeven. Voor de waterkwaliteit in de sloot zijn de activiteiten op alle belendende percelen van belang.



Figuur 2: Sloot met omliggende percelen

4.1 Belasting door gebruik hulpstoffen landbouw

4.1.1 Bemesting

In het verleden zorgde de wijze van toediening van mest, verregening, vaak voor een directe belasting van het oppervlaktewater en konden piekbelastingen voorkomen. Nadat de mest op het land was gebracht, kon bij opvolgende zware regenval ook oppervlakkige afstroming plaatsvinden. Bij een huidige landbouwpraktijk, waarbij mest niet op maar in de bodem wordt gebracht, vinden er geen piekbelastingen meer plaats. Alleen bij toepassing van een sleepvoet, wat beschouwd wordt als emissiearme techniek, kan bij ongunstige weersomstandigheden een kleine piekbelasting optreden.

Via drainage of het grondwater vindt er nog wel een continue belasting plaats van het oppervlaktewater. Een normale bemesting zal echter niet leiden tot een overschrijding van de drinkwaternorm.

4.1.2 Bestrijdingsmiddelen

Bestrijdingsmiddelen worden toegepast in de vorm van granulaten en via bespuitingen. Voor bespuitingen zijn met behulp van het model TOXWA berekeningen uitgevoerd voor de lotgevallen in oppervlaktewater. Goed adsorberende middelen zijn na 1 of 2 dagen bezonken, goed oplosbare moeten afbreken. Toxwa geeft aan hoelang er nog risico's zijn. Van belang is de belasting met bestrijdingsmiddelen, wat afhankelijk is van de teelt, de wijze van toediening en het wateroppervlak en watervolume. Op basis hiervan kan een concentratie worden geschat. Deze concentratie kan worden vergeleken met concentraties voor (humane) risico's. Als deze concentratie te hoog is wordt de zogenaamde decline rate (DT_{50} = Tijd dat de helft verdwenen is) van belang. Voor verwijdering van 90% van het bestrijdingsmiddel is drie maal de DT_{50} nodig. In deze periode moet het vee dus niet uit de met bestrijdingsmiddelen belaste sloot drinken. (Deze benadering moet nog nader worden uitgewerkt tot eenvoudige berekeningen en tabellen)

Granulaten kunnen alleen via oppervlakkige afstroming de sloot belasten. Het toelatingsbeleid is er op gericht dat het grondwater niet wordt belast. Onduidelijk is nog in hoeverre drainage en/of transport via het grondwater kan leiden tot onacceptabele concentraties in het oppervlaktewater.

4.2 Belasting door de landbouwpraktijk

4.2.1 Oppervlakkige afstroming

Regenwater infiltreert in de bodem, wordt hier geborgen en vervolgens via de ondergrond afgevoerd naar de sloot (figuur 3). Bij een hogere regenintensiteit kan de infiltratiesnelheid en/of de berging onvoldoende zijn en zal het water oppervlakkig gaan afstromen. Ook in het geval van een slechte doorlatendheid van de bodem zal er snel sprake zijn van oppervlakkige afstroming. In veengebieden is het bergend vermogen ten gevolge van de hoge grondwaterstand klein. Pankow et al. (1985) stelden begin jaren tachtig vast dat in zo'n gebied ca 45% van de totale afvoer liep via de greppels naar de sloot. Modelberekeningen van Buitendijk voor de periode 1952-1982 bevestigden dit, 46% werd oppervlakkig afgevoerd via de greppels.

De wijze van teelt heeft invloed op de oppervlakkige afstroming. Bij de bollenteelt wordt in rijen geteeld. De doorlatendheid van de bodem tussen de rijen wordt door het veelvuldig berijden laag. Bij heftige regenbuien kan daardoor veel water van het bollenperceel via oppervlakkige afstroming in de sloot komen. Bij de bollenteelt worden veel bestrijdingsmiddelen gebruikt, die dan kunnen worden meegevoerd. Het risico van oppervlakkige afstroming wordt groter als de rijen loodrecht op de sloot staan.

4.2.2 Erfafvoeren

Erven zijn veelal verhard en grondresten en mest zullen oppervlakkig worden afgevoerd. Als er een sloot in de directe nabijheid van het erf ligt zal het regen- en spoelwater hier hoogstwaarschijnlijk naar toe stromen. Er zijn weinig gegevens over de grootte van de afvoer. Pankow et al. (1995) vonden in het Schuitembeekgebied een erfafvoer voor mineraal N van 102 kg/ha. Op de omringende landbouwpercelen was de afvoer 18 kg/ha. Ook de erfafvoer van fosfaat was hoog (18 kg/ha $\text{PO}_4\text{-P}$).

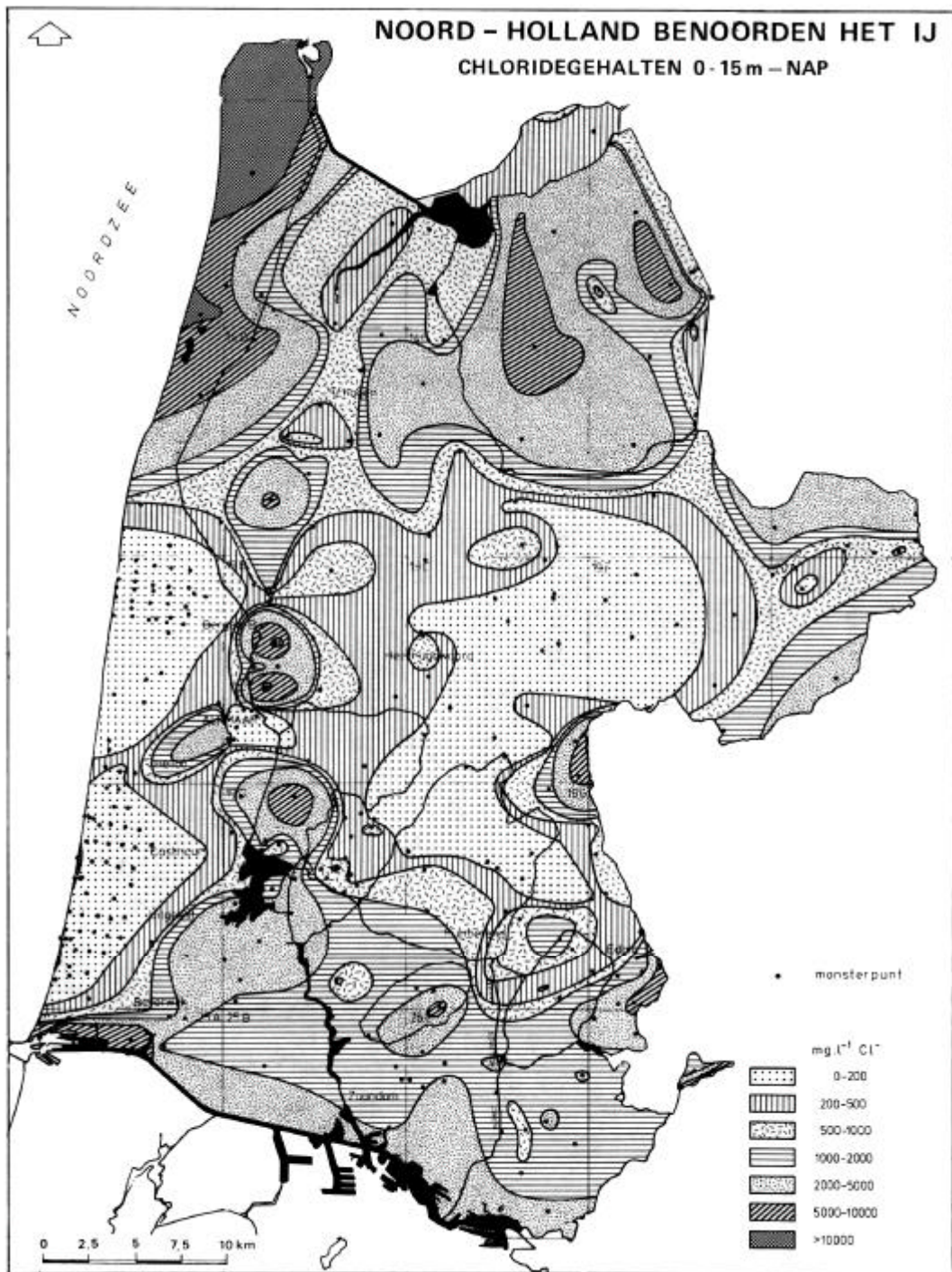
4.3 Belasting van diffuse herkomst

4.3.1 Atmosferische depositie

Atmosferische depositie van verontreinigende stoffen vindt niet alleen in de waterlopen plaats, maar ook op het land. Door uit- en afspoeling van deze (en andere) stoffen fungeren waterlopen echter veelal als 'Sink', waardoor de concentratie van in waterbodem niet of moeilijk afbreekbare stoffen, bijvoorbeeld van PAKs, toeneemt. Zware metalen kunnen ook worden vastgelegd met name in de vorm van sulfiden. Zolang het sediment op de bodem ligt is het niet waarschijnlijk dat het drinkwater wordt beïnvloed door de atmosferische depositie. Alleen bij het op de kant brengen van baggerspecie zullen de vastgelegde contaminanten beschikbaar komen. Na het aëroob worden zal door afbraak en sorptie een evenwicht worden ingesteld dat vergelijkbaar is met dat op de rest van het perceel.

4.3.2 Kwel

In laag gelegen gebieden vindt er aanvoer van water plaats via kwel. Kwel treed niet alleen op in polders, maar kan ook plaats vinden in relatief lage gebieden in de rest van Nederland. De samenstelling van de kwel is veelal duidelijk anders dan de samenstelling van regenwater of oppervlaktewater dat in infiltratiegebieden bepalend is voor de kwaliteit van het oppervlaktewater. Met name in West-Nederland is de invloed van de zee goed merkbaar. Figuur 3 geeft een voorbeeld van het chloridegehalte van het bovenste grondwater in Noord-Holland. Op grotere diepte worden de zoutgehalten hoger. Chloride gaat vaak samen met sulfaat. Zeewater bevat ca 2700 mg/l SO_4 . Dit sulfaat kan met de kwel worden meegevoerd. Worden onderweg naar het oppervlaktewater sterk anaërobe zones gepasseerd dan kan sulfaat verdwenen zijn en omgezet in sulfiden. Deze worden vaak vastgelegd in de bodem als metaalsulfides en komen dan niet met het kwelwater mee. Soms vormen ze echter een probleem, zoals beschreven is in de paragraaf over de zwavelcyclus (3.3.2).



Figuur 3: Chloridegehalten in Noord-Holland benoorden het IJ, 0-15m- NAP (werkgroep Noord-Holland, 1982)

4.4 Belasting door lokale activiteiten

4.4.1 Slootdempingen

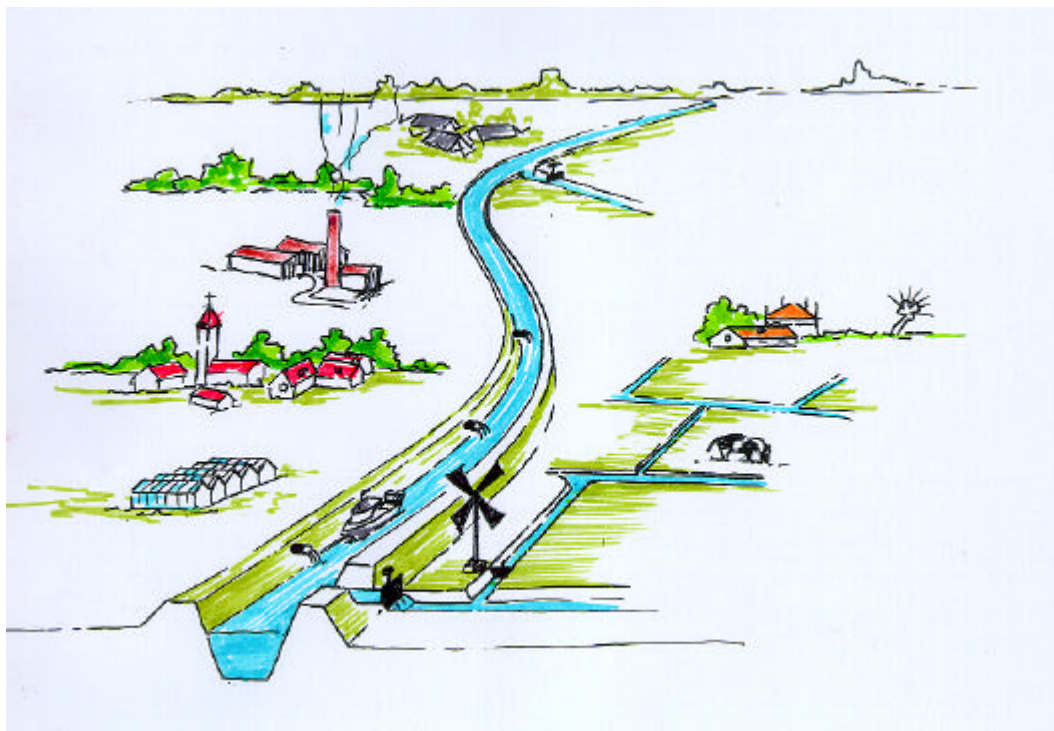
In veel gebieden in Nederland zijn sloten gedempt met afval. Voorbeelden hiervan zijn de Krimpenerwaard en de Groninger Wijken. De doorlatendheid van deze sloten is veelal groot. Afvalstoffen uit dit afval kunnen dan ook snel de omliggende sloten beïnvloeden. Doordat deze sloten door hun grote doorlatendheid kunnen functioneren als een extra drainage kan hun invloed op de kwaliteit van het slootwater en de waterbodem groter zijn dan op basis van het oppervlak alleen zou worden voorspeld.

4.4.2 Kassen

Vanuit oude kascomplexen kan het oppervlaktewater worden belast met nutriënten, bestrijdingsmiddelen en zink. In nieuw kascomplexen wordt gebruik gemaakt van interne kringlopen, waardoor de emissie wordt teruggedrongen. Dit zal op termijn moeten leiden tot een betere water- en waterbodemkwaliteit in de omgeving van kascomplexen.

5 Sloot als onderdeel van een regionaal systeem

In figuur 4 is de sloot als onderdeel van een regionaal systeem weergegeven.



Figuur 4: Sloot als onderdeel regionaal systeem

In de achttiende en negentiende eeuw wisten de Hollandse poldermakers uit ervaring dat bij het droogleggen van een meer de waterhuishouding in het omliggende gebied zo veranderde dat ziekten een veel grotere kans kregen. Allerlei vervuilde vaarten en sloten mondden niet meer uit in groot water, waardoor de stroomsnelheid afnam. Men sprak in die tijd over de polderziekte (Mak, 1998).

5.1 Algemene beschrijving oppervlaktewater

Het oppervlaktewatersysteem in Nederland is in het algemeen gekarakteriseerd in: hellende gebieden, vlakke (peilbeheerste) gebieden en overgangsgebieden. In figuur 5 zijn deze drie typeringingen weergegeven.

5.1.1 Hellende gebieden

Hierbij gaat het om de gebieden met een vrije afwatering (hoog Nederland), die van oorsprong door middel van beken en riviertjes plaatsvond (fig. 5a). De afvoer is altijd in één richting en kan zeer sterk in de tijd verschillen. Door de mens is dit systeem

beïnvloed door het verbeteren van de waterlopen (vergroten, aanleg stuwen, etc.). Het hellende gebied is een getrapt systeem, waarbij lokale stroompjes in beekjes (deelstroomgebieden) en deze weer overgaan in beken of riviertjes (stroomgebieden). De beek op zijn beurt loost op een hoofdrivier of kanaal.

5.1.2 Vlakke gebieden

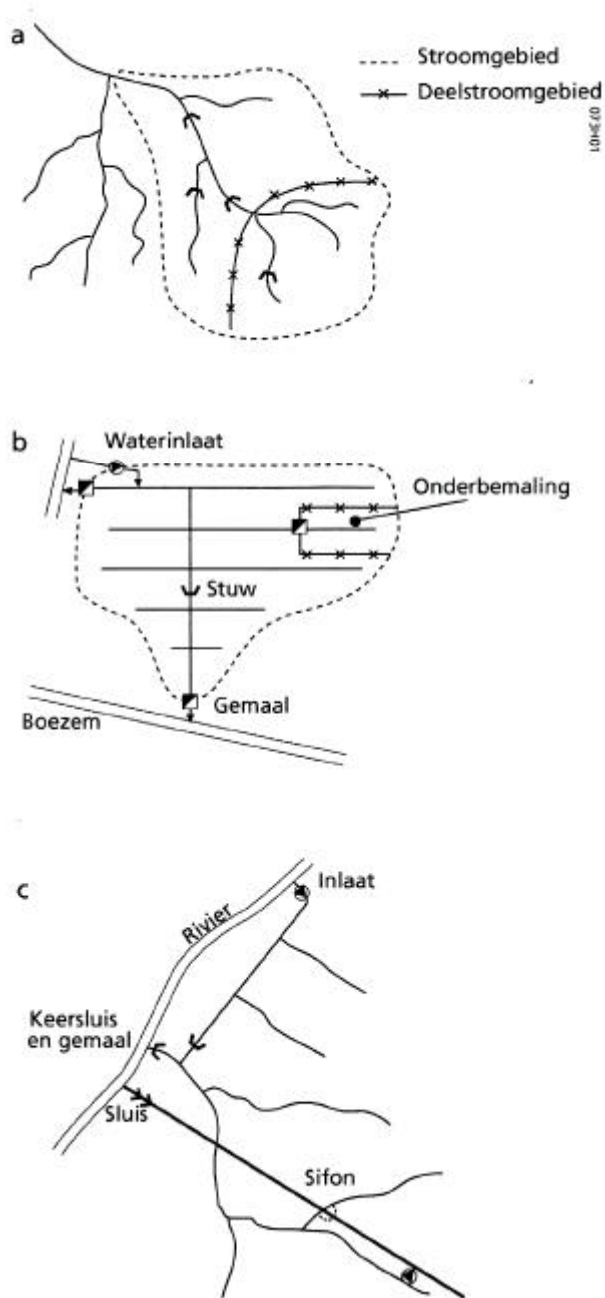
Dit zijn de polders in Nederland die geen vrije afwatering hebben en die altijd door middel van gemalen het water moeten lozen (fig. 5b). De stromingsrichting in de waterlopen van een polder wordt door externe factoren beïnvloed. Hierbij speelt de plaats van de gemalen en inlaatwerken een grote rol, maar ook windinvloeden bevorderen de waterstroming. Een grotere polder is meestal in verschillende peilvakken verdeeld en daarnaast kunnen onderbemalingen voorkomen.

Het waterpeil in een polder wordt zoveel als mogelijk binnen bepaalde grenzen gehouden, waarbij een zomer- en winterpeil worden nagestreefd. Het uitgemalen water komt in een boezemstelsel. Het water uit de boezem wordt enerzijds onder vrij verval geloosd, anderzijds wordt dit water uitgemalen.

5.1.3 Overgangsgebieden

De overgang tussen sterk hellende gebieden (de hogere gronden) en de polders is een gebied waar een mengeling van hierboven genoemde systemen voorkomt (fig. 5c). Gebieden die vroeger een natuurlijke afwatering hadden, worden door bodemdalingen en verhoogde buitenwaterstanden genoodzaakt het overtollige water uit te malen. Het rivierengebied, maar ook het boezemsysteem in west Nederland, kenmerkt zich door deze omstandigheden. Bovendien zijn er ook hoger gelegen gebieden waarbij de afwatering zodanig is verbeterd, dat ze tot dit soort gebieden kunnen worden gerekend (bijv. delen van Salland en Noord-Brabant).

Waterlopen in een gebied worden in het algemeen onderverdeeld in een aantal klassen, die afhankelijk is van de afmetingen van de waterlopen. Een algemene indeling is de onderverdeling in primaire, secundaire en tertiaire waterlopen. De tertiaire waterlopen dienen met name voor de ontwatering van een gebied, de secundaire en primaire waterlopen voor de afwatering. Daarnaast is er een onderverdeling in A-watgangen, die in beheer zijn bij de waterschappen en de overige in beheer bij de aanliggende landgebruiker.



Figuur 5 Het oppervlaktewatersysteem in Nederland verdeeld in drie typen (Querner en Looise, 1997)

- a) hellende gebieden
- b) vlakke gebieden (peilbeheerst)
- c) overgangengebieden

5.1.4 Beken en rivieren

De beken en riviertjes in Nederland zijn de 'natuurlijke' waterlopen met stromend water, die gevoed worden door uittredend grondwater of door sloten. De stroomsnelheid wordt bepaald door het verhang, afmetingen van het profiel en de hoeveelheid af te voeren water. Deze hoeveelheid kan sterk fluctueren. Ten tijde van hevige neerslag neemt het debiet zeer sterk toe.

5.1.5 Sloten/kavelsloten

De sloten in Nederland zijn gegraven waterlopen ten dienste van de waterhuishouding, meestal specifiek voor de landbouw. Sloten dienen tevens als perceelscheiding en voor drenking van vee. Hoofdzakelijk dienen sloten voor de afvoer van uittredend grondwater in natte perioden en daarnaast vindt soms aanvoer van water plaats in droge perioden. De waterstroming in sloten is zeer gering. Nog geringer is de stroming in zogenaamde kopsloten (de kop van een waterloop met stagnant water). In de praktijk zijn veel kopsloten ontstaan door het leggen van dammen om de bereikbaarheid te vergroten.

In veel gebieden zijn daarnaast nog greppels aanwezig die dienen om het water vanuit de kavel naar de sloot te leiden.

5.2 Karakterisering structuur oppervlaktewater

De karakteristieken van het oppervlaktewater is op hoofdlijnen een indeling op basis van de verkaveling van een gebied waarbij het bodemtype en de helling van het maaiveld een belangrijke rol spelen. Ook het onderscheid in vrij afwaterend en niet vrij afwaterend is hierbij van belang.

Kenmerkend voor een veengebied zijn de brede watergangen en de relatief smalle percelen. De waterdiepte is in het algemeen niet groot. In kleigebieden is het percentage open water klein en de kavelsloten zijn smal. De hoofdwatgangen zijn breder en kunnen waterdiepten hebben tot 1 meter of meer. Zandgebieden hebben in het algemeen weinig open water en het grote percentage open water is gering.

5.3 Beheer van oppervlaktewater

Het Nederlandse waterbeheer is niet natuurlijk meer. Oppervlaktewaterpeilen worden zeer strak in de hand gehouden. Als het water maar even stijgt wordt het overtollige direct afgevoerd. In het waterbeheer zijn ontwikkelingen gaande weer terug te gaan naar situaties die meer in overeenstemming zijn met de werkelijkheid, een veranderend waterpeil. Veel waterschappen bekijken thans de mogelijkheden om terug te gaan naar een zo natuurlijk mogelijk peilbeheer. Een natuurlijk peilbeheer in combinatie met het vasthouden van water is van belang om de inlaat van systeemvreemd water te beperken.

5.3.1 Peilbeheer

Het peilbeheer wordt geregeld door stuwen of gemalen. Veranderende stuwpeilen of gemalen veroorzaken een waterbeweging in de nabij gelegen waterlopen door afzuiging en opvulling

Bij gemalen bijv. wordt er in het algemeen gewerkt met een in- en afslagpeil. Het afslagpeil van het gemaal ligt lager dan het inslagpeil. Bij werking van het gemaal wordt de aanvoerleiding leeggezogen. Afhankelijk van de aanvoercapaciteit van die leiding wordt na enige tijd het uitslagpeil bereikt. Er ontstaat in de nabije omgeving van het gemaal een afzuigkegel. Na stoppen van het gemaal zal de waterstand weeromhoog gaan. Door dit verschil in aan- en uitslagpeil van gemalen varieert de waterstand dicht bij gemalen. Ook in nabij gelegen waterlopen zal door deze waterstandsverschillen een waterbeweging optreden. De mate hiervan hangt af van: het verschil in- en uitslagpeil, aanvoercapaciteit aanvoerleidingen en de waterberging in het systeem.

5.3.2 Waterdiepte

Sloten vormen een door de mens gemaakt watertype dat slechts in stand blijft als er regelmatig onderhoud wordt gepleegd (zie ook par. 3.4). Een voldoende waterdiepte is van groot belang. Ondiepe sloten warmen 's zomers sneller op waardoor versterkte algengroei en zuurstofloosheid kan optreden.

Met een zekere frequentie baggeren van sloten heeft een positieve invloed op het voorkomen van planten, dieren en gehalten aan stoffen. Een grotere waterdiepte maakt een sloot minder kwetsbaar.

Baggeren heeft een aantoonbaar gunstig effect op de aquatische levensgemeenschap (Boeyen et al., 1992). Baggeren is goed voor de ecologische waterbeoordeling, lagere N en P gehalten, en het is gunstiger voor de zuurstofhuishouding in de sloot. Er ontwikkelt zich na baggeren minder kroos en draadwieren en onderwater groeiende planten nemen toe. Bij de macrofauna neemt het aantal soorten en de kwaliteit van de levensgemeenschap toe. Naarmate de waterdiepte toeneemt, geven zowel de biologische als de fysisch-chemische waterkwaliteitsparameters, over diepten van 0,2-1,0 m, een duidelijk gunstiger beeld. Diepere sloten hebben een beter doorzicht i.v.m. het minder opwervelen van slib. Een aantal jaren na baggeren vertoont zich de neiging om naar de uitgangssituatie terug te keren, afhankelijk van de snelheid waarmee zich weer nieuwe bagger vormt. De aangroei van de waterbodem in de Krimpenerwaard is in de orde van 5-12 cm/jaar (Boeyen et al., 1992) en in Rijnland in de orde van 1-2 cm/jaar voor het boezemsysteem.

In veengebieden is altijd een dikke waterbodemplaat aanwezig, omdat er naar beneden toe geen sprake is van een scherp profiel. Bij afwezigheid van beschoeiing vindt er aan de oevers aftrapping plaats waardoor er snel waterbodem wordt opgebouwd. Veel plantengroei in de sloot zorgt bovendien voor aangroei van de

waterbodem. In stromend water wordt zwevend materiaal afgevoerd en is de opbouw van een waterbodem langzaam, waardoor de waterbodem minder bepalend wordt voor de waterkwaliteit.

De Regwabo-studie van het RIVM (Kramer et al., 1997) berekend in sloten in klei en zand gebieden een aangroei van ca 2 cm per jaar (minimaal 1,6 en maximaal 2,5). In veensloten is de aangroei groter en wel 3 cm per jaar (minimaal 2,3 en maximaal 4,3). Deze grotere aangroei wordt met name veroorzaakt door de kleinere dichtheid van waterbodem in veengebieden.

In veenweidegebieden wordt voor de diepte van waterlopen aanbevolen:

- > 1,0 m voor hoofdwatgangen
- 0,5 m voor overige watgangen

5.3.3 Waterstroming

De afvoer in een waterloop is primair afhankelijk van de hoeveelheid neerslag. Hoeveel neerslag er heel snel in de waterloop komt hangt af van de oppervlakkige afstroming, de bergingscapaciteit van de grond en de drainage. De optredende afvoer, ofwel de kans op een zekere afvoer, zal over het groeiseizoen niet gelijk zijn. Immers in het voorjaar zijn de grondwaterstanden nog hoog en is er een geringe bergingscapaciteit aanwezig. In de zomer zijn de grondwaterstanden veel lager en zal er van de gevallen neerslag een kleinere hoeveelheid direct tot afvoer komen.

De afvoer voor de zomerperiode kan uit langjarige veldmetingen, indien beschikbaar, worden afgeleid. Een andere mogelijkheid is om deze afvoer te berekenen met een hydrologisch model. Bij zo'n modelmatige aanpak zijn gegevens nodig, zoals de kwel/wegzijing, de drainagekarakteristieken, de bodemsoort en het grondgebruik. Onder de drainagekarakteristieken worden verstaan de dichtheid en het niveau van de ontwateringsmiddelen.

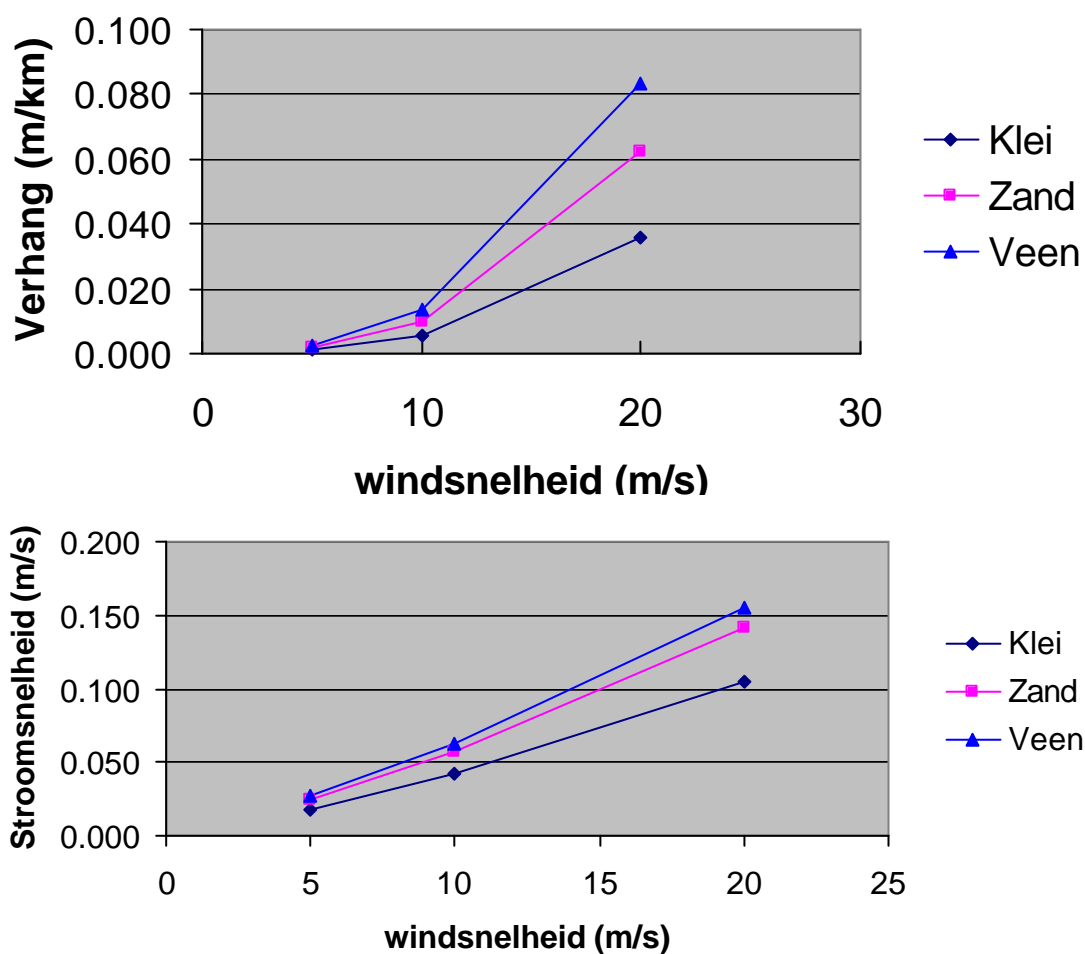
5.3.4 Windinvloeden

In een systeem van waterlopen kan de wind de stroming van water in waterlopen sterk beïnvloeden. Opwaaiing of afwaaiing veroorzaken een waterbeweging. De wind neemt door de vorming van golfslag water mee naar benedenwinds gelegen plaatsen. Dit veroorzaakt ter plaatse een verhoging van de waterstand. Langs de bodem zal er een retourstroming ontstaan in de richting van de wind. In poldergebieden kunnen windinvloeden zelfs de dominerende factor zijn voor de waterstroming. Voor de verspreiding van verontreinigingen dient met deze waterstroming rekening te houden.

Windstroming veroorzaakt in veenweidegebieden een slecht doorzicht, doordat fijne deeltjes opwervelen en worden meegevoerd. Op plaatsen met een lage stroomsnelheid bezinken deze deeltjes weer, bijvoorbeeld in kopsloten. Wind speelt bij de verspreiding van kroos een belangrijke factor.

Door riet of andere begroeiing langs de sloot te laten staan, is het mogelijk de invloed van wind op de waterbeweging te verminderen. Begroeiing moet echter niet worden toegepast langs waterlopen met stilstaand water, daar is de invloed van wind juist goed om een geringe waterbeweging te creëren.

De invloed van wind op de waterstroming is te berekenen met de formule van REID. In figuur 6 is voor een drietal waterlopen in klei, zand en veengebieden het verhang en stroomsnelheid weergegeven die door wind maximaal kan worden veroorzaakt. De wind waait hierbij in de lengterichting van de waterloop. Voor de berekening van de stroomsnelheid is een stromingsweerstand k_M aangehouden van 30 (formule van Manning).



Figuur 6 Invloed van wind op het verhang en stroomsnelheid. Voor breedte van de waterspiegel is aangehouden: zand: 4,5 m; veen: 6 m en klei: 2,5 m. Voor de waterdiepte is aangehouden: zand 0,75 m; veen: 0,5 m en klei: 0,8 m.

5.3.5 Stofstromen

Bodemtransport en zwevend transport wordt veroorzaakt door stroming in de waterloop. Fijne deeltjes worden meegenomen bij een lage stroomsnelheid. Naarmate de stroming toeneemt worden ook grotere deeltjes meegenomen.

5.3.6 Waterinlaat

Het doel van waterinlaat is meestal het op peil houden van het water ten behoeve van de landbouw, of het verversen van het systeem ter bestrijding van verzilting en/of doorspoelen van verontreinigd water (verbetering waterkwaliteit).

5.4 Afvalwater

5.4.1 Effluent rioolwaterzuiveringsinstallaties (RWZI's)

Het meeste water dat in Nederland via riolen wordt verzameld, wordt gezuiverd via RWZI's waarbij het effluent wordt geloosd op het oppervlakte water. Bij een volledige zuivering zou dit niet moeten leiden tot een slechtere oppervlaktewaterkwaliteit. Niet alle stoffen worden echter even goed uit het afvalwater verwijderd. Zouten worden niet verwijderd, waardoor het zoutgehalte meestal hoger is. Voor de endocriene disruptoren (zie 5.4.4) is verwijdering onzeker. Ook zijn zuiveringen niet altijd even effectief. Als geloosd wordt op groot oppervlaktewater hoeft dit laatste geen probleem te zijn omdat dan rekening mag worden gehouden met het zelfreinigende vermogen van dit water en de verdunning. Lozing in klein oppervlaktewater geeft een grotere kans op verslechtering van de waterkwaliteit.

Beheerders van RWZI's hebben de plicht om de kwaliteit van de zuivering te monitoren. Er is derhalve via databestanden veel bekend over de kwaliteit van het effluent. Deze informatie betreft zowel verzamelparameters als gehalten aan individuele stoffen. Uiteraard wordt niet op alles geanalyseerd in het effluent van alle RWZI's, maar middels databases en vergelijkingen met vergelijkbare typen RWZI's is voor specifieke installaties toch een vrij nauwkeurig beeld beschikbaar van de kwaliteit van het effluent. Bij een evaluatie van de risico's van de lozing van dit effluent op de kwaliteit van het oppervlaktewater als drinkwater voor vee dient de verdunning van het effluent in het ontvangende oppervlaktewater mede in beschouwing genomen te worden.

RWZI's kunnen zodanig worden beheerd dat specifieke stoffen er goed worden afgebroken door stimulatie van een meer specifieke populatie. In een gebied moet bij riooloverstorten rekening worden gehouden met dit type (industriële) afvalstoffen.

5.4.2 Rioloverstort

Rioloverstorten lozen incidenteel overtollig rioolwater ongezuiverd op het oppervlaktewater. Nederland heeft ca. 15000 riooloverstorten, waarvan er als eerste schatting ca. 3500 tot 4000 als knelpunt worden beschouwd. In figuur 7 is, als voorbeeld, voor Friesland de locaties van riooloverstorten en lozingspunten weergegeven. Het probleem van riooloverstorten is meestal de kortdurende piekbelasting. De vuilemissie hiervan wordt meestal uitgedrukt in CZV/ha/jaar (chemisch zuurstof verbruik).

In de richtlijn voor rioleringen wordt er van uitgegaan dat de lozing niet vaker dan 10 keer per jaar voorkomen (tabel 1). De verplichte basisinspanning, d.m.v. 2 mm berging in het rioolstelsel, moet de frequentie van lozingen terugdringen tot 1-5 keer per jaar (tabel 1). Door de functie van het ontvangende water kunnen er aanvullende eisen bestaan. Hierbij kan worden gedacht aan water met een ecologische watertoekenning. Om de vuilemissie uit de riolering terug te dringen, kunnen zogeheten randvoorzieningen worden getroffen. Het gaat hierbij om een voorziening (bergbezinkbassin) als onderdeel van het rioolstelsel die als doel heeft de lozing van vuil uit het rioolstelsel op oppervlaktewater te verminderen (DHV, 1995).

Tabel 1 Overzicht van rioleringsrichtlijnen met de daarbij gehanteerde berging en verwachte lozingen

Omschrijving	Rioolstelsel	Lozingen
Rioleringsrichtlijn	berging 7 mm neerslag	< 10 /jaar
Basisinspanning	aanvullend 2 mm berging in rioolstelsel	
Algemeen ecologisch-water	aanvullend open bergbezinkbassin (max 8 mm)	1-5 / jaar
Waternatuur	aanvullend open bergbezinkbassin (14 mm)	1x /2 jaar

De samenstelling van het water van een riooloverstort is vergelijkbaar met die van het influent van een zuivering, waarbij rekening moet worden gehouden met een verdunning. Dit water is ongeschikt als drinkwater. Een riooloverstort zal altijd leiden tot een slechtere waterkwaliteit. In het oppervlaktewater vindt biologische afbraak plaats van de afvalstoffen. Indien het zelfreinigende vermogen van het oppervlaktewater groot genoeg is, zal na verloop van tijd de samenstelling vergelijkbaar zijn met effluent van een zuivering. Rekening moet wel worden gehouden met de vaste delen. In een RWZI worden deze verwijderd in een voorbezinking en zullen nooit in het oppervlaktewater terechtkomen. Bij een overstort worden ze wel geloosd en zullen deel uit gaan maken van de waterbodem. Dit kan met name een extra belasting van het oppervlaktewater zijn met goed adsorbeerbare stoffen (o.a. PAK en zware metalen).

Recentelijk is er een methodiek opgesteld ter beoordeling van alle riooloverstorten met betrekking tot waterkwaliteit, volksgezondheid en diergezondheid (DHV, 1999). Het doel is het opleveren van een praktische methode waarmee in geheel Nederland de overstorten van gemengde rioolstelsels kunnen worden geïnventariseerd en op eenduidige wijze kan worden vastgesteld in welke mate ze een knelpunt vormen. Om overstortsituaties te kunnen beoordelen is door de waterkwaliteitsbeheerders in West-Nederland een systematiek ontwikkeld, waarmee significante knelpunten zichtbaar worden gemaakt.

Figuur 7 Locaties van riooloverstorten en lozingen in Friesland (bron: RIVM)

De mate waarin een riooloverstort een knelpunt vormt hangt af van de vuilvracht in relatie tot de berging en de doorstroming van het ontvangende water. Afhankelijk van deze gegevens worden scores toegekend en ontstaat een knelpuntenindicatie (DHV, 1999). Het hiervoor gebruikte onderzoek naar de effecten van emissies op oppervlaktewater geeft evenwel aan dat er geen eenduidige criteria zijn om aan te geven welke vuilemissie voor het ontvangende oppervlaktewater toelaatbaar is.

5.4.3 Overig afvalwater

In het landelijk gebied is in beperkte mate riolering aanwezig. Rekening moet daarom worden gehouden met lozingen van de agrarische bedrijven, huishoudelijk afvalwater, water uit de melkstal, enz. Ook kunnen andersoortige bedrijven hun afvalwater lozen.

Momenteel is er een sterke ontwikkeling in kleinschalige zuiveringssystemen (IBA-systemen) (Verstappen- Boerekamp en Wolters, 1998). Helofytenfilters (zie ook tekstkader in hoofdstuk 6) worden sterk gestimuleerd. Zoals bij veel nieuwe ontwikkelingen worden door leveranciers de resultaten de reinigingsresultaten zeer rookkleurig voorgesteld en hergebruik van het gereinigde afvalwater als drinkwater zelfs voor mogelijk gehouden. Kleinschalige zuiveringen kunnen echter niet meer dan grootschaligen. Het effluent zal altijd zouten bevatten en ook kunnen endocriene disruptoren voorkomen. Verder zullen Helofytenfilters in de zomer beter functioneren dan in de winter. De ontwikkeling van IBA-systemen is positief voor de waterkwaliteit. Effluenten kunnen desondanks nog wel een nadelige invloed hebben op de slootwaterkwaliteit.

5.5 Endocriene disruptoren

Endocriene disruptoren zijn stoffen die ingrijpen op het endocriene systeem van mens en dier. Het is een verzamelnaam voor een breed scala aan stoffen die allen aangrijpen op de hormoonhuishouding. Zij vormen bij inname dan ook een potentieel gevaar voor de veegezondheid. Sinds kort staan deze stoffen in het middelpunt van de belangstelling, aangezien er steeds meer aanwijzingen komen dat de hormoonhuishouding van de mens en van in het wild levende dieren daadwerkelijk beïnvloed wordt door dergelijke verbindingen.

Een mogelijke indeling is

- Natuurlijke oestrogenen van menselijke oorsprong.
- Xeno-oestrogenen (chemische stoffen met een oestrogeenachtige werking afkomstig van industrieel handelen): zoals alkylphenolen, ftalaten, insecticiden, en PCBs.
- Stoffen van medicinale herkomst: zoals diethylstilbesterol
- Natuurlijke oestrogenen van dierlijke oorsprong die via mest op het land en in het water terechtkomen

Riooloverstorten, maar ook het effluent van rioolwaterzuiveringsinstallaties vormen een bekende maar nog niet voldoende gekwantificeerde bron van dit type verontreiniging. De oestrogene activiteit van rioolwater wordt toegeschreven aan een groot aantal verschillende verbindingen, waaronder bestanddelen van “de pil” en afbraakproducten van oppervlakte actieve stoffen. De gebruikelijke manier om te screenen op de aanwezigheid van endocriene disruptoren is middels bioassays, bijvoorbeeld door vitellogenine productie te meten in mannetjesvissen. Metingen en modelberekeningen geven aan dat er nog heel wat moet gebeuren voordat alle oestrogene activiteit door rioolwaterzuiveringsinstallaties onschadelijk wordt gemaakt.

In een ID rapport (Meijer et al. 1997), onlangs samengevat in een gerenommeerd internationaal tijdschrift (Meijer et al. 1999) wordt gemeld dat het gebruik van oppervlaktewater dat gecontamineerd is door rioolwateroverstorten een negatief effect heeft op de vruchtbaarheids- en productiekenmerken van melkvee. Het is niet uitgesloten dat endocriene disruptoren een belangrijke rol spelen bij dit effect.

5.6 Overige vervuilingbronnen

5.6.1 Verkeer

Van belang voor sloten langs wegen. De belasting is afhankelijk van de afstand van de weg tot de sloot.

5.6.2 Vuilstorten

Afhankelijk van de mate van isolatie van de vuilstort. Oude vuilstorten zijn over het algemeen slecht geïsoleerd.

6 Maatregelen

Maatregelen ter verbetering van de waterkwaliteit kunnen worden genomen op drie niveaus: het niveau van (i) de sloot, (ii) zijn directe omgeving en (iii) meer regionaal. Op het niveau van de sloot hebben de veehouder, maar ook zijn directe burens invloed op de water kwaliteit door de wijze waarop ze in hun bedrijven te werk gaan. Regionaal wordt de invloed van de individuele veehouder klein. Op dit niveau hebben de waterschappen en inrichters mogelijkheid de kwaliteit te beïnvloeden. Hierbij zal vrijwel altijd een samenwerking bestaan tussen o.a. Waterkwaliteit- en kwantiteitbeheerder, Gemeenten, Provincie, Dienst Landelijk Gebied en (plaatselijke) belangengroepen.

Voorstellen om te komen tot wettelijke maatregelen voor de verbetering in klein oppervlaktewater zijn in deze leidraad niet opgenomen. Hiervoor is een goede onderbouwing noodzakelijk. De Vierde Nota Waterhuishouding geeft een actielijst voor de verbetering van de algemene waterkwaliteit en waterbodemkwaliteit. Deze acties zijn vooral gericht op het verminderen van de emissies en mogelijkheden om om te gaan met baggerspecie. Uitvoering van de acties zal ook z'n positieve effecten hebben op het kleine oppervlaktewater. De Vierde Nota geeft verder voor een groot aantal stoffen de streefwaarde (lange termijn) en de minimumkwaliteit (korte termijn) in water, sediment en grondwater.

Maatregelen genomen in andere kaders, zoals KKM (Kwaliteitskeurmerk Melkveehouderij) kunnen in de toekomst medesturend zijn ter verbetering van de waterkwaliteit. Hierbij zal sprake zijn van meekoppelende belangen. Belangen van recreatie en natuurontwikkeling kunnen ook meekoppelend zijn. Beiden hebben immers belang bij een goede waterkwaliteit. Er kan echter ook tegenkoppeling plaatsvinden. Recreatie zorgt immers ook voor een grotere belasting van het water, omdat vanuit pleziervaart en campings plaatsvindt. Ook belangen van natuurontwikkeling hoeven niet altijd parallel te lopen. Met name in West-Nederland bestaan er diverse plannen voor het stimuleren van brakwatervegetatie. De gewenste waterkwaliteiten voor natuurontwikkeling en veedrenking zijn dan tegengesteld.

Te nemen maatregelen zijn weergegeven in tabel 2. In deze tabel wordt een koppeling gemaakt tussen de drie niveaus en de kwaliteitsparameters die in het Protocol een belangrijke rol spelen. Indien in het protocol afwijkingen zijn geconstateerd geven de afwijkingen direct ingang in de tabel. Indien vanuit het protocol zal blijken dat ook andere parameters van belang zijn, moet dit leiden tot een aanpassing van de tabel. De gebruikte waterkwaliteitsparameters zijn:

- Zuurstofgehalte
- Zout
- Stikstof- en fosforgehalten
- Zwavelverbindingen

- Pesticiden
- Microverontreinigingen
- Pathogenen
- Blauwalgen
- Sedimentkwaliteit

Als een beheersmaatregel invloed heeft of invloed kan hebben op een bepaalde parameter, dan staat dit aangegeven met respectievelijk een + of ±. Invloed hebben kan zowel positief als negatief zijn. Als er niets staat, dan is er geen invloed of is het niet bekend of er invloed is. In de één na laatste kolom is weergegeven wie de beheersmaatregel kan uitvoeren. De veehouder (V), de waterkwantiteitsbeheerder (W), de waterkwaliteitsbeheerder (Z), de gemeente (G) of de inrichter van een gebied (I) zoals DLG of een waterschap. De laatste kolom geeft aan in hoeverre een maatregel duurzaam is. Dit is gedaan voor die maatregelen die in z'n algemeenheid een positief effect op de kwaliteit hebben.

De tabel, in feite de kern van deze leidraad, kan worden gebruikt voor:

- Oplossen van een probleem door in de kolom met de betreffende waterkwaliteitsparameter te kijken welke maatregelen er effect op hebben.
- Welke waterkwaliteitsparameters worden beïnvloed door een te nemen maatregel.
- Wie een maatregel kan uitvoeren en daardoor de waterkwaliteit kan beïnvloeden.

+	=	heeft invloed
±	=	kan invloed hebben
V	=	veehouder
W	=	waterkwantiteitsbeheerder
Z	=	waterkwaliteitsbeheerder
G	=	gemeente
I	=	inrichter van het gebied, bijvoorbeeld DLG en Waterschap
1)	=	wel duurzaam, maar kan ook een negatief effect hebben op de waterkwaliteit

Tabel 2. Maatregelen die genomen kunnen worden om de kwaliteit van oppervlaktewater te verbeteren

Maatregel	Waterkwaliteitsparameter										Uitvoerder					Duurzaamheid
	O ₂ gehalte	zout	N en P gehalten	Hormonen	S-verbindingen	Pesticiden	Microverontreinigingen	Pathogenen	Blauwalgen	Sedimentkwaliteit	V	W	Z	G	I	
Agrarische beheersmaatregelen																
<i>Uitspoeling N- en P</i>																
Good agricultural practice	+		+							+	V					
<i>Pesticiden input beperken</i>																
Spuitvrije zones						+				+	V					
Goed nabuurschap						+				+	V					
Beperken oppervlakkige afstroming			+	+		±				+	V					
Lozingsvergunning	±		±	±	±	±	+	+		±		W		G		
Lokaal waterhuishoudkundig																
Interne doorspoeling creëren	+	+			+		±	±								
Windstroming benutten	+	+			+										I	
Compartimentering							+	+		+		W				
Oevervegetatie	+		+								V	W				
Maaionderhoud	+								+		V	W				
Beschoeiing	±										V	W				
Onderbemaling	±	±	+		±					±	V	W				
Regionaal waterhuishoudkundig																
Inlaat gebiedsvreemd water	+	±			+		±									
Sloot baggeren	+		+		+		+	+			V	W				
Peilbeheer (peilfuctuaties)	+	±	+		+					+		W				
Buffergebied	+	±	+	+	+	±	±	+		+					I	
Water conserveren		±										W			I	
Afvalwater																
<i>Ritooloverstorten saneren</i>																
Bergbassins	+	±	+	+	+	±	+	+	±	+			Z	G	I	
Andere locatie overstort	+	±	+	+	+	±	+	+	±	+			Z	G	I	
<i>Erfafvoer voorkomen</i>																
Helofytenfilters aanleggen	+	±	+	±	±	±	+	+	±	±	V					
<i>Diffuse huishoudelijke bronnen</i>																
Aansluiting boerderij op riolering	+	±	+	+	+	±	+	+	±	±			Z			
Aansluiting op helofytenfilters	+	±	+	+	+	±	+	+	±	±	V		Z			
Diversen																
Recreatie	±		±											G	I	
Natuurontwikkeling		±	±											G	I	
Symptombestrijding)																
<i>Verwijderen kroosdek</i>																
Harken	+		+		+			+	+		V					
<i>Beperking gebruik sloot</i>																
Dieren van het land af halen											V					
Sloot afrasteren											V					
Overgaan op leidingwater											V					

6.1 Toelichting op de tabel

In dit onderdeel van de leidraad wordt een nadere toelichting gegeven op maatregelen. Veel maatregelen staan niet ter discussie en een effect zal een ieder duidelijk zijn. In deze toelichting worden mogelijkheden van maatregelen gegeven die nog geen algemene ingang hebben. Tevens wordt gewezen op onderlinge beïnvloeding van maatregelen.

6.1.1 Afscherming voor en zuivering van afvalwater

Het meeste afvalwater wordt in Nederland via rioolzuiveringsinstallaties gezuiverd. Effluenten behoren schoon te zijn, maar zoals al in hoofdstuk 5 staat is er onzekerheid over de afbraak van endocriene disruptoren. Bij een tijdelijke slechtere werking van de zuivering kunnen ook andere stoffen in het oppervlaktewater terecht komen. Bij riooloverstorten en, directe lozing van afvalwater en erfafvoeren kan afvalwater direct in het oppervlaktewater komen. Dit probleem kan worden ondervangen door de omgeving van de lozing te gebruiken als extensieve extra zuivering. Een helofytenfilter biedt hiervoor uitkomst.

Helofytenfilter

Verontreinigd water wordt gereinigd in een veld met bijvoorbeeld rietvegetatie. Het water wordt op het veld gebracht, stroomt tussen de rietplanten door, infiltreert in de bodem en wordt aan de onderzijde opgevangen in een drainagesysteem of aan het einde van het veld geloosd in het oppervlaktewater. De reinigende werking ontstaat door afbraak van verontreinigingen door aërobe of anaërobe micro-organismen. De verontreinigende stoffen worden vastgehouden in de bodem, afgebroken door micro-organismen, opgenomen door de rietvegetatie of worden immobiel door precipitatie als moeilijk oplosbare stof.

Helofytenfilters kunnen worden gebruikt voor verwijderen van een overmaat aan nutriënten, door opname in de rietvegetatie, denitrificatie en door vastlegging van fosfaat als moeilijk oplosbare stof (bijvoorbeeld als ijzerfosfaat). Opgeloste organische verbindingen (bijv. BZV, olieproducten, PAK) worden verwijderd door microbiologische afbraak en zware metalen worden vastgehouden door adsorptie aan het bodemmateriaal of door vastlegging als slecht oplosbare stof. De methode is vooral bruikbaar voor kleinschalige toepassingen omdat nogal wat oppervlak nodig is.

Helofytenfilters lenen zich goed voor zuivering van effluent van rioolwaterzuiveringsinstallaties, afvalwater van sommige industrieën, en voor zuivering van huishoudelijk afvalwater en spoel- en proceswater op landbouwbedrijven in het buitengebied waar geen rioolsysteem aanwezig is. Waterzuiveringsystemen voor stedelijk afvalwater worden steeds volmaakter, waardoor de kwaliteit van het effluent toeneemt. Dit water kan worden gebruikt als aanvulling van het schaarser wordende grondwater door het in een helofytenfilter te leiden, of soms ook direct te infiltreren in de bodem.

Zuinig en efficiënt omgaan met water zal in de toekomst steeds belangrijker worden, zeker in landen waar goed water schaars is. Reiniging en hergebruik van afvalwater zullen dan ook in toenemende mate belangrijk worden. Op lokale schaal kan het helofytenfilter daarbij een rol spelen.

Een helofytenfilter kan worden toegepast op een boerderij. Erfafvoer, afvalwater, of de overloop van een septictank wordt via een met riet ingeplant stuk sloot wat als helofytenfilter dient naar het oppervlaktewater geleid. Voor een riooloverstort of

effluent van een zuivering zijn grotere systemen nodig. Bij de rioolwaterzuivering op Texel is al zo'n systeem in gebruik. In de hoger gelegen gebieden kan een overstort via een helofytenfilter worden geleid. In de laaggelegen gebieden is dit moeilijker, omdat er minder verval is.

6.1.2 Duurzaamheid maatregelen

Effecten van maatregelen zullen niet altijd direct zichtbaar worden. Sloten hebben door aanwezigheid van een waterbodem een lang geheugen. Combinaties van maatregelen zullen het meest effectief zijn. Een riooloverstort saneren begint z'n vruchten af te werpen als de waterbodem ter plekke ook wordt verwijderd. Ook dan nog is het van belang te weten dat 100% verwijdering van verontreinigde waterbodem niet realiseerbaar is. Pas na verloop van jaren zal er een nieuwe 'schone' waterbodem ontstaan.

6.1.3 Tegenstrijdigheid van maatregelen

Waterbeheersmaatregelen die ten allen tijde een positief effect hebben zijn er weinig. Verbeteringen voor de ene sloot kunnen nadelig werken voor de andere sloot. Extra ontwatering via peilverlaging zal in een veengebied leiden tot minder oppervlakkige afstroming. Door oxidatie (mineralisatie) van het veen verhoogt echter het sulfaatgehalte, wat aanleiding kan geven tot onacceptabele H₂S-vorming. De oxidatie zorgt ook voor daling van het maaiveld wat weer om verdere verlaging vraagt. Uiteindelijk kan dit leiden tot een niet gewenste zoute en nutriëntenrijke kwel

De oppervlakkige afstroming voor nutriënten hangt samen met het bemestingsniveau en de ontwateringsdiepte (zie kader).

De hoeveelheid nutriënten die via oppervlakkige afstroming in de sloot kunnen komen hangen in sterke mate samen met het bemestingsniveau en de drooglegging. Hendriks (1993) heeft dit onderzocht voor een aantal klei op veen gebieden:

Eutroof veen in Zuid-Holland
Matig ologotroof veen in Noord-Holland
Sterk Oligotroof veen in Friesland
De oppervlakkige afstroming was in zijn onderzoek de som van run-off en de directe afvoer via scheuren.

Bemestingsniveau in groot vee eenheden	Oppervlakkige afvoer in kg/ha/jaar					
	Ontwateringsdiepte (cm – mv)					
	20		50		70	
	N	P	N	P	N	P
0	1,3-1,9	0	0,7-0,9	0	0,6-1,0	0
1,5	2,1-4,6	0,33-1,09	1,2-1,7	0,22-,78	1,1-1,3	0,23-0,55
2,0	3,8-6,7	0,75-2,45	2,6	0,64-1,92	1,8-2,4	0,55-1,73

Door verdere ontwatering verbetert de draagkracht van de bodem. Er kan echter ook meer oxidatie van de bodem plaatsvinden. Hierdoor verandert de samenstelling van het bovenste grondwater en dit water is medebepalend voor de kwaliteit van het slootwater. Ook hiervoor geldt dat de effecten in veengebieden het grootst zijn. Bij een grotere ontwateringsdiepte spoelt er met name extra magnesium, calcium en sulfaat uit. Het sulfaatgehalte in het water neemt toe van 100 tot 390 mg/l.

Afvoer in kg per ha per jaar bij een hoogpeilsloot en een laagpeilsloot, Zegveld. (Pankow, 1985)

Component	Hoog peil	Laag peil
Magnesium	22	115
Calcium	120	530
Sulfaat	180	1070

6.1.4 Waterinlaten

De structuur van het waterlopen systeem bepaalt de effectiviteit van doorspoelen, waarbij de locatie van in- en uitlaatpunt van belang zijn. Het verlengen van doorstroomwegen verhoogt de effectiviteit. De verversingstijd kan berekend worden voor een periode met waterinlaat als volgt:

$$T = V / Q$$

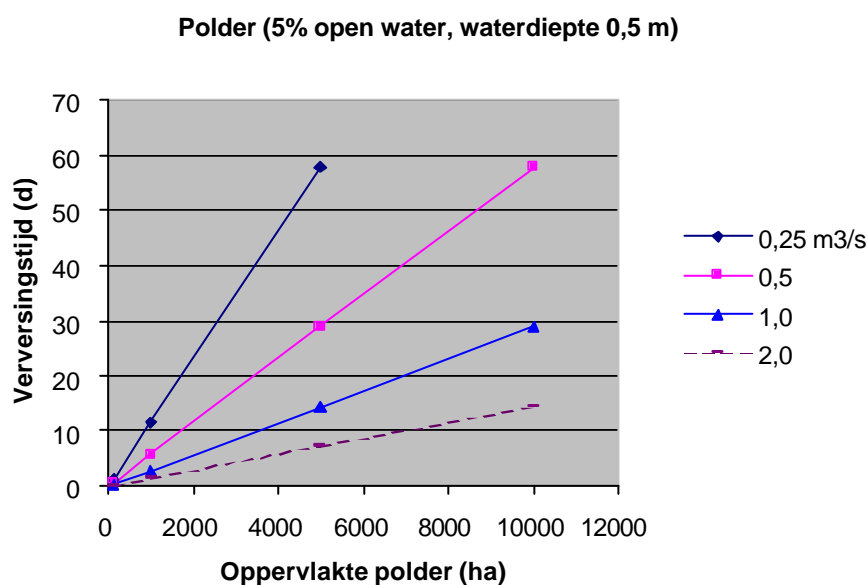
waarin:

T = verversingstijd (d)

V = bergend vermogen van de waterbeheerseenheid (peilvak) (m³)

Q = gemiddeld inlaatdebiet (m³/d)

Op basis van de hierboven gegeven formule is in figuur 8 de verversingstijd weergegeven voor een waterbeheerseenheid met 5% openwater en 0,5 m waterdiepte van de sloten.



ur 8 Verversingstijd voor een waterbeheerseenheid bij verschillende inlaat debieten (percentage open water 5% en waterdiepte sloten 0,5 m)

7 Verdere ontwikkelingen

Zoals in het voorwoord al is aangegeven is de leidraad in de huidige vorm gebaseerd op kennis en vermoedens. Er is niet gekozen voor het eerst hard maken van de vermoedens om dan over enkele jaren te komen tot een wetenschappelijk verantwoorde Leidraad. Er is er voor gekozen om nu al te komen tot een versie die naar eer en geweten is opgesteld. In de komende jaren zullen de vermoedens echter wel hard gemaakt moeten worden. Het kan dan ook gebeuren dat de werkelijkheid anders blijkt te zijn is dan we gedacht hebben, wat zal leiden tot een bijstelling in de te nemen maatregelen. Bijstellingen zullen plaatsvinden op basis van praktijkervaringen en onderzoek. Kritisch gebruik en terugmelding aan de opstellers hetzij direct of via het 'Actieprogramma Waterkwaliteit en Diergezondheid' zijn hierbij van groot belang en worden door de auteurs op prijs gesteld.

Onderzoek vindt plaats op diverse plaatsen in Nederland bij onderzoeksinstituten, waterschappen en landbouworganisaties. Resultaten hiervan zullen gebruikt worden voor de bijstellingen van de Leidraad. Het onderhavige Alterra-onderzoek richt zich als eerste op het identificeren van processen die de waterkwaliteit in sloten beïnvloeden. De volgende stap is dan het kwantificeren van de processen en koppeling te maken met te nemen maatregelen. Dit leidt tot het begrijpen van het geheel, waardoor het mogelijk wordt te komen tot voorspelling van effecten van maatregelen.

De basis hiervoor is een hydrologisch model dat het waterbeheer in een gebied beschrijft. Per proces moet het mogelijk worden te komen tot een risicokaart. Voorbeelden hiervan zijn de verspreiding van afvalwater, mogelijkheid van zoute kwel en nutriëntenaanvoer door peilverlaging. Voor de totale waterkwaliteit moeten de afzonderlijke risico's vervolgens op een "slimme" wijze worden opgeteld.

Risico = *riooloverstort + afvalwater + oppervlakkige afstroming + kwel + kwaliteit waterbodem + recreatie + kroos + peilbeheer +.....*

Zodra een totale risicokaart is gemaakt, is het mogelijk effecten van een maatregel te kwantificeren of te komen tot een prioritering van maatregelen.

Om te komen tot een verbeterde waterkwaliteit is het van belang dat de waterkwaliteit een meer prominente plaats krijgt in het integrale waterbeheer. In het waterbeheer staan veiligheid en wateroverlast nog voorop, zowel op bedrijfsniveau als op het niveau van beheerseenheden. Dit zijn harde uitgangspunten. Waterkwaliteit is zacht, je ziet het meestal niet. In de zomer wordt bijvoorbeeld in de meeste gebieden hetzelfde systeem gebruikt voor aanvoer van water voor de landbouw als voor de afvoer van (gereinigd) afvalwater.

Deze leidraad en ook volgende versies zijn bedoeld als gereedschap voor de praktijk en dienen dan ook aan te sluiten bij de mogelijkheden van de praktijk. Door z'n

opzet kan de leidraad ook medesturend zijn voor ontwikkelingen in het waterbeheer door een verbeterde wisselwerking tussen kwantiteit en kwaliteit. Belangrijk hierbij blijft het stimuleren van de bewustwording bij de diverse actoren, waardoor gekomen kan worden tot zowel een individuele als een gezamenlijke aanpak voor het verbeteren van de waterkwaliteit. Keuzes zullen altijd moeten worden gemaakt; willen we schoon water of droge voeten. De gevolgen van een keuze voor de waterkwaliteit en de consequenties hiervan zullen echter zichtbaar gemaakt moeten worden.

Literatuur

Boeyen, J.H., C.N. Beljaars en R. van Gerve, 1992. Vergroten van waterdiepte in sloten heeft een positief effect op de waterkwaliteit. H2O (25), nr. 16.

Bouwknegt, J., 1992. Windinvloeden in boezemnetwerken. Waterschapsbelangen Commissie Ouwerkerk, 1998. Rapport Commissie Ouwerkerk

DHV, 1995. Handleiding ontwerp randvoorzieningen t.b.v. Noord-Brabantse waterkwaliteitbeheerders. Roermond, DHV. Nov. 1995.

DHV, 1999. Methodiek ter beoordeling van riooloverstorten met betrekking tot waterkwaliteit, volksgezondheid en diergezondheid; Knelpuntcriteria riooloverstorten. Amersfoort, DHV Water BV. Feb. 1999.

Van Dokkum, H.P., M.C.Th. Scholten, D.P.C. van der Veen, S. Huwer en R.G. Jak, 1997. Kwaliteit van boezem- en polderwater rond Burgerbrug (de Zijpe) in relatie tot de gezondheid van weidevee. TNO-MEP Rapport R97393

Van Dokkum, H.P., G.H.M./ Counotte, G.A.L. Meijer en I.H.M. Hovenkamp-Obbema, 1998. Basisdocument referentiewaarden waterkwaliteit – diergezondheid. TNO-MEP Rapport

Van Dokkum, H.P., E.G.M. Klink, G.A.L. Meijer, J. Harmsen, G.H.M. Counotte, J.G. Roest, N.J.G. Broex, 1999. Protocol voor de beoordeling van de kwaliteit van het oppervlaktewater op bruikbaarheid als drinkwater voor vee (in druk)

Hendriks, R.F.A., 1993. Nutrientenbelasting van oppervlaktewater in veenweidegebieden. Rapport 251, DLO-Staring Centrum.

Kamps, J.E.J., H.J. Weering en H. Castenmiller, 1996. Riooloverstorten en weidedrenking. RIZA, rapport 96.052

Kramer, P.R.G., A.M. Huiting, J.E.M. Beurskens en T. Aldenberg, 1997. Verkenning Bodemkwaliteit regionale wateren: huidige en toekomstige gehalten van PAK in slootwater. RIVM Rapport nr. 733007001

Mak, G., 1998. Het ontsnapte land. Stichting Collectieve Propaganda van het Nederlandse Boek.

Meyer, G.A.L., J.A. Wagenaar, J. de Bree en S.F. Spoelstra, 1997. Riooloverstorten: risico's voor de gezondheid van melkvee. ID-DLO Rapport nr 97028

Meijer, G.A.L., J. de Bree, J.A. Wagenaar, en S.F. Spoelstra, 1999. Sewerage overflows put production and fertility of dairy cows at risk. *Journal of Environmental Quality* 28: 1381-1383.

Pankow, J., A. van den Toorn, C.G. Toussaint en J.H.A.M. Steenvoorden, 1985. De gevolgen van pverschillen in open waterpeil op de stoffenbelasting van het water op het regionaal onderzoek centrum te Zegveld. ICW-nota 1652, Wageningen

Pankow, J. A. van den Toorn, O.M. Hooyer en C.W.J. Roest, 1995. Erfafvoeren Schuitembeekstroomgebied: veldonderzoek 1993 – 1994. SC-DLO, Interne Mededeling 349.

Powlson and Jenkinson, *Soil Biol Biochem* 1971, 3, 267-269

Querner, E.P., 1995. Vaststellen maaionderhoud in waterlopen; Hydrologische benadering. *Het Waterschap* 80(4): 170-175.

Querner, E.P. en B.J. Looise, 1997. Landschapsecologische kartering van Nederland: Oppervlaktewater. Wageningen, DLO-Staring Centrum. Rapport 339 (LKN rapport 13).

STOWA, 1993. Ecologische beoordeling en beheer van oppervlaktewater. Beoordelingssysteem voor sloten op basis van macrofyten, macrofauna en epifytische diatomeeën. Stichting Toegepast Onderzoek waterbeheer, no. 93-14.

Verstappen- Boerekamp, J.A.M. en G.M.V.H. Wolters, 1998. Duurzaam watergebruik. PR-Lelystad, Publicatie128.

Vierde Nota Waterhuishouding, Regeringsbeslissing, 1998. Ministerie van Verkeer en Waterstaat

Werkgroep Noord-Holland, 1982. Grond- en oppervlaktewater Noord-Holland benoorden Het IJ. Regionale Studies 16. ICW, Wageningen