

Kroos onder controle?

Problemen met kroosdekken

Grote delen van het Nederlandse oppervlaktewater zijn in de zomer en herfst bedekt met een kroosdek. Dit geldt vooral voor de ondiepe, stagnante en voedselrijke wateren in de lage delen van het land. Zo'n kroosdek bestaat uit een groot aantal kleine drijvende waterplantjes, die behoren tot de familie van de *Lemnaceae* (Eendekroos) of de *Azollaceae* (Kroosvaren).



DRS. P. L. G. M. HESEN
BKH Adviesbureau



IR. J. N. J. BUIJS
BKH Adviesbureau



DRS. J. BLOK
BKH Adviesbureau

De kroosplantjes, die zeer eenvoudig van opbouw zijn, worden ook wel 'fronds' genoemd. Omdat de fronds los op het water drijven en zeer klein zijn, worden ze gemakkelijk meegevoerd door wind en waterstroming. Door deze migratie komen kroosdekken ook regelmatig voor op plekken waar de groeiomstandigheden eigenlijk ongunstig zijn, bijvoorbeeld op kanalen met een sterke stroming en een onrustig wateroppervlak.

De belangrijkste problemen die worden veroorzaakt door kroosdekken zijn het lage zuurstofgehalte in het water en het tegenhouden van licht. De lage zuurstofconcentratie ontstaat doordat een kroosdek de diffusie van zuurstof uit de atmosfeer naar het onderstaande water belemmert. Bij kroosdekken die uit meerdere lagen bestaan vindt aan de onderkant afsterving en biologische afbraak van de fronds plaats, waardoor de zuurstofvraag in het water extra toeneemt. Dit zuurstofverbruik is zeer hoog in het najaar, wanneer het kroos massaal afsterft.

In extreme gevallen leidt zuurstofgebrek door kroosafbraak in het water tot stank en sterfte onder waterorganismen. Uit een indicatieve berekening blijkt dat bij poldersloten met veel kroos in het najaar

Samenvatting

Kroosdekken zorgen in veel kleine wateren in Nederland voor problematische verlaging van het zuurstofgehalte en verarming van de aquatische levensgemeenschap. In opdracht van de STOWA heeft BKH Adviesbureau een studie uitgevoerd naar beheersmaatregelen tegen kroosdekken. Het verzamelen van gegevens over het proces van kroosdekvorming vond plaats via literatuurstudie, veldonderzoek en een enquête onder waterkwaliteitsbeheerders. Op basis van de analyse van de informatie werd een computermodel opgesteld dat de groei en verspreiding van kroos in een poldersloot simuleert. Met behulp van het model werden vervolgens maatregelen geformuleerd.

Uit de studie bleek dat ter voorkoming van kroosdekken op de eerste plaats de eutrofiëring teruggedrongen moet worden. Voor poldersloten zou bij voorkeur de aanvoer van stikstof verminderd moeten worden. De concentratie van deze nutriënt is in de zomer vaak al laag en daarom waarschijnlijk limiterend voor kroosgroei.

Als de nutriëntenconcentratie niet voldoende is verlaagd, kunnen de problemen alleen opgelost worden door het verwijderen van kroos. Zijn de nutriënten wel voldoende groei limiterend dan kan kroosdekvorming verder worden gereduceerd met andere maatregelen, zoals het tegengaan van de overwintering van kroos en het bevorderen van concurrentie door andere watervegetatie.

een BZV belasting optreedt van 1.000 vervuilingseenheden per vierkante kilometer poldergebied. Dit komt overeen met de BZV belasting door ongezuiverd rioolwater van een klein dorp. Door het weghouden van licht onder water leiden kroosdekken tot sterke verarming van de aquatische levensgemeenschap. Verder veroorzaakt de verminderde lichtinval indirect verstoring van de zuurstofhuishouding, omdat – zuurstofproducerende – waterplanten niet tot ontwikkeling komen. Bij gemalen zorgen kroosdekken incidenteel voor problemen door verstopping.

Studie naar beheersmaatregelen

Waterkwaliteitsbeheerders vragen zich al lang af met welke beheersmaatregelen ze de groei en verspreiding van kroos onder controle kunnen krijgen om zo de vorming van kroosdekken terug te dringen en de kwaliteit van het water te verbeteren. Tot dusver bestonden de maatregelen hoofdzakelijk uit het verwijderen van kroosdekken op plekken waar acute problemen optraden. Beheersmaatregelen waarmee op grote schaal kroosdekken kunnen worden voorkomen of bestreden, zijn nog niet ontwikkeld. Dit komt vooral door gebrek aan inzicht in de wijze waarop de dekken worden gevormd.

In opdracht van de STOWA heeft BKH Adviesbureau een uitgebreide studie verricht naar maatregelen tegen kroos [BKH, 1992b]. In de eerste fase werd een literatuurstudie verricht [BKH, 1992a] en een enquête gehouden onder de Nederlandse waterkwaliteitsbeheerders. Op basis van deze informatie werd het proces van kroosdekvorming geanalyseerd.

Daarna vond selectie plaats van de potentiële aangrijpingspunten voor preventieve maatregelen, dat wil zeggen de onderdelen van het proces waarop men maatregelen het best kan richten om dekvorming te voorkomen.

Voor een veel voorkomende praktijk-situatie, namelijk de kroosdekvorming in een poldersloot, werd de kennis over het proces van kroosdekvorming verwerkt in een computermodel. Hiermee kan de groei en migratie van kroos in de sloot worden gesimuleerd. Leemten in kennis over procesparameters van het model werden gevuld met behulp van gegevens uit een veldonderzoek (foto 1). Een hiervan onafhankelijke verzameling gegevens uit het veldonderzoek werd gebruikt voor de validatie van het model. Met behulp van modelsimulaties is de invloed op de kroosdekvorming vastgesteld van de factoren die als aangrijpingspunten zijn geselecteerd voor preventieve maatregelen. Bij de beoordeling van maatregelen die vervolgens is uitgevoerd werden niet alleen preventieve maar ook symptoombestrijdende maatregelen betrokken. Op basis van deze vergelijking werden een beheersstrategie en aanbevelingen opgesteld.

Analyse van kroosdekvorming en aangrijpingspunten voor beheer

Uit de analyse, die zich toespitste op poldersloten, bleek dat de ontwikkeling van kroosdekken drie hoofdfactoren kent:

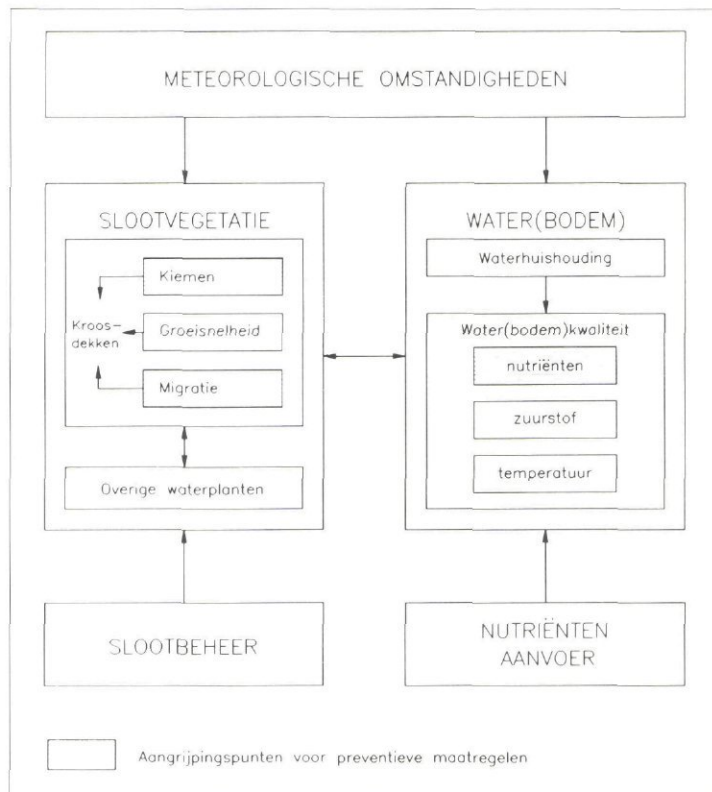
1. Kiemen – hoeveelheid fronds in het voorjaar (na overwintering).
2. Groeisnelheid – resultante van groei en afsterving.
3. Migratie – de verplaatsing van kroos door wind en waterstroming.

Kiemen kunnen fronds zijn die in de waterbodem hebben overwinterd (turionen) of fronds die de hele winter aan het wateroppervlak hebben doorgebracht. Voor zover bekend komen turionen gedurende het hele groeiseizoen vrij uit de waterbodem.

De hoofdfactoren worden beïnvloed door een aantal (sub)factoren zoals weer, waterhuishouding, waterkwaliteit, overige waterplanten en het slootbeheer. De relaties tussen de factoren staan weergegeven in afbeelding 1.

Een belangrijk doel van de studie was het aangeven van het type beheer waarmee de vorming van kroosdekken kan worden voorkomen. Daarom zijn uit het proces van kroosdekvorming factoren geselecteerd die konden dienen als aangrijpingspunten voor preventieve maatregelen. Bij voorkeur moesten deze maatregelen de hoofdfactoren (kiemen, groeisnelheid en migratie) direct beïnvloeden, zodat een goede controle over de kroosdekvorming mogelijk zou zijn. Het kiezen van de factoren 'kiemen' en 'migratie' als aangrijpingspunten was geen probleem, omdat maatregelen die hierop direct effect hebben in de praktijk mogelijk werden geacht. Wat de groeisnelheid betrof lag de situatie niet zo gemakkelijk, omdat hierop alleen via één van de subfactoren kon worden ingegrepen. De subfactor die als mogelijk aangrijpingspunt werd genomen, is de nutriëntenconcentratie. Deze bepaalt in belangrijke mate de groeisnelheid en kan via maatregelen direct worden beïnvloed. Met het computermodel zijn

Afb. 1 - Factoren die kroosdekvorming beïnvloeden en aangrijpingspunten voor preventieve maatregelen.



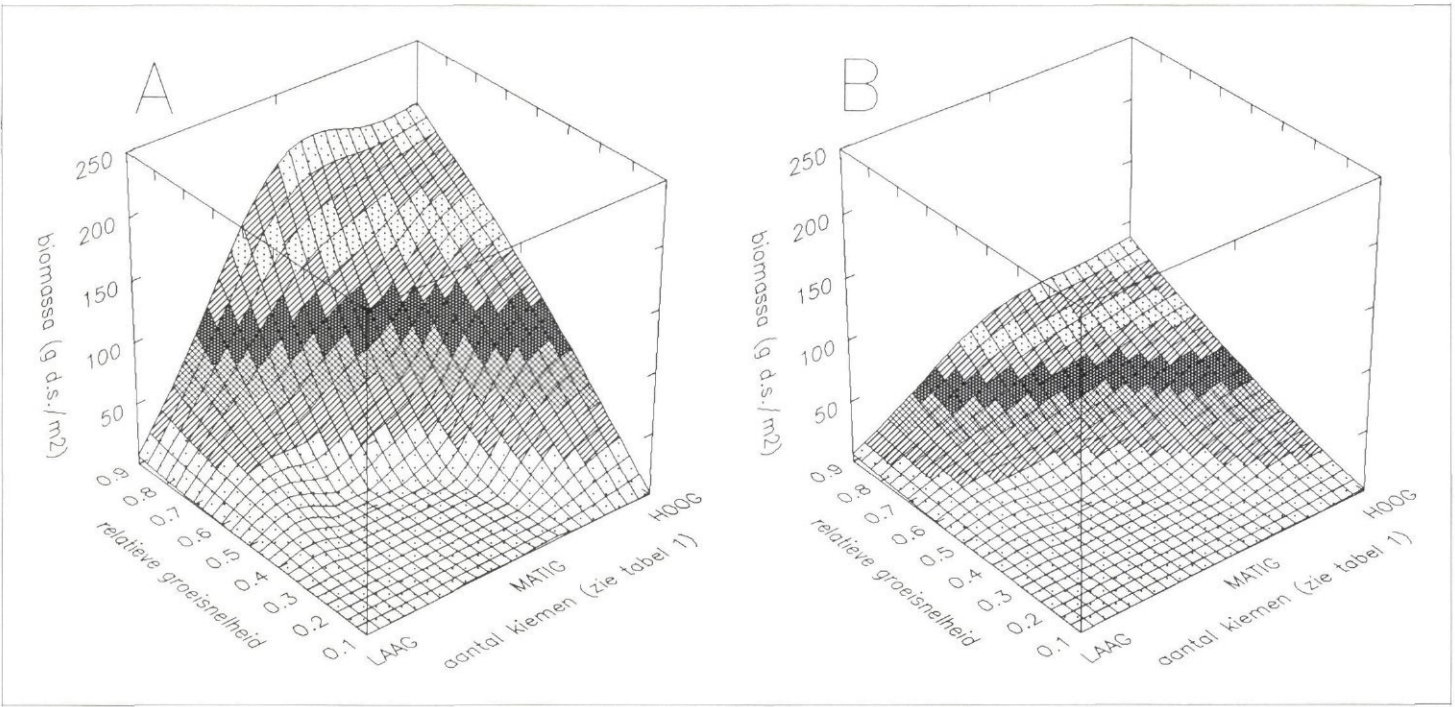
vervolgens berekeningen uitgevoerd om te bepalen op welke van de potentiële aangrijpingspunten de maatregelen het beste kunnen worden gericht. Naast de preventieve maatregelen kunnen symptoombestrijdende maatregelen worden toegepast, namelijk het verwijderen van kroosdekken op verschillende plaatsen: in sloten, bij gemalen en op de boezems. Voor deze maatregelen, die als aangrijpingspunt de kroos-

dekken hebben, vond geen modelmatig onderzoek plaats. Ze werden echter wel betrokken bij de vergelijking van maatregelen.

Uit de analyse werd duidelijk dat het slootbeheer op verschillende manieren via de hierboven geformuleerde aangrijpingspunten van invloed is op de kroosdekvorming. Met het slootbeheer worden de maatregelen bedoeld die tot dusver worden toegepast voor het onderhoud van poldersloten. Dit beheer is vrijwel nooit gericht tegen kroos, maar het heeft hierop wel effect en vormde daarom een bron van informatie voor het formuleren van maatregelen tegen kroosdekvorming. Een onderdeel van het slootbeheer met grote invloed op de kroosdekvorming, is het schonen: het verwijderen van waterplanten in de late zomer en herfst. Deze waterplanten zijn concurrenten van kroos en de plantensoorten die aan het wateroppervlak komen veroorzaken vaak voldoende obstructie om de kroosmigratie te remmen. Het schonen zorgt via het wegnemen van concurrenten en het opheffen van obstructie voor een toename van de groei en de migratie van kroos. Bij obstakels of luwtes in de sloten hoopt het kroos zich vervolgens op tot veelagige dekken. Het neerslagoverschot in de schoningsperiode zorgt op zijn beurt voor stroming in de sloten die veel kroos meevoert naar de grote wateren, waaronder de boezem, zodat ook daar kroosdekken ontstaan.

Foto 1 - Een van de poldersloten waar veldonderzoek is verricht.





Afb. 2 - Gevormde biomassa van kroos aan het einde van het groeiseizoen in een situatie zonder migratie (A) en een situatie met migratie (B), bij verschillende waarden voor aantal kiemen en relatieve groeisnelheid (groeisnelheid gedeeld door de maximale groeisnelheid).

Tot het beheer van poldersloten behoort ook het uitdiepen, dat om de vijf tot tien jaar plaatsvindt. Uit onderzoek van het Zuiveringschap Hollandse Eilanden en Waarden [Boeyen *et al.*, 1992] blijkt dat het uitdiepen van sloten tot 0,5 meter of meer, in enige mate de kroosontwikkeling remt. Waarschijnlijk is dit het gevolg van de lagere watertemperatuur (dus lagere groeisnelheid) en bevordering van concurrentie door andere waterplanten.

Computermodel voor kroosdekvorming

Het model beschrijft de ontwikkeling van kroos onder invloed van watertemperatuur, licht, nutriëntenconcentraties, wind (snelheid en richting), stroomsnelheid van het water, kieming van turionen, belemmering van migratie en hoeveelheid kiemen in het voorjaar. Het resultaat van de simulatie is het verloop in de tijd van de hoeveelheid kroos (in droge stof) in een sloot. Uit de biomassa kan worden afgeleid of er sprake is van een kroosdek. Globaal is dit het geval vanaf 30 gram droge stof kroos per vierkante meter.

De validatie van het model op basis van veldonderzoek kon alleen uitgevoerd worden voor de hoofdfactoren groeisnelheid en kieming. In verband met de modelvalidatie voor migratie leverde het veldonderzoek geen bruikbare informatie op, omdat in de onderzoeksloten nauwelijks verplaatsing van het kroos optrad. Het kroos werd namelijk tegengehouden

door andere watervegetatie die tot aan het wateroppervlak groeide (vooral flab en verschillende soorten waterpest).

Bij de kalibratie van het model bleek dat de berekeningen een grotere kroosbiomassa opleverden dan in het veld werd waargenomen. Dit komt waarschijnlijk door de – concurrerende – invloed van de overige watervegetatie, die nog niet in het model is verwerkt.

Afgezien van het specifieke geldigheidsgebied (een poldersloot), zijn verder de belangrijkste beperkingen van het model:

- de invloed van het kroos op de omgeving (de terugkoppeling) ontbreekt;
- met het model kan de overwintering van kroos niet worden gesimuleerd;
- voor de invloed van de overige vegetatie op de migratie kunnen alleen de situaties zonder blokkering en met volledige blokkering worden berekend. Over de tussenliggende waarden kan vooralsnog geen uitspraak worden gedaan;

– het model rekent met één set van kenmerken voor kroos, in werkelijkheid komen echter meerdere kroossoorten tegelijk voor en is vaak sprake van successie.

Beoordeling van aangrijpingspunten voor beheer

Voor het kiezen van de juiste preventieve maatregelen is het van belang om te weten bij welk van de potentiële aangrijpingspunten het meeste succes kan worden verwacht. Daarom is met behulp van modelsimulatie onderzocht of één van de factoren uit het proces van kroosdek-vorming een dominante invloed heeft. Dit is gedaan door de gevormde biomassa te berekenen aan het einde van het groeiseizoen bij verschillende waarden voor de migratie, hoeveelheid kiemen en de relatieve groeisnelheid (groeisnelheid gedeeld door de maximale groeisnelheid). Voor de migratie is gerekend met een situatie waarin geen migratie optreedt (volledige blokkering) en een situatie met migratie binnen een sloot (geen blok-

TABEL I – Verklaring van de term 'aantal kiemen' in afbeelding 2.

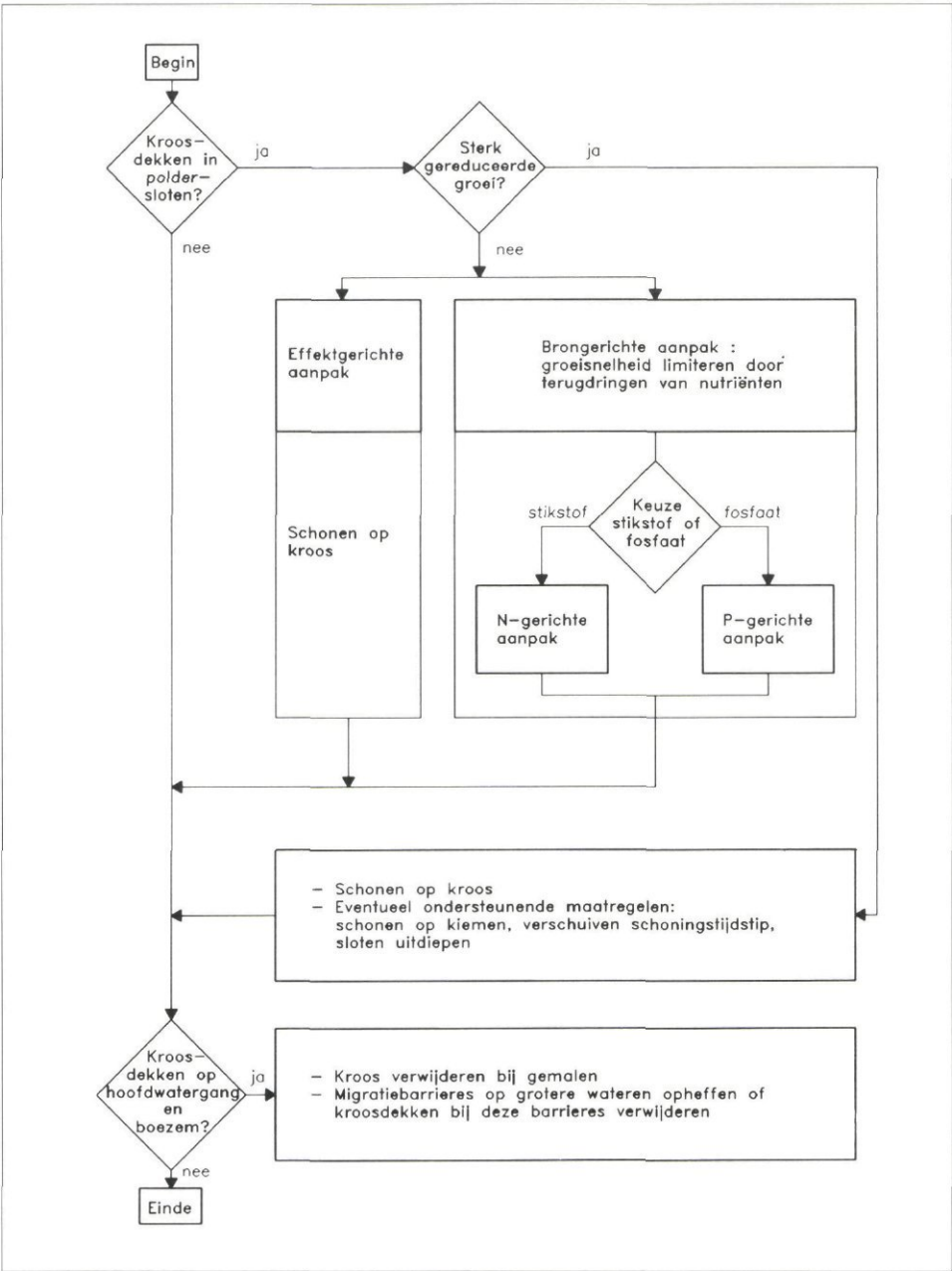
Aantal kiemen	Soort kiemen	
	Fronds die zich aan het begin van het groeiseizoen aan het wateroppervlak bevinden (per m²)	Turionen, d.w.z. fronds die tijdens het groeiseizoen uit de waterbodem komen (per m².dag)
Laag	0,1	0
Matig	10	1
Hoog	1.000	10

kering). De resultaten van de berekeningen staan weergegeven in afbeelding 2. De omschrijving 'aantal kiemen' in deze afbeelding wordt uitgelegd in tabel I. Het blijkt dat de invloed die de factor 'groeisnelheid' heeft op de biomassavorming dominant is over de factor 'kiemen', wanneer de relatieve groeisnelheid een hoge waarde heeft. Dit geldt zowel voor een sloot *met* als een sloot *zonder* migratie. Verder wijzen de berekeningen uit dat, bij hoge relatieve groeisnelheid, de factor 'groei' ook dominant is over de factor 'migratie'. Vergelijking van de onderdelen A en B van afbeelding 2 geeft overigens wel aan dat migratie in een sloot behoorlijke reductie van de biomassavorming oplevert. Een groot deel van het migrerende kroos komt namelijk in dikke kroosdekken terecht, waar het zich niet meer kan vermeerderen.

Uit de modelberekeningen komt naar voren dat de relatieve groeisnelheid van kroos over het algemeen hoog is in poldersloten waar dekken voorkomen. Op basis van de simulaties wordt daarom geconcludeerd dat in die situatie via maatregelen de groeisnelheid verminderd moet worden. Zoals al eerder toegelicht kan de groeisnelheid het best worden beïnvloed via het aangrijpingspunt 'nutriëntenconcentratie'. Pas wanneer de nutriëntenconcentratie, en dus de groeisnelheid, behoorlijk laag is, bieden de factoren 'kiemen' en 'migratie' mogelijkheden als aangrijpingspunten voor preventieve maatregelen.

Beoordeling van beheersmaatregelen

Tabel II geeft een beoordeling van beheersmaatregelen tegen kroosdekken, waaronder zowel preventieve als symptoombestrijdende maatregelen. In het laatste geval is alleen sprake van verwijdering van kroosdekken. De limitatie van de groeisnelheid via beperking van nutriënten is naar verwachting het meest effectief en heeft de hoogste prioriteit, omdat het een maatregel is waarmee het probleem structureel wordt aangepakt. Op grond van laboratoriumproeven kan geconcludeerd worden dat voor voldoende groei-limitatie de concentratie opneembaar stikstof moet worden gereduceerd tot minder dan 0,04 mg N/l of het gehalte opneembaar ortho-fosfaat tot minder dan 0,005 mg P/l. Het veldonderzoek wijst uit dat deze lage stikstofgehalten daadwerkelijk bereikt kunnen worden. Voor fosfaat zijn de zeer lage gehalten in de nabije toekomst niet te



Afb. 3 - Beslisdiagram voor beheersstrategie tegen kroosdekken.

TABEL II - Beoordeling van maatregelen tegen kroosdekken.

Maatregel	Beoordeling
Beperking van nutriënten	- meest effectieve maatregel wanneer kroosgroei onvoldoende is gelimiteerd
Verwijderen van kroos uit sloten	- tijdelijk effect; vooral aantrekkelijk indien het gerealiseerd kan worden door aanpassing van bestaande apparatuur voor schonen; mogelijk ook effect door reductie van het aantal kiemen
Verwijderen van kroos bij gemalen	- tijdelijk effect; aanpassing van bestaande voorzieningen is vereist
Verwijderen van kroos uit de boezem	- tijdelijk effect; incidenteel nodig in het najaar
Uitdiepen van sloten	- beperkt effect, via bevordering van concurrentie en verlaging van watertemperatuur
Slootschonen verschuiven naar de winter	- beperkt effect; de bevordering van kroosdekvorming, die optreedt bij schonen in de herfst, wordt zo voorkomen; in de winter is het meeste kroos afgestorven en zal het schonen niet meer zorgen voor plotselinge snelle groei door het wegvallen van concurrenten
Verwijderen van kiemen uit sloten	- alleen effectief bij voldoende gelimiteerde groei van kroos
Kroosbalken plaatsen of barrières wegnemen	- kan effectief zijn bij gelimiteerd groei van kroos, echter sterk afhankelijk van lokale situatie

Odum, E. P. (1971). *Fundamentals of Ecology*, 3rd Edition, Philadelphia.
 Pearce, D., Markandya, A. and Barbier, E. B. (1989). *Blueprint for a Green Economy*. Earthscan Publications Limited, London.
 Pigou, A. P. (1962). *The Economics of Welfare*. New York, (First Edition, 1920).
 Scitovsky, T. (1954). Two concepts of External Economics. *Journal of Political Economy* 62 (1954) 143.
 WCED (1987). *Our Common Future*. The World Commission on Environment and Development. Oxford, New York, 1987.

● ● ●

Kroos onder controle?

- Slot van pagina 15.

verwezenlijken. Uit veldonderzoek van de provincie Zuid-Holland [1990] blijkt overigens dat dergelijke lage gehalten in de praktijk waarschijnlijk niet nodig zijn. In die studie werd namelijk gevonden dat kroos niet meer dominant is bij concentraties ammonium lager dan 0,1 mg N/l en fosfaatgehalten lager dan 0,15 mg P/l. Het verwijderen van kroos zorgt slechts voor een tijdelijke oplossing van de problemen. Het moet gezien worden als een maatregel ter overbrugging van de periode waarin de nutriënten nog niet voldoende limiterend zijn om kroosdek- vorming sterk te verminderen. Voor de verwijdering van kroosdekken wordt tot dusver geen speciale apparatuur gebruikt, maar enigszins aangepaste werktuigen uit de bouwwereld (met name grijpers). Overige maatregelen, die onderdeel vormen van slootbeheer of gericht zijn op kiemen en migratie, kunnen alleen in combinatie met sterke vermindering van de nutriënten de vorming van kroosdekken verminderen.

Beheersstrategie

Op basis van de verrichte studie is een beslisdiaagram opgesteld om te komen tot een beheersstrategie voor het voorkomen en bestrijden van kroosdekken (afb. 3). Hierin worden de criteria gegeven waarmee een keuze voor beheersmaatregelen kan worden gemaakt. In eerste instantie is het belangrijk om te weten of kroosdekken voorkomen op de sloten. Is dit niet het geval, dan zorgt de ophoping van kroos uit de sloten, via migratie, alleen voor dekken op hoofdwatergang of boezem en dienen aldaar maatregelen te worden getroffen. Voor maatregelen in de sloten is het belangrijk om de mate van groei-limitatie in het veld te kennen. Deze kan bijvoorbeeld gemeten worden met behulp van een veldtoets, waarbij in kleine, afgesloten sloottrajecten regelmatig de kroosbio-

massa gemeten wordt. Door de isolatie van trajecten heeft de – grootschalige – migratie geen invloed op de ontwikkeling van het kroos.

Aanbevelingen

Aanbevolen wordt om het beslisdiaagram voor beheersstrategie in praktijk toe te passen en de mogelijke maatregelen verder uit te werken. Dit houdt in dat studie moet worden verricht naar haalbaarheid van nutriëntenlimitatie voor kroos in (polder)sloten en de wijze waarop dit gebiedsgericht kan worden aangepakt. De techniek voor kroosverwijdering moet verder worden ontwikkeld omdat dit op de korte termijn waarschijnlijk de enige maatregel is waarmee de problemen bestreden kunnen worden. In verband met maatregelen op de lange termijn moet onderzoek worden gedaan naar de praktische uitwerking van de kiemenverwijdering, slootverdieping, verschuiving van schoningstijdstip en kunstmatige beïnvloeding van de migratie. Als conclusie van dit verhaal kan worden gesteld dat er nog veel moet gebeuren voordat de waterkwaliteitsbeheerders in Nederland kunnen zeggen: 'kroos onder controle!'.

Verantwoording

De studie voor de STOWA werd begeleid door een begeleidingscommissie, die ook inhoudelijk een belangrijke bijdrage heeft geleverd. De leden van deze commissie waren: de heer drs. J. van der Does (voorzitter), de heer drs. J. H. Boeyen, mevrouw drs. G. Bolier, de heer drs. M. Schreijer en de heer ir. P. C. Stamperius.

Literatuur

BKH (1992a). *Ontstaan en bestrijden van deklagen van kroos. 1. Literatuur*. STOWA, rapportnr. 92-9.
 BKH (1992b). *Ontstaan en bestrijden van deklagen van kroos. 2. Modelmatige benadering van de kroosontwikkeling en beoordeling van beheersbaarheid*. STOWA, rapportnr. 92-10.
 Boeyen, H., Beljaars, C. N. en Gerve, R. van (1992). *Vergroten van de waterdiepte heeft een positief effect op de waterkwaliteit*. H₂O (25) nr. 16, 432-437.
 Provincie Zuid-Holland (1990). *Ecologische beoordeling van kleine wateren in Zuid-Holland*.

● ● ●

Cursus Gemeentelijk Riolerings Plan

Geoplan organiseert een driedaagse cursus over 'Het Gemeentelijk Riolerings Plan (GRP)'. De cursus vindt plaats op 17, 23 en 24 februari 1994 in Utrecht. Nadere inlichtingen: Geoplan, Emmastraat 28, 1075 HV Amsterdam, telefoon 020 - 67 16 121.