

**Peilbeheer van de Friese boezem
in relatie tot ecosysteem- en waterkwaliteit
in historisch perspectief**



T.H.L. Claassen
Augustus 2008
Wetterskip Fryslân
Leeuwarden

Vooraf

Het peilbeheer van de Friese boezem kent een lange geschiedenis van ongeveer twee eeuwen. Sinds het 'ontstaan' van dit stelsel van aaneengesloten meren en kanalen is meer of minder kunstmatig het peil gereguleerd. Aanvankelijk kende dat regime grote jaarlijkse, van jaar tot jaar wisselende, fluctuaties, deels bewust geregeld, deels vanwege onvoldoende mogelijkheden het in de hand te hebben. Naarmate de tijd verstreek is het waterstandsverloop meer en meer gereguleerd en genivelleerd, waarbij ca. 40 jaar geleden een jaarrond vast streefpeil regel werd. Scheepvaart, landbouw, bewoning en natte infrastructuur hadden daar baat bij.

Het laatste decennium zijn vanuit waterkwaliteits- en natuurbelang wensen geuit te streven naar een meer natuurlijk waterpeilregime, iets van hoe het vroeger was. Die vroegere situatie (1876 was daarbij hét voorbeeldjaar) is ook buiten Friesland regelmatig als voorbeeld gebruikt ter ondersteuning van het belang van een meer natuurlijk peilregime. Bij diverse recente waterhuishoudkundige plannen en studies is het peilbeheer van de Friese boezem, inclusief scenario's voor een ander boezempeil, uitgebreid geanalyseerd en gewogen. Maatschappelijke kosten baten analyses leidden mede tot handhaving van het huidige vaste streefpeil.

Er waren meerdere redenen om dit rapport te maken. Het is goed om de veel geciteerde historische figuren uit 1876 in perspectief te plaatsen: hoe was het toen en hoe is het peilregime langzaam aan veranderd. De sturende factor van het peilbeheer voor waterkwaliteit en ecologie kan dan beter geïnterpreteerd worden en bij compenserende maatregelen (voor het vaste streefpeil) kan gezien worden of die compensatie die sturende factor van weleer voldoende vervangt. Lessen uit het historisch boezempeilverloop kunnen ook toegepast worden in hydrologische afgesloten gebieden waar een meer natuurlijk peilregime wel mogelijk is. Deze informatie kan benut worden bij de nu lopende 5^e eutrofiëringenenquête. Die compensatie is nodig om waterkwaliteitsdoelen van de KRW en instandhoudingsdoelen voor Natura 2000-gebieden te bereiken. Het KRW Innovatieprogramma biedt daartoe kansen. Tevens is hier de meest relevante literatuur (in verwijzende zin) enigszins geordend bijeengebracht.

Inhoudsopgave

Vooraf	3
Inhoudsopgave	4
Inleiding	5
Eutrofiëring, oorzaak en aanpak	6
De Friese boezem	8
De rol van het waterstandverloop op het aquatisch ecosysteem	9
Peilbeheer als sturende factor	13
Historisch verloop van boezemwaterstanden	18
Boezemland	23
Waterkwaliteit	24
Gebiedsgerichte studies	26
Toekomstperspectief	29
Algemene conclusies	31
Literatuur	32
Bijlagen	38

Inleiding

In het project Routekaart Heldere Meren wordt voor de in het Holocene gedeelte van ons land gelegen grotere wateren¹ de ernst en omvang van eutrofiëring anno 2008 in beeld gebracht (Hosper *et al.*, 2007). Dit wordt daarmee de vijfde eutrofiëringsequête van ons land. Resultaten van de derde en vierde eutrofiëringsequête zijn gepubliceerd in resp. de nummers 21 (17) 1988 en 31 (11) 1998 van het tijdschrift *H₂O*. Naast de zomogelijk causale relaties tussen nutriënten (concentraties en belastingen) en de biologische respons (van algen, waterplanten en vis; vergelijkbaar met eerdere eutrofiëringsequêtes, doch nu mede toegespitst op de KRW deelmaatlaten) wordt ook expliciet ingezoomd op knelpunten (stressoren) en oplossingen (maatregelen). Een van die op voorhand benoemde knelpunten is het waterstandsverloop, gestuurd door het peilbeheer. De vaste of soms zelfs omgekeerde streefpeilen vormen dan een knelpunt; instellen van een meer natuurlijk peilregime zou als meest directe oplossing kunnen gelden. Is dit niet (meer) mogelijk, dan moeten daarvoor alternatieve maatregelen gezocht worden. Dit rapport beschrijft dit specifieke (knel)punt van peilbeheer als mogelijke stressor voor herstel van heldere plantenrijke wateren, dan wel als sturende factor voor behoud van nog gezonde, heldere wateren. Naast algemene (landelijke) informatie wordt vooral ingezoomd op de Friese situatie en de Friese boezem. Het is immers niet mogelijk en niet de bedoeling om hier de talrijke (inter)nationale rapporten en publicaties over dit onderwerp inhoudelijk samen te vatten.

Vooraf door emissiereductie van de voedingsstoffen fosfaat en stikstof is sinds een jaar of vijftien de waterkwaliteit in ons land in het algemeen sterk verbeterd. Ongezuiverde puntlozingen behoren vrijwel tot het verleden, het aantal rioolwateroverstorten is teruggebracht, rioolwaterzuiveringsinstallaties zijn geoptimaliseerd, de wet- en regelgeving is aangescherpt en boeren, bedrijven en burgers zijn milieubewuster geworden. Hierdoor zijn slechte situaties opgeheven. Toch is de waterkwaliteit niet wat die moet zijn, zo blijkt bijvoorbeeld uit recente toetsingen aan de doelen van de Kaderrichtlijn Water. Deze onvoldoende waterkwaliteit geldt voor tal van polderwateren en laagveenmoerasgebieden, maar nog duidelijker voor de Friese boezem. Voor het Friese boezemwater is het doorzicht gering, de algensamenstelling duidt op sterk eutroof water, waterplanten ontbreken vrijwel en brasem domineert de visstand. Er zijn meerdere oorzaken die deze onvoldoende ecologische kwaliteit veroorzaken en verder herstel remmen. In dit rapport wordt ingegaan op de rol van het peilbeheer bij deze stagnerende positie van de boezemwaterkwaliteit en op het belang van het peilbeheer als mogelijke stuurknop tot herstel. Het historisch verloop van het boezempeil vormt daarbij de uitgangspunt voor een beschouwing over een toekomstperspectief.

In dit rapport wordt eerst eutrofiëring gerelateerd aan het peilbeheer, waarbij de Friese situatie anno 1876 als voorbeeld is gebruikt. Daarna wordt de Friese boezem gekenschetst en wordt een beeld gegeven van de huidige negatieve invloed van een vast streefpeil op het aquatisch ecosysteem. Vervolgens wordt ingegaan op peildynamiek als sturende ecologische factor. Kernpunt van dit rapport vormen de beelden van het historisch boezempeilverloop. Ook in andere meren in ons land, buiten Friesland, speelt ditzelfde thema; enkele voorbeelden laten dat zien. Het rapport wordt afgesloten met een toekomstperspectief en algemene conclusies. In de bijlagen 2 t/m 5 is informatie uit eerdere interne waterschapsmemo's en notities, aansluitend bij het onderwerp van dit rapport, benut.

¹ Voor de hier niet behandelde kleinere wateren, vooral de sloten, wordt korthedshalve verwezen naar het lopende PLONS project. Zie o.a. Peeters *et al.*, 2007.

Eutrofiëring, oorzaak en aanpak

Na midden jaren '50 van de vorige eeuw werd het probleem van eutrofiëring in ons land steeds meer zichtbaar (Leentvaar, 1970, 1979; 1980; Golterman, 1970, 1973, 1976). In de grotere wateren leidde dat tot sterk door algen groengekleurd water (Keuning, 1985), het verdwijnen van (submerse) waterplantenbegroeiingen en een verschuiving van de visstand (van het snoek-zeelt type naar het brasem-blankvoorn type). Vooral de overmatige (blauw)algengroei, soms met drijfslagvorming en toxineproductie, leidde op vele plaatsen tot ernstige en hinderlijke waterverontreiniging.

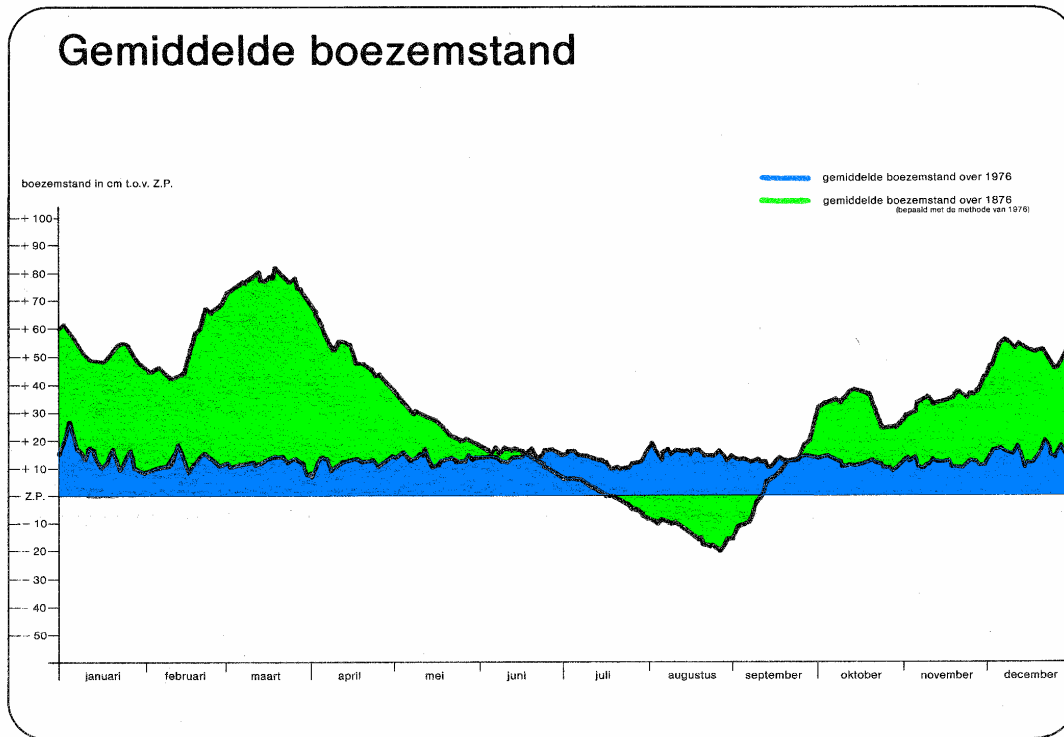
De vanaf 1970 ingezette bestrijding van de waterverontreiniging vormde het begin van de eutrofiëringsaanpak. Eutrofiëring werd vooral bekeken vanuit de overmaat aan voedingsstoffen in het water. Fosfaat werd gezien als de grote boosdoener voor de zoete binnenwateren en de aanpak concentreerde zich dan ook op reductie van fosfaatlozingen. Vele studies beschrijven de relaties tussen nutriëntengehalten en chlorofyl (als maat van de algenbiomassa), zie onder meer De Haan & Moed (1984) voor het Tjeukemeer. In andere studies wordt gefocust op belastingen en balansen (Claassen, 1979, 1986; Maasdam & Claassen, 1997, 1998). Stofbalansen (Olsthoorn, 1986; 1988) vormden veelal het richtsnoer voor deze bron aanpak. Wasmiddelen werden fosfaatvrij en rioolwaterzuiveringsinstallaties gingen defosfateren. Het Rijn Actie Plan en Noordzee Actie Plan vormden daartoe uitwerkingen van belangrijke beleidsbepalende documenten.

Naast deze emissieaanpak volgde kort daarna de watersysteemaanpak, met maatregelen als baggeren van voedselrijke waterbodems, *in situ* fixeren van bodemfosfaat (Boers & Wijesooriya, 1989; Bezuijen, 1996; Tydeman, 2005) en bekalken (Jarvinen & Rask, 1992), geforceerd doorspoelen van wateren (Hosper, 1984), hydrologische isolatie van wateren (De Haan & Hosper, 1988; Claassen, 1997), andere bronnen voor in te laten water (Kwakernaak *et al.*, 1991; Claassen & Thannhauser, 2004; Riegman, 2007), benutten van langere aanvoerweg van in te laten water (Bruins Slot & Claassen, 1999; Delleman & Jorna, 1999) of bezanden van de waterbodem. Bijna gelijktijdig volgden maatregelen, die direct ingrijpen in de biologie van het systeem, zoals biomanipulatie (Klinge *et al.*, 1995; Hosper *et al.*, 1987; Meijer, 2000; Gulati & Van Donk, 2002; Søndergaard *et al.*, 2007) of het uitzetten van waterplanten (Claassen, 2000a). In de toentertijd 'integrale aanpak van de eutrofiëring' (Lappalainen, 1982; Leenen & De Vries, 1986; Boers & van der Molen, 1993) was de invloed van het peilbeheer nog niet in beeld. Dat is verklaarbaar vanwege de toen nog overheersende invloed van in- en externe nutriëntenbelasting en daarmee samenhangende negatieve feedback mechanismen. Ook in het overzicht van maatregelen in Rijdsijk (1996) wordt een meer natuurlijk waterstandsverloop niet als zodanig genoemd. Zijdelings hieraan te relateren noemt hij wel vergroting van de waterdiepte en (tijdelijke) droogzetting.

De invloed van het peilbeheer op de waterkwaliteit, vooral de eutrofiëring, krijgt sinds 15 jaar serieuze belangstelling. In 1994 wezen Hosper *et al.* als een van de eersten op het belang van het peilbeheer bij het ecologisch herstel van meren en plassen. Beelden van het vroegere seizoensmatige waterstandsverloop en de bij hoog water geïnundeerde gebieden (boezemlanden) in Friesland dienden daarbij als voorbeeld en toelichting.

In 1976 bestond de Provinciale Waterstaat van Friesland 100 jaar. Dat was aanleiding om een uitgebreid jaarverslag te maken (PWS, 1978). Aldus werd daarin een figuur opgenomen waarin de gemiddelde boezemwaterstand over 1976 werd vergeleken met die van 1876. In 1876 vertoonde dat verloop een grote seizoensgebonden variatie van bijna een meter met hoge winter- en lage zomerwaterstanden. In de periode half juni - half september van 1876 was de waterstand lager dan het huidige streefpeil, de rest van het jaar aanzienlijk hoger.

Een eeuw later is die variatie geheel verdwenen en vertoont de waterstand slechts enige ruis rondom -0.52 m NAP. In vele publicaties (o.a. Hosper *et al.*, 1994; RWS, 1996; DLN, 1999; Maasdam, 1999; Witteveen + Bos, 1999; Claassen, 2000b; Iwaco, 2002; Coops, 2002; Coops & Hosper, 2002) is die inmiddels bekende figuur 1 overgenomen.



Figuur 1. De gemiddelde boezemwaterstand in 1876 en 1976 (naar PWS, 1978). Het huidige streefpeil van -0.52 m NAP komt overeen met +0.14 m FZP (Fries Zomer Peil, zie kader verderop); FZP komt overeen met -0.66 m NAP.

Naarmate de tijd voortschrijdt en de nutriëntenbelasting en -concentratie van het water lager worden, gaan andere factoren dan de nutriënten een (relatief gezien) belangrijkere rol spelen in de doorbraak (of juist de belemmering) van troebel naar helder water. Verbraseming en als remedie het verwijderen van een overmaat aan Brasem, biomanipulatie, is daar een voorbeeld van (o.a. Riegman, 2007a). Naast het verlagen van de nutriëntenbelasting en het verwijderen van overmaat aan witvis noemt Hosper (1997) een meer natuurlijk waterstandsverloop als sturende factor ten gunste van helder water. Coops & Hosper (2002) en Coops *et al.* (2004) hebben dit verder uitgewerkt en in een schema van beïnvloedingsfactoren (nutriëntenbeheer, visstandbeheer en peilbeheer) weergegeven. Peilbeheer heeft daarbij een directe invloed op de influx van nutriënten, de (oever)vegetatie, filteraars (mosselen) en resuspensie van sediment. Vooral sinds de in 2002 te Balatonfüred (Hongarije) gehouden workshop over de rol van waterstandsfluctuaties voor ondiepe meren (Coops *et al.*, 2002) is er meer wetenschappelijke en gemeenschappelijke erkenning voor deze factor. Vooronderstelling is dat een verminderd, genivelleerd of zelfs omgekeerd waterstandsverloop als stressor wordt aangemerkt. Herstel van een meer natuurlijk waterstandsverloop met hogere winter- en lagere zomerpeilen is dan een herstelmaatregel. Ook de deelnemers van een in oktober 2002 gehouden Europees symposium over Management and conservation of lake littoral vegetation pleitten voor het betrekken van peilfluctuaties bij het waterbeheer (zie bijlage 1).

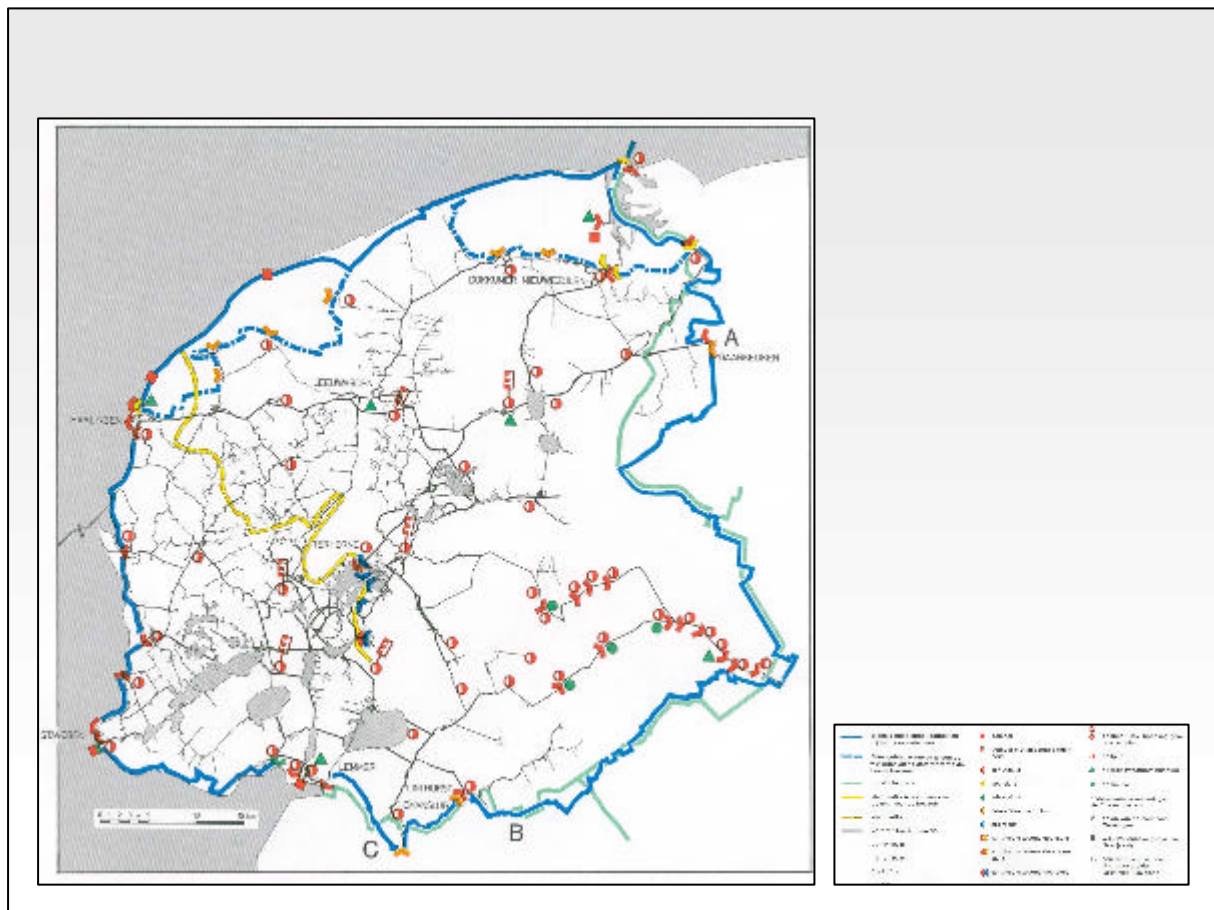
In diverse publicaties (o.a. Rijdsdijk, 1996; Boers *et al.*, 1997; STOWA, 2008) is een stappenschema opgenomen van te nemen maatregelen ter bestrijding van de eutrofiëring en naar herstel van helder water. De voorkeursvolgorde daarbij loopt van emissiereductie of bronmaatregelen via watersysteemmaatregelen (bijvoorbeeld doorspoelen, verdiepen of aangepast peilbeheer) naar interne maatregelen, zoals visstandbeheer en enten van waterplanten. Nu de emissiereductie haar (haalbare en betaalbare) grenzen nadert, worden de andere typen maatregelen crucialer om een omslag van troebel naar helder water te bereiken. De meeste van deze maatregelen beogen het fenomeen van het hysteresis-effect (Scheffer *et al.*, 1993; Hosper, 1997) te doorbreken en die gewenste omslag te bespoedigen.

De Friese boezem

De Friese boezem is het centrale netwerk van onderling verbonden vaarten, kanalen en meren met een totale wateroppervlakte van ruim 15.000 ha. Hiervan beslaan de meren tweederde deel. De oeverlengte bedraagt ongeveer 6000 km. Het gebied dat afwatert op de Friese boezem bedraagt ca. 302.220 ha en komt daarmee grotendeels overeen met het vaste land van de provincie. In het noorden liggen enkele afgescheiden gebieden (Dongerdielen, Ropta en Zwarte Haan), die rechtstreeks afwateren richting Lauwersmeer en Waddenzee, zie figuur 2. Die delen zijn, evenals grote delen van Groningen en Drenthe, voor hun wateraanvoer overigens wel afhankelijk van Fries boezemwater. Dat water wordt 's zomers aangevuld met IJsselmeerwater.

Om het streefpeil van -0.52 m NAP zo goed mogelijk te handhaven wordt bij watertekort IJsselmeerwater ingelaten, en bij een wateroverschot overtollig water onder vrij verval geloosd naar Lauwersmeer (bij Dokkumer Nieuwe Zijlen en Zoutkamp) en Waddenzee (bij Harlingen), en bij Lemmer en Stavoren zonodig uitgemalen naar het IJsselmeer. Met uitzondering van kortdurende perioden van overschrijdingen van het streefpeil lukt het goed het streefpeil te handhaven. De jaarlijkse hoeveelheid ingelaten IJsselmeerwater komt ongeveer overeen met 1 à 2 maal de inhoud van het boezemstelsel. De jaarlijkse af- en doorvoer van water is ongeveer een factor 5 groter (Maasdam & Claassen, 1998), immers inliggende poldergebieden (bijna 200.000 ha) en vrij afstromende hogere gebieden (ruim 64.000 ha) brengen 's winters hun overtollig water op de boezem.

Het huidige waterbeheer van de Friese boezem gaat dus uit van een vast streefpeil van -0.52 m NAP, waarbij de gemiddelde waterstand zo goed mogelijk op dat streefpeil wordt gehouden. Als onderdeel van de studie *Berging en afvoer van water in Fryslân* startte begin 2001 het onderzoek *Variabel peil Friese boezem*. Doel van dit onderzoek was het inzichtelijk maken van de voor- en nadelen van de voortzetting van het huidige peilbeheer met één vast streefpeil ten opzichte van het invoeren van een meer natuurlijk peilbeheer met hogere winter- en lagere zomerstreefpeilen. Alternatieven voor het te voeren peilbeheer zijn beoordeeld op de mate waarin aan functie-eisen en functiewensen wordt voldaan. Daarbij is gekeken naar de belangrijkste functies en belangen, zoals de recreatie- en beroepsscheepvaart, landbouw, bebouwing, de algemene hydrologische en de algemene ecologische functie en de functie water voor natuur (HydroLogic, 2003). De twee laatste functies stellen - vanuit specifieke normen en streefbeelden - onderling vergelijkbare eisen aan het waterstandsverloop. Dat waterstandsverloop speelt voor een aantal van die ecologische parameters een cruciale rol.



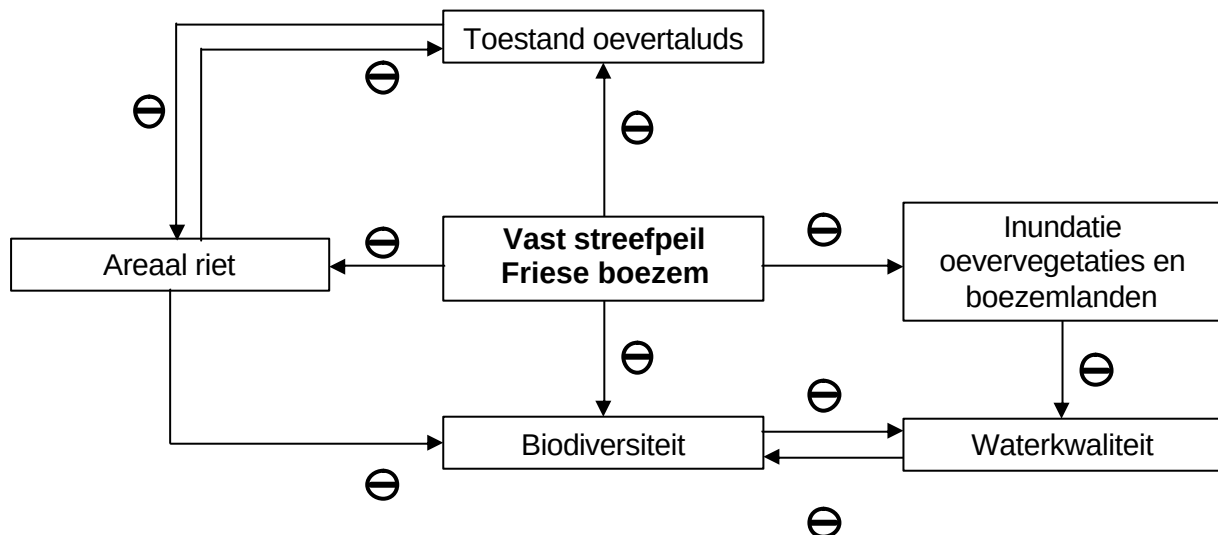
Figuur 2. Het Friese boezemgebied en enkele afzonderlijk afwaterende gebieden in het noorden van de provincie.

De rol van het waterstandverloop op het aquatisch ecosysteem

Bij de factor waterstand en het waterstandsverloop moet voor ons land onderscheid gemaakt worden in drie deelsystemen: 1. Sloten (deels semi-permanent), beken en kanalen in de Pleistocene zandgebieden. Hier is kunstmatige stuwning de factor, die (gegeven het weer) de waterstanden bepaalt. Eutrofiëring is ter plekke maar in beperkte mate een knelpunt, vooral als de verblijftijd van het water (in gestuwde panden) te lang wordt. Eutrofiëring zal zich eerder manifesteren in een overmaat en eenzijdige soortensamenstelling van waterplanten, dan in (overmatige) algengroei. Afwenteling naar benedenstrooms gelegen wateren is wel een punt van aandacht. 2. Sloten, vaarten, petgaten en plassen in de polders van Laag-Nederland. Peilvakken, stuwen, gemalen en inlaatduikers bepalen hier de waterstanden. Gebaseerd op peilbesluiten gelden vaak lagere winter- en hogere zomerpeilen. Deze tegengestelde regimes ten opzichte van wat natuurlijk zou zijn heeft onder meer invloed op de noodzaak tot inlaat van water van elders. Bij een verrijkte macroïonensamenstelling van dat inlaatwater kan dat leiden tot interne eutrofiëring: in het systeem opgeslagen nutriënten worden vrijgemaakt en leiden tot excessieve algen- en/of waterplantengroei (Smolders *et al.*, 2006; Sarneel *et al.*, 2007). Recent is er veel aandacht voor en loopt experimenteel onderzoek naar 'extra hoge zomerpeilen' (ten opzichte van de nu vaak, althans in Friesland, voorkomende lage peilen en grote drooglegging) in het veenweidegebied om de oxidatie en inklinking van het veenpakket te temperen (Rienks *et al.*, 2004). In de verziltingsgevoelige sloten en vaarten langs de kust kan sturing op het peilbeheer gebruikt worden om de brakwaterinvloed te reguleren. 3. Meren en plassen in Laag-Nederland. Dit rapport gaat in op

dit derde deelsysteem, de ondiepe meren en plassen en wel meer in het bijzonder de Friese boezemwateren.

De ecologische toestand van het Friese boezemsysteem is nog verre van gewenst en het peilbeheer lijkt een bepalende factor voor verdere verbetering. In algemene zin is dat al eerder beschreven, zie onder andere het Ecologisch beheersprogramma boezemmeren (Grontmij, 1995), het Beheersprogramma water voor karperachtigen (Witteveen + Bos, 1995) en een studie van Witteveen + Bos (1999). In figuur 3 is samengevat hoe het vaste streefpeil negatieve invloed heeft op de oevers, het voorkomen van (water)riet², natuurwaarden van boezemlanden, biodiversiteit en waterkwaliteit. Die verstarring leidde tot afname van riet- en biezenvegetaties, en daarmee verdwijnen ook belangrijke leefgebieden voor tal van diergroepen, zoals vlinders en libellen, vissen (zoals Snoek, zie Grimm, 1996), riet- en moerasvogels (zoals Grote karekiet, zie Graveland & Coops, 1997) en zoogdieren (zoals Noordse woelmuis, zie Dijkstra, 1997 en Otter, zie Hoekstra, 1991). Omgekeerd zal vergroting van de peildynamiek gunstig zijn voor oevers, oevervegetatie en boezemland. Daarmee zal de oeverbescherming op een meer natuurlijke wijze plaats vinden en kunnen leiden tot afname van kosten voor beheer en onderhoud van oevers en het op diepte houden van wateren. Verbetering van de habitatfunctie en vergroting van het zelfreinigend vermogen zullen leiden tot toename van de biodiversiteit en bijdragen aan een betere waterkwaliteit.



Figuur 3. Verstarring in en langs de Friese boezem als gevolg van een vast streefpeil. – duidt op een negatieve invloed (naar Witteveen + Bos, 1999).

De oevervegetatie en vooral het waterriet langs de Friese boezemwateren gaat sterk achteruit. Een inventarisatie ten behoeve van het IWBP toonde aan dat 15 % van de oevers in een slecht staat en 55 % in een matige staat verkeert. Als belangrijkste knelpunt kwam oeverafslag naar voren, de helft van de oevers is onderhevig aan matige afslag. Er is een duidelijke negatieve relatie tussen afslag en begroeiing.

In het Integraal Waterbeheerplan (IWBP, Friese waterschappen, 2000) werd dit als volgt verwoord: "Voor de oevervegetatie en de mede daarvan afhankelijke stabiliteit van oevers en kaden, de waterkwaliteit, de algemene ecologische functie en de natuurfunctie is op de Friese boezem een winterpeil gewenst dat hoger is dan het zomerpeil". Omdat niet precies bekend was hoe zo'n seizoensgebonden peilverloop er uit moet zien (een kwantitatieve analyse en onderbouwing ontbrak nog) en omdat er vele andere belangen spelen, is in dat zelfde IWBP een onderzoek aangekondigd naar de voor- en nadelen van voortzetting van

² Het ecologische en economische belang van riet is uitgeschreven in bijlage 2.

het huidige peilbeheer ten opzichte van het invoeren van een natuurlijker peilbeheer. Daarbij is, naast de functies zoals landbouw, scheepvaart, recreatie en wonen, ook gekeken naar de algemene ecologische functie en de functie water voor natuur. Dat onderzoek *Variabel peil Friese boezem* is intussen afgerond (Wetterskip Fryslân, 2003; Wetterskip Fryslân & provincie Fryslân, 2005).

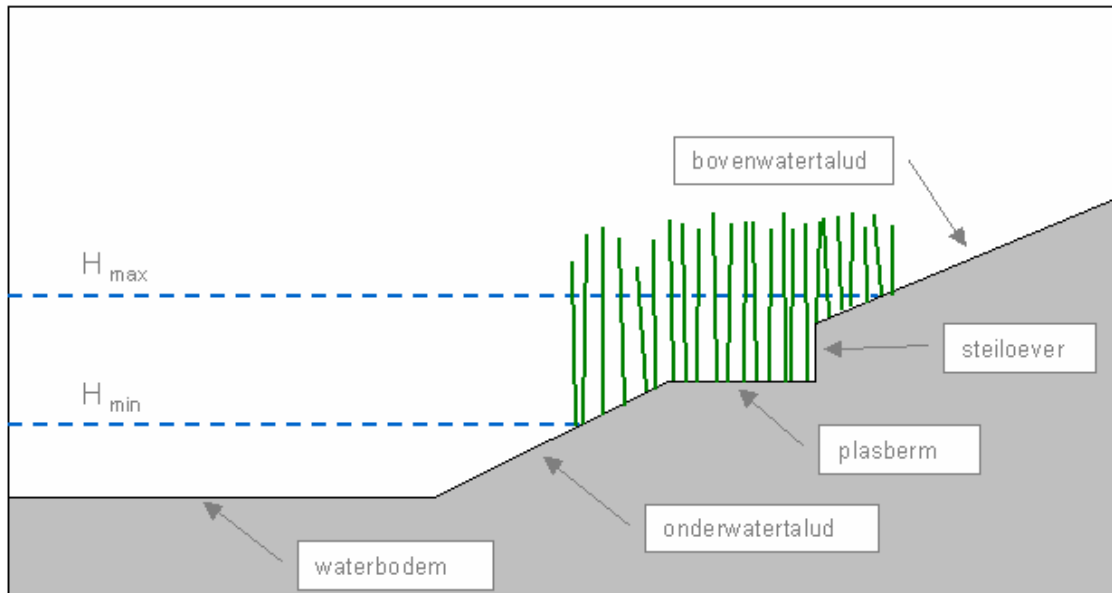
In essentie komen de bevindingen op het volgende neer. 'Een zeker seizoensgebonden waterstandverloop met hogere winter- en lagere zomerpeilen is nodig voor behoud en ontwikkeling van helofytenvegetaties (zoals (water)riet, Kleine lisdodde en Mattenbies) in de natte oeverzones. Die helofytengordel is bepalend voor vastlegging en verwijdering van nutriënten; slibinvang en vastlegging; schuilbiotoop voor roosvis en zoöplankton: biotoop voor overige vegetatie en vooral fauna (kleine zoogdieren, moerasvogels, etc.) en voor bescherming van oevers en kaden. Afwezigheid van een (voldoende) seizoensgebonden waterstandfluctuatatie leidt tot stilstand en achteruitgang van die (water)rietzone en bijgevolg tot achteruitgang van de andere genoemde processen en kenmerken. Voor de Friese boezem wordt een seizoensvariatie van 0.5 m noodzakelijk geacht om deze situatie te behouden. Bij een variatie van 0.4 m ('s zomers 0.2 m lager en 's winters 0.2 m hoger dan het huidige streefpeil van -0.52 m NAP) zal op een aantal plaatsen het (onderwater) oevertalud aangepast / afgevlakt moeten worden voor behoud van die ecologisch gewenste situatie. De huidige situatie in de Friese boezem is er een waarbij de lengte aan beschoeide oevers toeneemt ten koste van oevers met natuurlijke rietbegroeiingen. Waterrietvegetaties gaan achteruit, tonen op verschillende plekken het karakteristieke beeld van "reed die-back", en zijn op een aantal plaatsen al geheel verdwenen. Overige kenmerken van het ecosysteem sluiten hierbij aan: troebel voedselrijk water, algen- en brasemdominantie, en kwijnende roofvis en moerasvogelpopulaties. Mattenbies is teruggedrongen tot lokale plekje in de oeverzone, Grote karekiet is geheel verdwenen'.

Als basis voor dat onderzoek heeft Iwaco (2002) voor een beperkt aantal parameters een relatie vastgesteld tussen peilregimes enerzijds en ecologische respons anderzijds. In tabel 1 zijn die parameters met toetsingswaarden opgenomen: vier voor de algemene ecologische functie en zeven voor de functie water voor natuur.

Tabel 1. Geselecteerde toetsingsparameters met bijbehorende eisen, afhankelijk van de functie. De toetsingswaarden voor Otter en Grote karekiet zijn gerelateerd aan het boezemgebied met de functie water voor natuur (aangepast naar Iwaco, 2002; conform Claassen & Ietswaart, 2003).

functie	eis	toetsingswaarde
algemene ecologische functie (geldend voor het gehele boezemsysteem)	MTR waarde voor totaal P	totaal P < 0.15 mg/l
	MTR waarde voor totaal N	totaal N < 2.2 mg/l
	goed ontwikkelde oevervegetatie	> 10 % van wateroppervlakte
	redelijke snoekstand	> 30 kg/ha
water voor natuur (geldend voor aangewezen deelgebieden)	VR waarde voor totaal P	totaal P < 0.08 mg/l
	VR waarde voor totaal N	totaal N < 1.5 mg/l
	goed ontwikkelde oevervegetatie	> 10 % van wateroppervlakte
	goede snoekstand	> 50 kg/ha
	goed ontwikkelde waterplantenvegetatie	> 10 % van wateroppervlakte
	levensvatbare otterpopulatie	> 40 dieren
	goede populatie Grote karekiet	> 200 paren

Voor alle in tabel 1 genoemde parameters is door Iwaco (2002) een wiskundige formule afgeleid tussen peilregime en parameterwaarde (ecologische respons). De vorm van de oever is belangrijk in die formules. In figuur 4 is een basisvorm weergegeven, waarmee alle oevervormen en varianten van peilregimes in formules zijn beschreven. De waterlijn komt bij het huidige streefpeil overeen met -0.52 m NAP, H_{max} met een fictief hoger winterpeil en H_{min} met een fictief lager zomerpeil. Deze wiskundige relaties maakten het mogelijk scenario's van verschillende peilbeheervarianten door te rekenen op hun verwachte ecologische effecten.



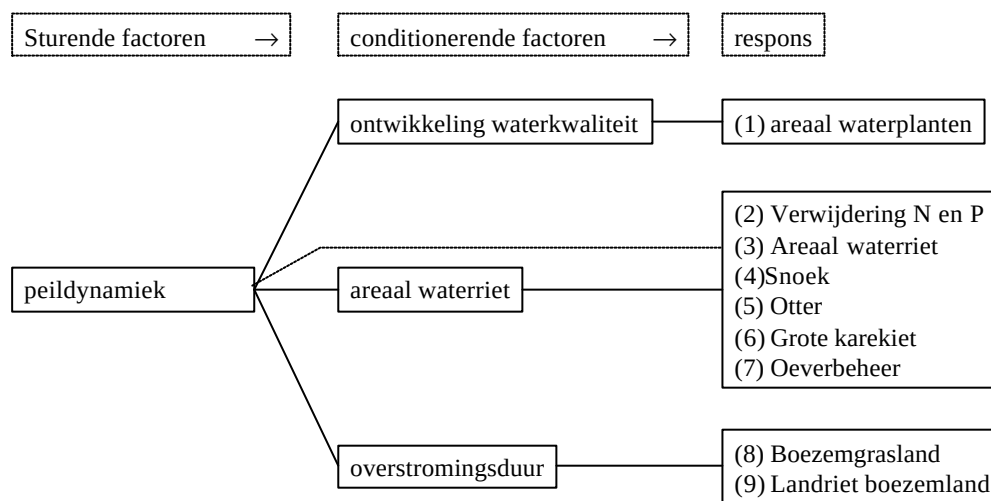
Figuur 4. De geschematiseerde basisvorm van de oever, gebruikt bij de kwantitatieve relaties peilregime – ecologische respons (naar Iwaco, 2002; Claassen & Ietswaart, 2003).

Die wiskundige formules beschrijven daarmee de causale relaties tussen peildynamiek als sturende factor en de ecologische responsparameters. De in tabel 1 genoemde toetsingswaarden sluiten goed aan bij de recente waterkwaliteitsnormen van de KRW en bij de (voorlopige) instandhoudingsdoelen van de Natura 2000-gebieden binnen het Friese boezemgebied. Er zijn minieme verschillen, die echter het wezen van de toetsingswaarden niet ondermijnen. Zo zijn de meeste recente KRW-normwaarden voor ondiepe boezemmeren (type M14) voor fosfaat en stikstof resp. 0.09 mg/l (VR 0.08 mg/l) en 1.3 mg/l (VR 1.5 mg/l) (RBO Rijn-Noord, 2008). Otter en Grote karekiet misstaan niet ten opzichte van de Noordse woelmuis, Bittervoorn, Meervleermuis, etc. als Natura 2000 instandhoudingsdoelen (zie ook Fellingier *et al.*, 2004; Roodzand & Holthuisen, 2008).

In een onderbouwende studie voor een nieuw peilbesluit van de Vlaardingse Vlietlanden (Delflands boezem) zou bij een peilwijziging met een keuze voor een lager streefpeil of een omgekeerd streefpeil een ontheffing van de Flora- en faunawet nodig zijn voor enkele beschermde soorten, zoals Dotterbloem, Brede orchis en Noordse woelmuis (Niewold *et al.*, 2005). Ook het reilen en zeilen van moerasvogels in relatie tot peilbeheer heeft volop aandacht gekregen (Van der Hut, 2000; Vogelbescherming Nederland, 2001; Beusekom *et al.*, 2003; Van den Hoek, 2003a, b; Van der Hut *et al.*, 2008), zie ook bijlage 6. Voor brede rietkragen en waterriet wordt gepleit voor meer natuurlijke waterpeilen, liefst met variatie tussen de jaren. Wymenga *et al.*, 2002 geven aan dat die breedte van de oevers vanuit ecologische overwegingen tenminste 4 m, maar bij voorkeur 6 m breed moeten zijn.

Peilbeheer als sturende factor

In verschillende studies zijn de invloed en het belang van seizoensgebonden wisselende waterstanden onderzocht en aangetoond. In het kader van de uitwerking van KRW-doelen is, naast kunstmatige oeververdediging, het onnatuurlijk peilbeheer de belangrijkste hydromorfologische ingreep (die tevens leidt tot de categorisering van meren en plassen als niet-natuurlijk). Verder geldt voor de biologische beoordeling van meren en plassen dat meer (soorten en structuur van) oever- en waterplanten leiden tot een betere kwaliteitsbeoordeling. In een schema ziet dat er als volgt uit, zie figuur 3. Hierbij gelden zogenaamde 1^e orde (bijvoorbeeld peildynamiek en waterriet) en 2^e orde (bijvoorbeeld waterriet en snoek; zie kader verderop) verbanden³.



Figuur 5. Schema van beïnvloedingsroutes van sturende factor via conditionerende parameter naar biologische respons (naar Iwaco, 2002).

Iwaco (2002) komt tot een driedeling (sturende factor – conditionerende factor – respons):

1. Peildynamiek – areaal waterriet – verwijderen N en P, waterriet, Snoek, Otter, Grote Karekiet en oeverbeheer.

2. Peildynamiek – ontwikkeling waterkwaliteit – areaal waterplanten

3. Peildynamiek – overstromingsduur – boezemgrasland en landriet boezemland.

Het waterstandsverloop in meren en plassen⁴ grijpt op verschillende ecosysteemcomponenten in en is daarmee via meerdere sporen (direct en indirect) van belang voor de respons en kwaliteit van dat systeem. Hier worden die afzonderlijk onderscheiden ecosysteemcomponenten en sporen genoemd:

1.- Aard en omvang van de helofytenbegroeiing langs de oevers. Watergebonden riet, lisdodde en mattenbies zijn hierbij de belangrijkste soorten. Voor deze structuren is een seizoensgebonden waterstandsverloop nodig met hogere winter- en lagere zomerpeilen om die vegetatie te krijgen (via kieming en generatieve verjonging) en te behouden (vanwege vegetatieve uitloop en groei). In ons land zou deze variatie ten minste een halve meter

³ De relatie waterkwaliteit-(water)riet is uitgewerkt in bijlage 3.

⁴ Kleine plasjes, zoals zachte of zure vennen, poelen en dobben, die deels of geheel kunnen droogvallen, en waarbij dat fenomeen bepalend is voor de biologie van die wateren (Van Dam & Buskens, 1993) blijven hier buiten beschouwing.

Waterriet

Helofyten zijn planten, die in de grond wortelen en waarvan de basale delen vrijwel steeds zijn ondergedoken, maar waarvan de bladeren en bloeiwijzen boven water uitsteken, zoals riet, lisdodde en mattenbies. Het zijn kenmerkende soorten van de oevervegetatie. Het waterstandsregime beïnvloedt hun groeimogelijkheden. De oevervegetatie op haar beurt beïnvloedt waterkwaliteitsparameters en kansen voor vissen, moerasvogels en kleine zoogdieren. Riet is daarbij naar voorkomen, groeivorm en functioneren voor habitatvorming, waterzuivering en oeverbescherming de belangrijkste soort en wordt in het algemeen beschouwd als de meest algemene en robuuste helofyt en wordt daarmee veelal vereenzelvigd met helofyten. Bovendien is er veel onderzoek gedaan aan riet, waarbij onderscheid gemaakt moet worden tussen op het land en in het water staand riet. Deze laatste groeivorm is hier verder relevant. Het fenomeen *reed die-back* is door velen en voor vele gebieden beschreven (zie o.a. Ostendorp *et al.*, 1995). Brede regelmatig begroeide oeverzones met waterriet worden smaller en vertonen gaten. Polvormige clusters worden ondermijnd door ontstane open plekken tussen de oever en het resterende riet. Soms vallen (bij sterke golfslag) losstaande pollen riet geheel om. Verjonging treedt nauwelijks op omdat generatieve groei uit zaad niet de kans krijgt zich voor te doen, terwijl ook generatieve uitloop wordt geremd door vaste streefpeilen. Wind, golfslag en ijsgang grijpen steeds op hetzelfde horizontale niveau aan, hetgeen een verdere aantasting van de begroeiing betekent. *Reed die-back* wordt bij vaste peilen verder gestimuleerd door ophoping van organisch materiaal met verstikking en vergiftiging (van het wortelstelsel) als gevolg. Opgehoopt strooisel spoelt niet meer weg uit die oeverzone. Is waterriet eenmaal verdwenen, dan is spontane herstel (bij opnieuw ingestelde grotere peilfluctuaties) nauwelijks mogelijk. Oevers zijn te steil geworden en het geselecteerde resterende fenotype landriet is niet meer in staat zich als waterriet te manifesteren.



moeten bedragen bij meer natuurlijke, geleidelijk hellende oeverprofielen, meer bij steilere oevertaluds (Lohammer, 1965; Ligtvoet & De Jong, 1995; Iwaco, 2002). Dit hoeft misschien niet ieder jaar, maar toch wel zo af en toe. Is het seizoensmatige waterstandsverschil kleiner of afwezig, dan zal bestaande waterrietvegetatie achteruitgaan en zal nieuwvestiging vrijwel onmogelijk zijn.

De ecologische betekenis van deze begroeiing komt voort uit en hangt samen met:

- 1.1- Zuiverende werking van de helofyten, nutriëntenreductie, -vastlegging en -verwijdering (Heckman, 1982; Fiselier, 1987; Sollie, 2007)⁵;
- 1.2- Binding en vastlegging van zwevend stof, en daarmee bijdragend aan helder water;
- 1.3- Biotoop voor roofvis, met name Snoek (Grimm, 1984), en daarmee sturend op witvispredatie;
- 1.4- Oeverbescherming en voorkomen oeverafslag⁶ en daarmee bijdragend aan minder (voedselrijk) bodemmateriaal in het water;
- 1.5- Als semi-aquatisch biotoop een habitat voor vele diersoorten⁷ (Graveland, 1999 voor de Grote karekiet; Wymenga *et al.*, 2002).

⁵ In bijlage 4 is nader ingegaan op de werking van helofytenfilters.

⁶ Ecologische voorwaarden voor goed functionerende (voor)oevers zijn opgenomen in bijlage 5.

⁷ In bijlage 6 is enige literatuur bijeengezet over het belang van (water)riet en moerasvogels.

2.- Aard en omvang van de waterplantenbegroeiing, primair gestuurd door het onderwaterlichtklimaat. Waterplanten zijn voor hun kieming en (jaarlijkse) groei afhankelijk voor de lichtinval op de waterbodem. In (te) troebele wateren kan dit een sterk remmende of algehele blokkade betekenen voor het voorkomen en de groei van waterplanten.

Waterplanten op hun beurt:

2.1- Temperen de turbulentie van het water en de opwerveling van slibdeeltjes (Lohammer, 1966; Madsen *et al.*, 2001; Coops & Hosper, 2002). Lohammer: "Shallow Lake Tåkern is well exposed to the winds, and wave motions of the open water mix the water with mud from the bottom so that the open water is turbid and it is impossible to see the bottom. In large stands of aquatics, where the wave action is blocked, the water clarifies and the bottom becomes visible";

2.2- Dragen bij aan behoud van de helder water fase van meren en plassen, onder meer door competitie met algen, remming algengroei middels allelopatische stoffen en bevorderen denitrificatie en verkleinen bodemwoeling door witvis (Hosper, 1998; Janse *et al.*, 1998; Madsen *et al.*, 2001);

2.3- Vormen een habitat (schuilgelegenheid) voor roofvis en watervlooien;

2.4- Vormen als aquatisch biotoop een habitat voor vele diersoorten;



3.- De natuurkwaliteit van de boezemlanden wordt sterk bepaald door overstroming en overstromingsduur met boezemwater (Spijksma, 1994; Spijksma *et al.*, 1995; Van Diggelen *et al.*, 1996; Bleumink, 2001). Dat geldt zowel voor boezemgrasland als landriet op boezemland (Witteveen + Bos, 1999).

Bij de herleiding van een gewenst waterstandsverloop vanuit de algemene ecologische functie (geldend voor de gehele Friese boezem) en de functie water voor natuur (geldend voor onderdelen van de Friese boezem) zijn meerdere wegen te bewandelen.

- Bij de (meer pragmatische) referentiebenadering wordt primair gestreefd naar een zo natuurlijk mogelijke waterhuishouding, uitgaande van bodemopbouw, geomorfologie en ontstaansgeschiedenis. De waterstand volgt de neerslag- en verdampingsfluctuaties binnen een jaar met hogere winterpeilen en lagere zomerpeilen. De te gebruiken referentie kan zowel historisch (hoe functioneerde het gebied vroeger) als geografisch (hoe functioneren vergelijkbare gebieden elders onder meer natuurlijke omstandigheden) zijn. Het IJsselmeer is aldus uitgebreid vergeleken met Lake Peipsi (Van Eerden *et al.*, 2007); voor de Friese boezem wordt hier de eerste helft van de afgelopen eeuw als referentiekader beschouwd.
- Bij de (meer theoretische) benadering vanuit functie-eisen wordt uitgegaan van door rijk, provincie of waterschap vastgelegde normen, streefbeelden en/of natuurdoeltypen. Het optimale waterregime komt in deze benadering overeen met de hydrologische randvoorwaarden, die nodig zijn om de geldende normen en/of het bepaalde

natuurdoeltype te kunnen realiseren. Aanvankelijk had de KRW deze insteek. Met de Iwaco-studie (2002) kan een ecologisch gewenste waterstandsverloop herleid worden.

- Een derde benadering zou kunnen zijn om door veldexperimenten te achterhalen wat het gewenste waterstandsverloop zou moeten zijn. Effecten op oevervegetatie en -stabiliteit, trofische interacties in het aquatisch ecosysteem en tussen oever en water, etc. kunnen dan empirisch vastgesteld worden. Zo zijn er uitgebreide experimenten in enclosures in het Volkerak-Zoommeer uitgevoerd.

De relatie tussen peilbeheer en oevervegetatie is de laatste jaren uitdrukkelijk onderkend. In tal van publicaties en tijdens vele bijeenkomsten is daar op gewezen. Hier worden slechts enkele voorbeelden daarvan aangehaald. Zo wijdden Clevering (1995), Coops (1996), Lenssen (1998) en Sollie (2007) er hun proefschriften aan. "Het is algemeen bekend dat littorale zones (oeverzones) en de daarin groeiende helofyten grote hoeveelheden nutriënten vast kunnen houden door opslag van nutriënten in de vegetatie, het fysiek vasthouden van organisch materiaal tussen de stengels en door nutriëntenverwijderende processen als denitrificatie. Daarmee is er een mogelijkheid om littorale zones te gebruiken om de waterkwaliteit van ondiepe meren te verbeteren", aldus Sollie. Zij concludeert dan ook dat het aanpassen van het waterpeilregime door meer natuurlijke fluctuaties te introduceren, een positief effect kan hebben op de retentie van nutriënten. De biomassa van riet en het areaal aan begroeide littorale zone neemt toe, de denitrificatie wordt gestimuleerd en meer organisch materiaal wordt vastgehouden. Wanneer een meer nabij het kritische omslagpunt ligt, kan de littorale zone net het verschil maken tussen een heldere en troebele toestand. Verhoeven (2002) wees in zijn oratie op de vele nadelen van een constant waterpeil: "Een van de meest karakteristieke eigenschappen van wetlands in hun fluctuerende waterpeil. Veel moerassen hebben een hoog waterpeil in de winter en een laag peil in de zomer, en onregelmatige, geleidelijke schommelingen".

- In 1996 verscheen de zevende RWS-brochure in de serie Integraal waterbeheer *Peil in beweging*: "Recent onderzoek wijst uit dat water- en oeverplanten in ons land schrikbarend achteruitgaan. Complete biezenvelden zijn verdwenen, rietkragen kalven af. Dat komt vooral door het strakke, tegennatuurlijke peilregime". Wind en golfslag krijgen vrij spel. Bodemslib woelt op, het water blijft troebel en hogere waterplanten redden het niet. Het milieu voor watervlooiën en snoek is ongunstig. Gepleit wordt voor een natuurlijker peilbeheer.

- Naar aanleiding van een in 1997 gehouden workshop met als thema "*Riet in meren en moerassen: functies, bedreigingen en beheer*" verscheen in 1999 het themanummer *Riet* van De Levende Natuur. In negen bijdragen worden verschillende aspecten van oevervegetatie en waterpeildynamiek belicht, met aandacht voor onder andere waterriet, moerasvogels, visfauna en oeverbescherming.

- In november 1999 hield de NecoV een themadag "*Peilbeheer, kansen voor herstel van oevervegetaties*". In verschillende bijdragen werd gepleit voor een natuurlijker peildynamiek om de "ecologische verstarring" als gevolg van de toegenomen beheersing van waterpeilen te doorbreken. Een van de inleidingen, gebaseerd op het onderzoek van Witteveen + Bos (1999), droeg als titel: "Verstarring van de Friese boezem – water wél, maar oevers niet op peil".

- De achteruitgang van rietkragen in het veenweidegebied, met name in de Reeuwijkse Plassen, werd op het symposium "*Rietkragen in en om de Veenplassen*" in september 2001 besproken. Geconcludeerd werd dat defosfateren van inlaatwater geen oplossing biedt voor verbetering van de waterkwaliteit, doch dat juist ingezet moet worden op het laten fluctueren van het waterpeil (Olieman, 2001).

- In internationaal verband is er ook veel aandacht voor peilbeheer en oevervegetatie. Zo is naar aanleiding van de internationale conferentie "Limnology of shallow lakes" in Hongarije

mei 2002 een discussiegroep gevormd rondom de betekenis van waterstandfluctuaties voor structuur en functioneren van ondiepe meren (Coops *et al.*, 2002). Coops & Hosper (2002) beginnen hun artikel als volgt: "Water-level fluctuations are among the major driving forces for shallow lake ecosystems".

- Ook in Friesland wordt steeds duidelijker dat oevervegetatie, met name waterriet achteruitgaat, waarbij verondersteld wordt dat het vaste streefpeil daar vooral debet aan is. Dat is bevestigd door de studie van Witteveen en Bos (1999), waarbij gekeken is naar doelstellingen en streefbeelden voor waterkwaliteit, Riet, Snoek, Grote karekiet, Otter en oeverbescherming. Met het huidige streefpeil kan slechts 20% van die doelstellingen en streefbeelden worden gerealiseerd. Geconcludeerd werd onder meer: "Het tegenwoordig achterwege blijven van een seizoensgebonden peilfluctuatie heeft bijgedragen aan een sterke achteruitgang van riet- en oevervegetaties langs de boezem, alsmede aan de betekenis van boezemlanden als vloedvlakten. Een sterke verarming van de flora en fauna (biodiversiteit) in het boezemsysteem is het gevolg geweest. Zo hangt de achteruitgang van de Snoek, de Grote karekiet en de Noordse woelmuis evenals het verdwijnen van de Otter hiermee samen. Daarnaast heeft de achteruitgang van rietkragen bijgedragen aan een verminderde (natuurlijke) bescherming van de oevers en daarmee een toename van oevererosie. Door het verminderde areaal aan rietvegetaties en het niet of zelden (langdurig) overstromen van boezemlanden is bovendien de werking als 'natuurlijke zuivering' van het water afgenomen". Zoals hiervoor vermeld heeft Iwaco (2002) deze verbanden gekwantificeerd. Het IWBP (Friese waterschappen, 2000) verwoordde dit als volgt: "Omdat in ons klimaat de winterperiode natter is dan de zomerperiode komen van nature in de winter hogere waterstanden voor. Aan (oppervlakte)water gerelateerde ecosystemen zijn voor een goed functioneren onder andere hiervan afhankelijk. In het thans gevoerde peilbeheer wordt hiermee geen rekening gehouden. Diverse vegetaties, waaronder rietoevers langs de Friese boezem, zijn daardoor in omvang en vitaliteit teruggelopen".

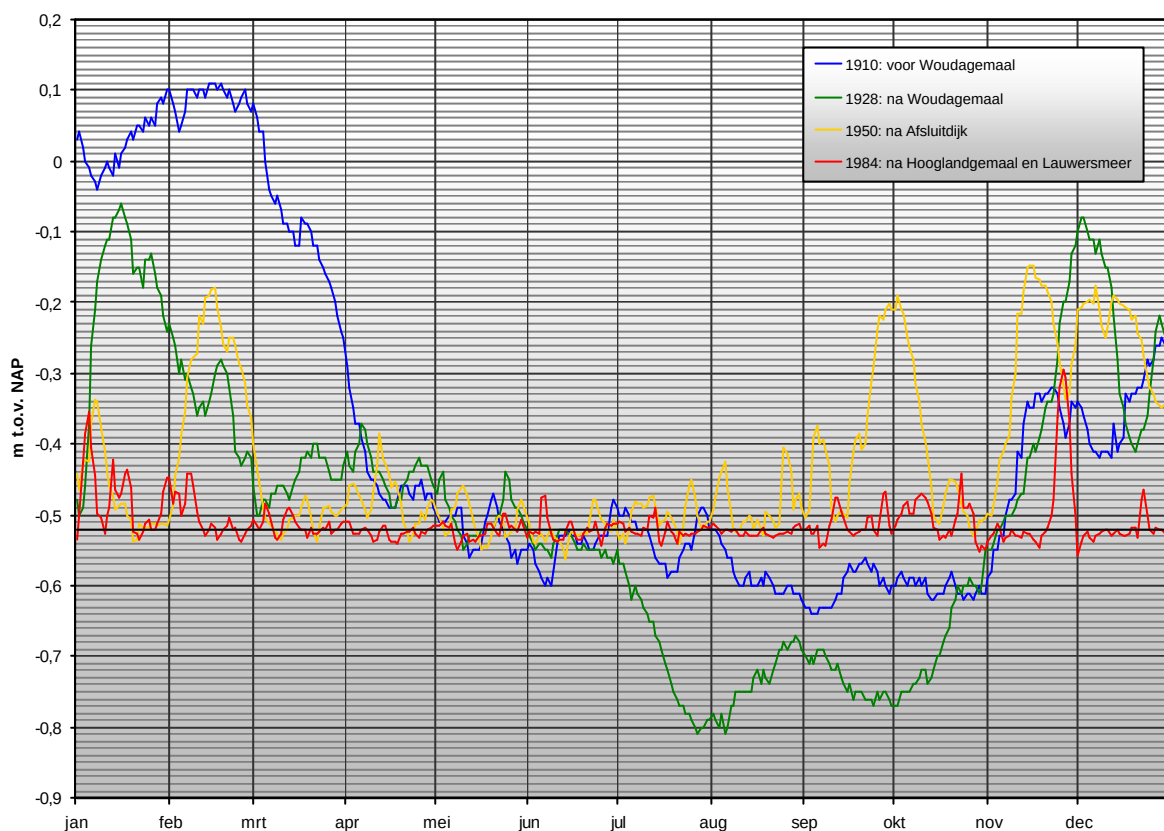


Witteveen + Bos (1999) en Iwaco (2002) beschrijven uitgebreid het ecologische netwerk en de afzonderlijke ecologische relaties en invloed van peilbeheer op de ecologie van het water. Witteveen + Bos (1999): schema's met invloed van vast peil en van effect vergroting peildynamiek, zie o.a. figuur 3. Iwaco (2002): schema's van directe en indirecte invloed van peildynamiek op conditionerende factoren en biologische respons, zie o.a. figuur 5. Veel relaties zijn kwantitatief, causaal beschreven ten behoeve van scenarioberekeningen.

Historisch verloop van boezemwaterstanden

De waterstanden van de Friese boezem zijn altijd goed bijgehouden, al bijna 150 jaar lang. Er is een overzicht gemaakt van de gemiddelde jaarlijkse boezemwaterstanden⁸ gedurende de afgelopen eeuw (1900 t/m 2006). Dat maakt een analyse mogelijk van veranderingen, die in de afgelopen eeuw plaats vonden. Wanneer de gemiddelde jaarlijkse waterstanden van begin vorige eeuw worden bekeken, vormt het jaar 1876 daarop geen uitzondering. Er is van jaar tot jaar wel een behoorlijke variatie, blijkbaar afhankelijk van weersomstandigheden (vergelijk de zomerperioden van 1910 en 1928 in figuur 6). Naarmate de tijd voortschrijdt, vindt echter afname van extreme waterstanden plaats.

In figuur 6 zijn, voor vier perioden van toenemende waterhuishoudkundige voorzieningen aan de boezem (zie ook figuur 2), gemiddelde waterstanden gegeven van vier willekeurige jaren (1910, 1928, 1950 en 1984). Naarmate de tijd voortschrijdt, worden de pieken van



Figuur 6. Verloop van de gemiddelde boezemwaterstand voor de jaren 1910, 1928, 1950 en 1984 (zie ook Claassen, 2004).

⁸ Bepaling gemiddelde boezemwaterstand:

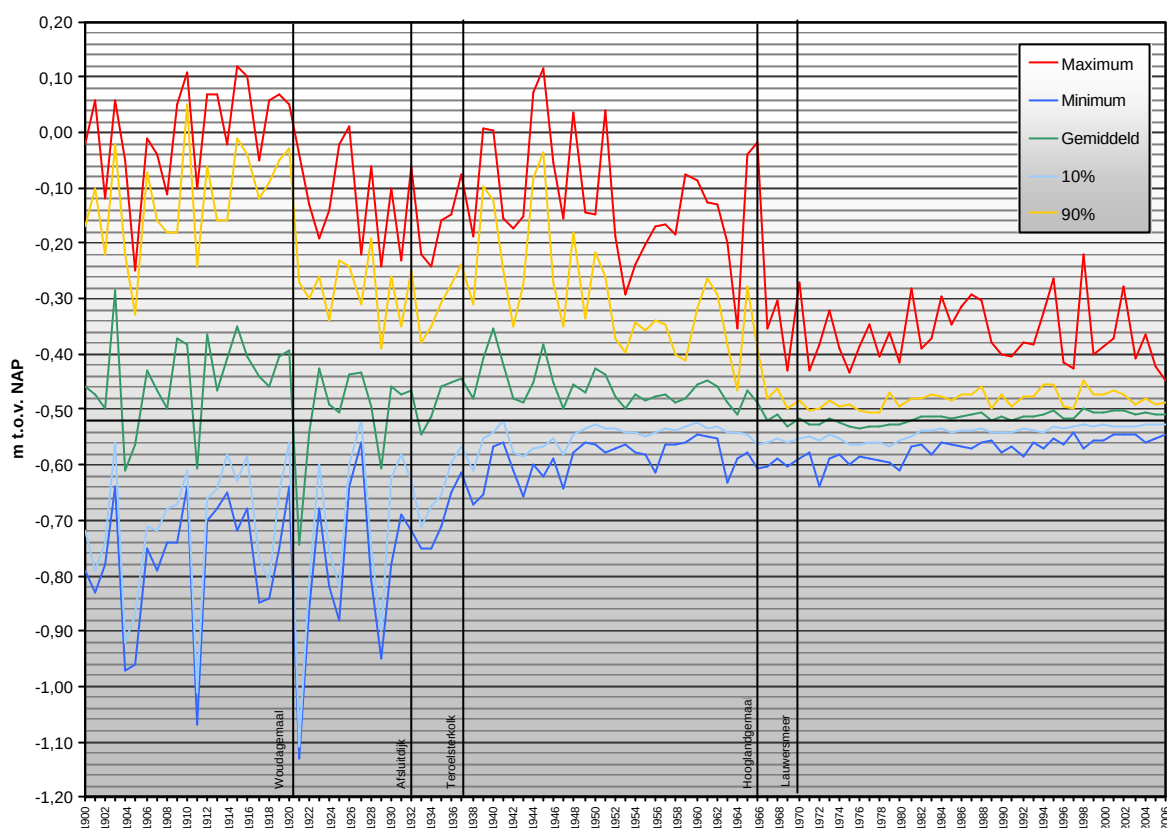
- vanaf 1 januari 1900 zijn de waterstanden afgelezen van grafieken; hoogstwaarschijnlijk is de gemiddelde boezemwaterstand het gemiddelde van de waterstanden te Bergumerdam, Nesserzijk, Oosterlittens, Scharsterbrug, Sneek, Woudsend en Leeuwarden.
- vanaf 1 januari 1934 het gemiddelde van de waterstanden te Bergumerdam, Nesserzijk, Oosterlittens, Scharsterbrug, Sneek, Woudsend en Leeuwarden.
- vanaf 1 april 1951 gemiddelde van de waterstanden te Bergumerdam, Nesserzijk, Scharsterbrug, Sneek, Woudsend en Leeuwarden, waarbij de waterstand van Scharsterbrug 2x meetelt en die van Woudsend 4x.

hoge waterstanden lager en duren korter. Achtereenvolgens verminderen het Woudagemaal (1920), het Hooglandgemaal (1966) en de afsluiting van de Lauwerszee (1969) hoge winterwaterstanden. Na de afsluiting van de Zuiderzee en de mogelijkheid tot inlaat van zoet IJsselmeerwater (vanaf juni 1934 via rinketten van diverse schutsluizen, vanaf 1938 via Teroelsterkolk bij Lemmer en vanaf 1952 via Tacozijsluis) zijn waterstanden beneden het huidige streefpeil hooguit centimeterkwesties. Het natuurlijke peilregime toonde globaal lage zomerwaterstanden in de maanden juli t/m oktober en hoge winterwaterstanden in de wintermaanden november t/m maart. De min of meer 'normale' waterstanden in de maanden april t/m juni rondom het huidige streefpeil van -0.52 m NAP zijn waarschijnlijk een gevolg van menselijk handelen, aangestuurd door een Staten-uitspraak uit 1828 (zie verderop bij Boezemland).

Het is interessant na te gaan hoe die nivellering zich in de tijd voltrok. Daartoe zijn de jaarlijkse gemiddelde waterstandsverlopen van de Friese boezem voor de afgelopen eeuw bewerkt. De figuren 7, 8 en 9 vormen een abstractie van de gemiddelde boezemwaterstanden van ruim honderd afzonderlijke jaar (1900 t/m 2006). Opgemerkt zij dat op plekken binnen de boezem (nabij inlaatpunten van IJsselmeerwater, nabij lozingspunten van overtollig water en door opwaaiing aan de randen van de boezem) de waterstand soms behoorlijk kan afwijken van het gebiedsgemiddelde (HydroLogic, 2003). Deze kortdurende scheefstand kan oplopen tot ongeveer 1 m peilverschil tussen de randen van het boezemsysteem.

In figuur 7 is de jaarlijkse spreiding in de gemiddelde boezemwaterstand weergegeven (los van het seizoensverloop). In de eerste twee decennia van de 20^e eeuw is een grote en langdurig verschil van 0.7 à 1.0 m aanwezig tussen zomer- en winterwaterstanden, met bovendien grote verschillen van jaar tot jaar. Het effect van het Woudagemaal is vooral een daling van extreem hoge waterstanden (in de winter), waarbij de 90-percentiel waarde (de hoogste waterstand na weglating van de 36 dagen met de hoogste waterstanden) na 1920 opmerkelijk daalt met ca. 0.2 m. Ofwel: het effect van het Woudagemaal op de periode met langdurige hoge waterstanden is groter dan op de maximale waterstanden zelf. Pas na 1966 (bouw Hooglandgemaal) nemen de maximum waterstanden sterk af. De middels een eigen bemaling van de boezem afgekoppelde gebieden Dongerdielen (sinds 1931), Zwarte Haan en Roptazijsluis (beide sinds 1972) hebben vrijwel geen zichtbaar effect op de maximum boezemwaterstanden veroorzaakt.

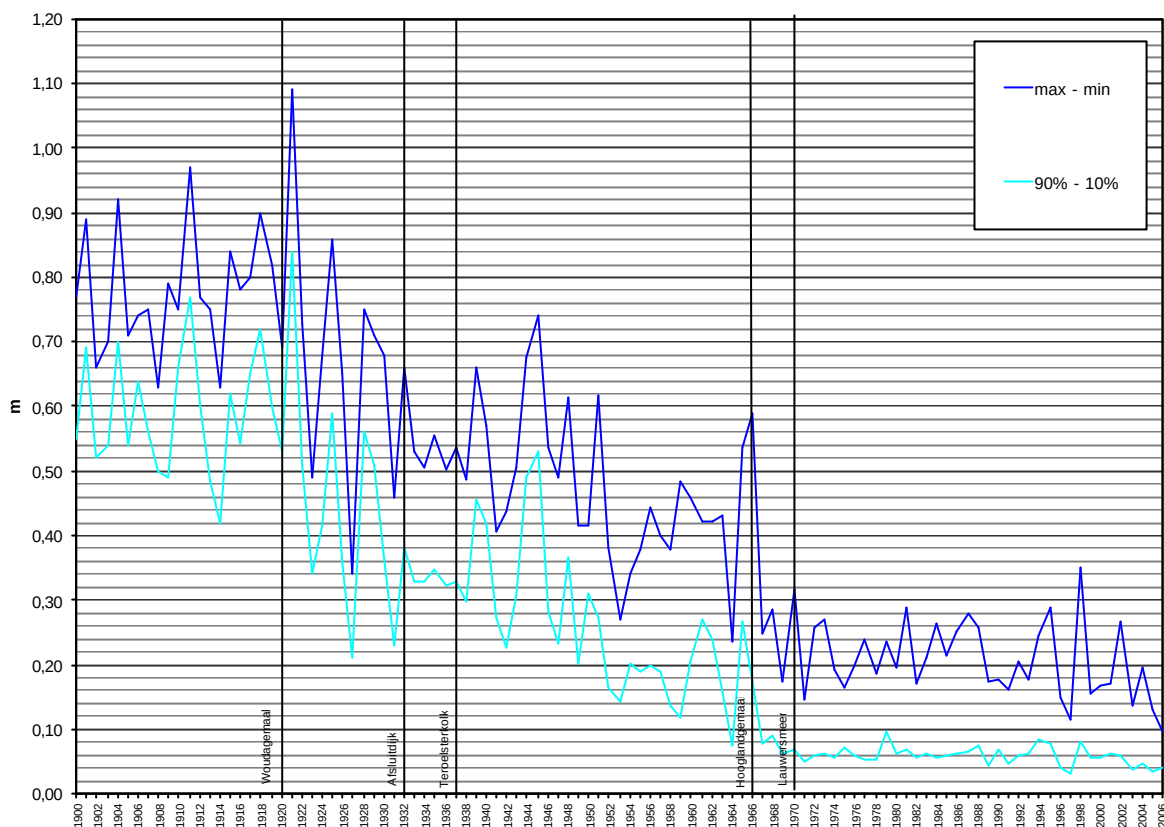
Kort na voltooiing van de Afsluitdijk kan zoet IJsselmeerwater worden ingelaten. Langer durende en grote onderschrijdingen van het streefpeil komen daarna niet meer voor. Wel stijgen de maximum waterstanden aanvankelijk weer iets, dit vanwege de verminderde lozingscapaciteit bij de diverse IJsselmeersluizen. Het IJsselmeer kent geen laag water meer, zoals daarvoor de Zuiderzee bij eb. Door een gewijzigd peilbeheer en vooral door optimalisatie van grote scheepvaartwegen, zoals het Prinses Margrietkanaal en het Van Harinxmakanaal, en de bouw van de Tsjerk Hiddessluizen te Harlingen dalen de maxima geleidelijk tot eind jaren '60. De bouw van het Hooglandgemaal te Stavoren in 1966 en de afsluiting van de Lauwerszee in 1969 vormen het (voorlopige) sluitstuk voor de peilbeheersing van de Friese boezem. Sinds 1970 is het gemiddelde boezempeil vrijwel exact -0.52 m NAP en ligt daarmee enkele centimeters lager dan daarvoor. Dit streefpeil is overigens in 1987 voor eerst vastgelegd in de Peilverordening Friesland en in 1999 formeel bekrachtigd in het Peilbesluit voor de Friese boezem.



Figuur 7. Overzicht van de gemiddelde boezemwaterstand de afgelopen eeuw, met de gemiddelde maximale en minimale waterstanden, alsmede de gemiddelde (maximale en minimale) waterstanden na aftrek van de 36 dagen per jaar met de hoogste resp. laagste waterstanden (aangepast naar Claassen & Ietswaart, 2003).

De gemiddelde boezemwaterstanden de afgelopen eeuw vertonen (tot ca. 1970) grote jaarlijkse verschillen. Dat geldt zowel voor de hoogte en duur van de hoge winterwaterstanden als voor de lage zomerwaterstanden. In figuur 8 zijn de jaarlijkse verschillen tussen maximum en minimum in de gemiddelde boezemwaterstanden weergegeven. Deze seizoensvariatie neemt af naarmate de jaren voortschrijden. Van Eerden *et al.* (2007) beschrijven een vergelijkbaar beeld voor het IJsselmeer en Lake Peipsi. Het IJsselmeer is vergelijkbaar met de situatie in de Friese boezem de laatste decennia, terwijl Lake Peipsi gelijkenis vertoont met de situatie in de Friese boezem van begin vorige eeuw.

In de periode tot 1920 varieerde de gemiddelde jaarlijkse waterstand ieder jaar tenminste 65 cm, nu is dat nog slechts 10 tot 20 cm. In tabel 2 is dit in de loop der jaren afnemend peilverschil samengevat. Bemaling (Woudagemaal 1920, Hooglandgemaal 1996) en betere afvoer (Lauwersmeer 1969) zorgen voor afname van de hoge waterstanden. Inlaat van IJsselmeerwater (Afsluitdijk na 1932 en Teroelsterkolk 1937) zorgen voor afname lage waterstanden. Opmerkelijk is de daling van de hogere waterstanden na 1952 (inlaatsluis Taczijl nabij Lemmer). Blijkbaar is de zekerheid van voldoende inlaatcapaciteit van zoet IJsselmeerwater reden om overtollig winterwater niet langer te sparen voor de drogere zomers, maar voortaan tijdig af te voeren.



Figuur 8. Het verschil tussen de jaarlijks hoogste en laagste gemiddelde boezemwaterstand en tussen de 90- en 10-percentielwaarde.

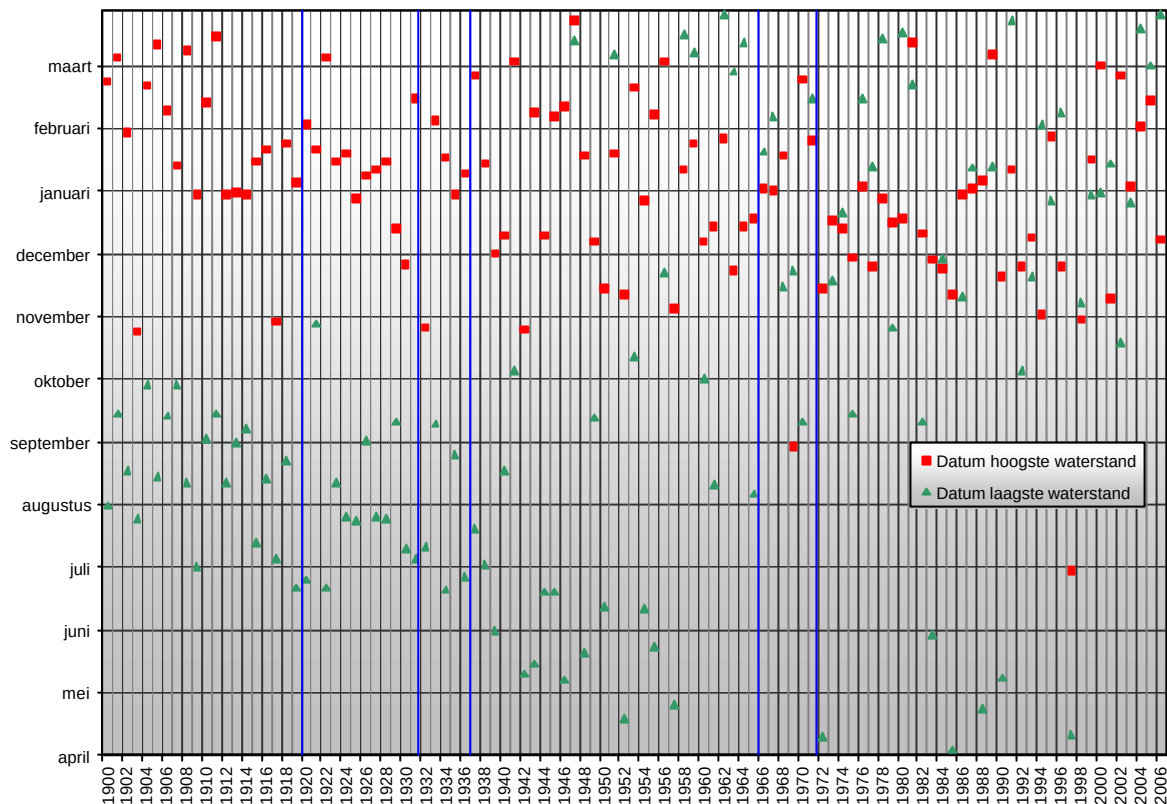
Naast de sterke afname van de jaarlijkse dynamiek in het waterstandsverloop veranderen ook de tijdstippen in het jaar, waarop of de maximum of de minimum waterstand optreedt. In figuur 9 is dat weergegeven. De maximum waterstanden blijven goeddeels beperkt tot het winterhalfjaar (van eind oktober tot medio maart). Wel treedt er een geringe verschuiving, vervroeging op van hoogste waterstanden van merendeels januari t/m maart naar november t/m februari, verklaarbaar vanwege de met de tijd minder lage zomerwaterstanden. Opmerkelijker is de verandering in de dagen met de laagste waterstanden. Tot 1937 vallen deze dagen in de periode medio juni tot eind oktober. Na de afsluiting van de Zuiderzee en inlaat van zoet IJsselmeerwater lijkt iedere seizoeninvloed waarop de laagste waterstanden voorkomen verdwenen. Sterker nog: de laagste waterstanden komen na 1970 vrijwel niet meer in de zomermaanden (juni t/m augustus) voor.

Tabel 2. Orde van grootte van de jaarlijks optredende amplitude (tussen maximum en minimum en tussen 90- en 10-percentielwaarden) in cm van het gemiddelde boezempeil voor vijf perioden. Vergelijk met figuren 7 en 8.

peilverschil	maximum minus minimum	90 minus 10 percentiel
periode	jaarlijks absoluut verschil	jaarlijks absoluut verschil
Voor 1920	65-110	45-70
1920-1937	50-80	30-55
1937-1952	40-70	20-50
1952-1970	30-50	10-25
Na 1970	15-30	4-8

Sinds 1970 kent de Friese boezem dus een stringent vast streefpeil van -0.52 m NAP. Kunstwerken (zie figuur 2) maken handhaving van dat streefpeil goed mogelijk, waarbij

zoveel als mogelijk daarop wordt gestuurd. De aanzet en overgang naar dat vastere peil is ontstaan in 1920, dus binnen een periode van precies 50 jaar is de natuurlijke seizoensdynamiek van bijna 1 meter geheel genivelleerd. De aanleg van steeds meer en hogere kades en harde beschoeiingen maakte de overgang land-water extra scherp.



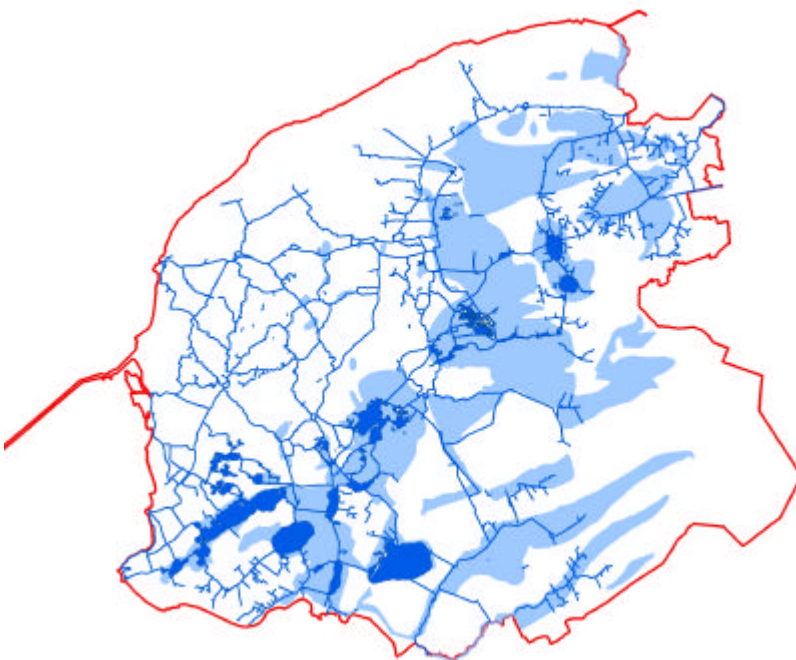
Figuur 9. De dagen van het jaar (1900 t/m 2006) met resp. de hoogste en laagste gemiddelde boezemwaterstand.

Waterriet is sterk op zijn retour, *reed die-back* is/was goed zichtbaar en grote delen van de oever zijn inmiddels kunstmatig geschoeid (aanvankelijk met verticale houten damwanden, de laatste jaren met kilometers lange richels van grof stortsteen. Uitgebreide studies naar onderbouwing van een meer natuurlijk waterstandsverloop (met marges van +/- 0.2 m en van +/- 0.4 m, terwijl 0.5 m voor voldoende ecologisch rendement eigenlijk minimaal nodig is) hebben geen bestuurlijk draagvlak gevonden. Na 1970 is die 0.5 m nooit meer bereikt (zie tabel 2). Ook voorstellen van geen-spijt-beleid bij nieuwe infrastructurele werken in/langs de boezem en een gelokaliseerd experiment met peilbeheervarianten zijn nog niet overgenomen.



Boezemland

Nivellering van het (verticale) boezempeil was niet de enige verandering de afgelopen eeuw. Ook ruimtelijk (horizontaal) veranderde er veel in de waterhuishouding. In het midden van de 19^e eeuw was er zo'n 100.000 ha boezemland in Friesland, ongeveer eenderde van het afwateringsgebied. Schotsman (1988) presenteerde op basis van de Eekhof-atlas een kaartje voor 1850. Dat niet bekaad of ingepolderd land stond 's winters dan ook regelmatig onder water. Onvermijdelijk, maar als 'winterbevloeiing' ook gewenst. Een uitspraak van de Friese Staten in 1828 zegt: "Gezorgd moet worden dat de overstroomde landen niet vóór half april van water ontlast worden". Zie in figuur 6 het verloop in 1910. Die wens tot winterbevloeiing van (resterende) boezemlanden verdween in de loop van de vorige eeuw. Een reconstructie voor het jaar 1876 toont grote delen van de provincie onder water, zoals de beekdalen van Linde, Tjonger, Koningsdiep en Lauwers, alsmede het Lage Midden (rondom de meren en de zone ten oosten van Leeuwarden met de Alde Feanen, Grote Wielen en Valom), zie figuur 10. Deze figuur, complementair aan figuur 1 en een reconstructie van de situatie in de winters omstreeks 1876, is gepubliceerd door o.a. Hosper *et al.*, 1994; Klinge *et al.*, 1995; Coops, 2002 en STOWA, 2008).



Figuur 10. In de winters rond 1876 bij hoge boezemwaterstanden geïnundeerde gronden (naar gegevens van de Provinciale Waterstaat van Friesland).

De oppervlakte boezemland nam daarna in snel tempo af. Na 1850 begon de omvorming van boezemland naar zomerpolders en later naar winterpolders. Hier slechts enkele cijfers. Tussen 1880 en 1910 werd 16500 ha boezemland ingepolderd (Walther, 1952). De Haan (1952) schrijft dat in vroegere tijden vele tienduizenden hectares gedurende het natte jaargetijde lange tijd geheel blank stonden. "Langzamerhand is ook hier verandering in gekomen door inpoldering en bemaling. Grotere en kleinere polders werden gevormd, die bemalen werden door molens en gemalen". Het huidige oppervlak aan boezemland en zomerpolders wordt geschat op 2700 ha, een factor 50 lager dan weleer. Spijksma (1994) vermeldt overigens nog slechts 200 ha echte boezemlanden, met vrije afwatering naar de boezem.

Fries Zomer Peil

Voor de afsluiting van de Zuiderzee (1932) werd de afstroming van boezemwater in het voorjaar afgestemd op de boezemlanden. In de winter werd niet of nauwelijks afgestroomd. De lager gelegen gebieden (ca. 100.000 ha.) stonden 's winters onder water. Het meegevoerde slib zette zich hierop af. Dit werd als een vorm van bemesting gezien. In het voorjaar werd afgestroomd tot een niveau waarbij de boezemlanden droog vielen. Dit was begin twintigste eeuw ongeveer 0.25 m boven Fries Zomer Peil. Men hoopte, dat de hoeveelheid water boven het zomerpeil voldoende was om het verdampingsoverschot in het zomerhalfjaar te compenseren. Het laag zomerwater, later FZP genoemd, werd in 1775 door de Staten van Friesland vastgesteld. Het advies hiertoe was van de Franeker professor Ypey die vermoedde, dat dit peil "noch de hooge, noch de laage Landen, noch de scheepvaart benadeelt".

Na de afsluiting van de Zuiderzee kon zoet water worden aangevoerd vanuit het IJsselmeer. Water vasthouden voor de droge periode was daarna niet meer nodig en winterbevloeiing kwam sedert 1913 al niet meer voor. Vanaf die tijd werd een peil aangehouden dat tussen het droogvallen van de lage gronden (+0.25 m FZP, -0.41 m NAP) en FZP (laag zomerwater, -0.66 m NAP) in lag. In 1987 stelden de Provinciale Staten van Friesland het na te streven peil van de boezem vast op +0.14 m FZP, overeenkomend met -0.52 m NAP. De aanduiding FZP werd tot begin 2000 door Wetterskip Fryslân gebruikt bij het boezempeilbeheer, waarna is overgestapt op NAP.

Nu een vast streefpeil meestal goed kan worden geregeld, vindt (langdurige) inundatie van boezemlanden met boezemwater nauwelijks meer plaats. Gevolg is een toenemende verdroging en verzuring (vanwege stagnerend regenwater) en daarmee verlies aan natuurwaarden van de restanten boezemland (Spijksma, 1994). Het huidige beleid is overigens om, vooral bij de oever- en kadeprojecten, het boezemgebied weer wat uit te breiden. Voor de periode tot 2030 wordt ingezet op 1400 ha extra boezemoppervlak.

Waterkwaliteit

Ook de waterkwaliteit veranderde aanzienlijk. De uitersten, zowel het hele vieze als het hele schone water, verdwenen (Claassen 2000b; 2004). In de tweede helft van de 19^e eeuw trad, net als in andere steden in Europa, ernstige waterverontreiniging op. In 1901 beschrijft Riemersma dramatische toestanden in verschillende Friese steden (stadsgrachten) als gevolg van geconcentreerde lozingen van ongezuiverd afvalwater. Stank, ziekten en vissterfte waren het gevolg. Elders, buiten de steden, moet het water zeer schoon zijn geweest. Binnenvissers namen tot het midden van de 20^e eeuw drinkwater aan boord rechtstreeks uit de boezem. Waterplanten, zoals breedbladige fonteinkruiden, kwamen talrijk voor. Van der Ploeg (1990) noemt uitgestrekte 'wiervelden' in de grotere meren en plassen, vooral bestaande uit Doorgoeid en Glanzig fonteinkruid. Het Tjeukemeer was tot de jaren '70 voor meer dan 10% ermee bedekt. In de Leijen kwamen velden Glanzig fonteinkruid tot ca. 1978 voor (Joustra, 1953; Wessels *et al.*, 2006). Her en der werd mattenbies gesneden en de oevervegetatie was goed ontwikkeld. Daarna, na de tweede wereldoorlog, kwam de kentering. Hoewel nauwelijks gedocumenteerd, vindt een omslag naar troebel groengekleurd water waarschijnlijk plaats in de zestiger jaren van de vorige eeuw. Onderwaterplanten

verdwijnen vrijwel geheel. Blauwalgen, in de Friese boezem met name *Planktothrix agardhii*, worden dominant en de visstand verbraseerd. Meer dan driekwart van de biomassa aan vis komt op naam van de brasem, op afstand gevolgd door snoekbaars en blankvoorn. Brouwer (in Zandstra, 1948) beschrijft voor de Alde Feanen en omgeving, globaal voor de periode 1920-1945, een visstand van vooral snoek, zeelt, blankvoorn en baars. Snoek komt algemeen voor en paait vroeg in het voorjaar: "Wanneer de waterstand hoog is (-0.16 m NAP of hoger) zwemmen de dieren uit de petten en kan men ze in het ondiepe water, dat boven de grassprietten staat, zien paaien". Brasem komt slechts in matige aantallen voor, snoekbaars wordt zeer weinig aangetroffen. Hosper (1997) verrichtte een vergelijkend onderzoek van Naardermeer, Reeuwijkse Plassen en Alde Feanen voor de situatie in de eerste helft van de vorige eeuw, vóór 1950, toen die gebieden nog in een stabiel heldere fase verkeerden. Van de drie belangrijke sturende factoren voor die heldere toestand, te weten lage nutriëntenbelasting, de stand van planktivore en benthivore vis en natuurlijke waterstanddynamiek beschouwt hij voor de Alde Feanen de laatste als belangrijkste.

Pas begin jaren '90 wordt in de Friese boezemmeren de dominantie van *Planktothrix agardhii* in het fytoplankton doorbroken en neemt de soortendiversiteit toe (Maasdam & Claassen, 1998), waarschijnlijk mede een gevolg van de beheersvisserij in de winters 1989/90 t/m 1993/94. Daarna worden weer onderwaterplanten aangetroffen, zoals kleine veldjes Doorgroeid fonteinkruid en Glanzig fonteinkruid in het Slotermeer. Herstel van de oevervegetatie treedt niet op, integendeel.

De oevervegetatie, waaronder waterriet, neemt nog steeds in kwaliteit en omvang af. Dit proces kan, gezien figuur 7, al vanaf 1938 doch vooral na 1970 in gang gezet zijn. Aanvankelijk kan ook de hoge stikstofbelasting van het boezemwater een rol hebben gespeeld in de achteruitgang van de rietvegetatie (Kühl & Kohl, 1992). Zandvoort schreef in 1966: 'Ook het oeveronderhoud baart zorg, al kunnen wij gelukkig tot nog toe de mooie en goedkope rietkragen blijven toepassen nu de kanalen verruimd worden in verband met de toegenomen scheepvaart'. Witteveen + Bos (1999) vatte meer recente gegevens samen. Enkele voorbeelden. Afname hoeveelheid waterriet langs het Tjeukemeer tussen 1971 en 1988 met ca. 40 %. De begroeiing van de oevers van de Grote Wielen is tussen 1977 en 1984 verontrustend achteruitgegaan: toename afslagoevers van 7 naar 11 %, afname brede riet- en lisdoddekragen van 22 naar 11 %. Voor geheel Friesland tussen 1930 en 1990 een afname van het rietareaal langs de oevers met zo'n 40 % met op sommige plekken 80 %. Een afname van de breedte van de oeverbegroeiing geeft in het algemeen ook een afname van de soortenrijkdom van flora en fauna te zien.

Snoek

Snoek heeft een voorkeur voor helder, waterplantenrijk, niet te diep water. Het voedsel bestaat vooral uit vis. Als piscivore toppredator is snoek belangrijk voor handhaving van het natuurlijk evenwicht. Bij het verbeteren van de kwaliteit van het boezemwatersysteem en het streven naar helder plantenrijk water (kenmerkend voor een snoek-zeelt visgemeenschap) is aandacht voor goede leefomstandigheden (paai-, opgroei- en schuilgebieden) voor snoek dan ook belangrijk. Er is voor een stabiel helderwatersysteem een snoekbiomassa van 30 tot 50 kg/ha gewenst (zie tabel 1). Die is nu in de Friese meren gemiddeld slechts een tot enkele kg/ha.

Bij de relatie tussen waterstand en snoekstand is uitgegaan van het voorkomen van waterriet (als paaibiotop). Waterriet met tenminste 0.3 m waterdiepte en 1.5 m breed is daarbij optimaal. Ondiepere locaties en bredere zones met waterriet dragen niet extra bij aan een grotere snoekstand, zo is aangenomen. Aldus kan het geschikte areaal paaigebied berekend worden. Met een uit de literatuur bekende relatie tussen areaal geschikt paaigebied en snoekstand kan de verwachte biomassa snoek voor verschillende peilbeheer-scenario's worden afgeleid. Ten opzichte van de huidige situatie neemt de snoekstand bij scenario's met een meer natuurlijk waterstandsverloop van 0.2 m met een factor 5 toe. Bij amplitudes van 0.35 en 0.55 m is dit resp. een factor 11 en 13 (Wetterskip Fryslân & provincie Fryslân, 2005). Daarmee worden de toetsingswaarden van resp. 30 en 50 kg/ha (zie tabel 1) gehaald.

Gebiedsgerichte studies

Voor een aantal afzonderlijke gebieden is meer bekend over de relatie peilbeheer en eutrofiëring. Hier worden enkele van die gebieden en gebiedsgerichte studies, anders dan de Friese boezem, genoemd. De in dit hoofdstuk in chronologische volgorde vermelde literatuur is niet (expliciet) opgenomen in de literatuurlijst op het eind van dit rapport.

Veluwerandmeren en IJsselmeer

- Hosper, S.H., 1984. Restoration of lake Veluwe, The Netherlands, by reduction of phosphorous loading and flushing. *Wat. Sci. Tech.* 17 (2): 757-768.
- Hosper, S.H., M.-L. Meijer & J.R. Eulen, 1986. Herstel van het Veluwerandmeer, recente ontwikkelingen. *H₂O* 19 (18): 416-420.
- Helmerhorst, T.H., 1996. 10 jaar BOVAR. Eutrofiëringsbestrijding in de Veluwerandmeren met een blik op de toekomst. *H₂O* 29 (18): 527-529.
- Geelen, Y. & O.F. Schoumans, 10 jaar BOVAR. Vermindering fosfaatuitspoeling landbouwgronden door bodemchemische en hydrologische maatregelen. *H₂O* 29 (18): 533-535.
- Grimm, M.P., 1996. 10 jaar BOVAR. De Veluwerandmeren als snoekhabitat. *H₂O* 29 (18): 539-540.
- Meijer, M.-L. & S.H. Hosper, 1996. 10 jaar BOVAR. Actief Biologisch Beheer in het Wolderwijd-Nuldernauw leidt tot een toename van kranswieren. *H₂O* 29 (18): 536-538.
- Reeders, H.H., 1996. 10 jaar BOVAR. Op weg naar helderheid: de waterkwaliteit in de Veluwerandmeren van 1969-1995 en het perspectief voor verbetering. *H₂O* 29 (18): 530-532.
- Wijk, W. van, 2002. Veluwerandmeren zijn weer helder. *H₂O* 35 (11): 10-11.
- Lammens, E.H.R.R., E.H. van Nes, M.-L. Meijer & M.S. van den Berg, 2004. Effects of commercial fishery on the bream population and the expansion of *Chara aspera* in Lake Veluwe. *Ecological Modelling* 177: 233-244.
- Iedema, W., A. Hebbink, M. Platteeuw, R. Terveer & D. Vlag, 2005. Verkenning naar een seizoensgebonden peil in het IJsselmeergebied. RIZA Rapport nr. 2005.020.

De Veluwerandmeren zijn helder geworden met veel ondergedoken waterplanten. Zij hebben de shift gemaakt van troebel naar helder. Belangrijke ingrepen waren de bronaanpak (in het achterland met de beken, doorspoelen en biomanipulatie). In hoeverre peilbeheer speelde en cruciaal was voor deze omslag is niet bekend, doch waarschijnlijk waren de andere maatregelen voldoende voor deze waterkwaliteitsverbetering. Voor het IJsselmeer wordt, voor de situatie na 2013, een natuurgericht peilregime aangegeven met een korte hoogwaterpiek in de periode medio februari tot medio april. In de maanden juli t/m september mag het peil iets dalen ten opzichte van de huidige situatie. Of deze dynamiek voldoende is voor een duurzame ontwikkeling van de oevervegetatie wordt betwijfeld.

Volkerak-Zoommeer.

- Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat, 1991. Het Volkerak-Zoommeer zoet en helder. RIZA nota 91.027.
- Beers, M.C., 1993. Omvang en samenstelling van het paaibestand en het voedselpatroon van de perciden in het Volkerak-Zoommeer. Van Hall Instituut, Groningen en Witteveen + Bos, Deventer.
- Ligtvoet, W. & S.A. de Jong, 1995. Ecosystem development in Lake Volkerak-Zoom: concept and strategy. *Wat. Sci. Tech.* 31 (8): 239-243.
- Tosserams, M., J.Th. Vulink & H. Coops (eds.), 1997. Peilbeheer Volkerak-Zoommeer; perspectief voor oeverplanten Rapportage Planten in de Peiling 1994-1997.
- Tosserams, M., J.Th. Vulink & H. Coops, 1999. Tussen land en water; perspectief voor de oeverplanten in het Volkerak-Zoommeer. Eindrapportage 'Planten in de Peiling'.
- Tosserams, M., E.H.R.R. Lammens & M. Platteeuw, 2000. Het Volkerak-Zoommeer; de ecologische ontwikkeling van een afgesloten zeearm.
- Daling, J., M. Zijlstra & H. van Manen, 2003. Invloed van waterpeil en begrazing op de ontwikkeling van oevervegetatie. RIZA werkdocument 2003.103x.

Meest markant en overtuigend zijn de proeven in enclosures langs de oever, waarbinnen een kunstmatig doch natuurlijk seizoensgebonden waterstandsverloop werd ingesteld. In

tegenstelling tot de overige kale onbegroeide oevers ontstond in de enclosures een rijke helofytenbegroeiing. Naast het effect van wisselende waterpeilen is ook de invloed van graas door herbivore vogels bestudeerd en niet onaanzienlijk gebleken (Daling *et al.*, 2003).

Reeuwijkse Plassen

Olieman, A., 2001. Nieuw licht op achteruitgang van rietkragen in het Reeuwijkse Plassengebied. Het Waterschap 86 (21): 1035.

Watersnip Advies, 2002. Eindverslag van het symposium 'Rietkragen in en om de Veenplassen', 28 september 2001.

Stichting Adoptie Rietkragen, 2002. Conclusies en aanbevelingen van het symposium 'Rietkragen in en om de Veenplassen', 28 september 2001.

Schets, P.-P., 2003. Herstelplan moet waterriet en Grote karekiet in Reeuwijk redden. Vogelnieuws 16 (3): 18-19.

De 'Stichting Adoptie Rietkragen' maakt zich vooral druk over de achteruitgang van de rietoevers, veroorzaakt door het vaste peil op de plassen. De aandacht is vooral gericht op oevervegetatie. In de conclusies en aanbevelingen van een op 28 september 2001 gehouden symposium wordt o.a. aangedrongen op herstel van natuurlijk fluctuerend waterpeil: "Een natuurlijk peilbeheer bevordert de groei van waterriet in vele opzichten. In de zomer kan meer zuurstof in het wortelbed dringen en in de winter worden het wortelbed en de groeipunten beter beschermd. Een vast peilregime leidt tot versnelde oevererosie doordat golfaanval op een niveau wordt geconcentreerd".

De Deelen

Claassen, T.H.L., 1994. Eutrophication and restoration of a peat ponds area, De Deelen, in the northern Netherlands. Verh. Internat. Verein. Limnol., 25 (3): 1329-1334.

Claassen, T.H.L. & M. Thannhauser, 2004. Waterkwaliteitsverbetering en natuurontwikkeling in De Deelen. H₂O 37 (10): 18-22.

Rijkens, B.G.A., 2008. Evaluatie van de waterkwaliteit en herstelmaatregelen in De Deelen. Verslag Milieukunde nr. 320. Radboud Universiteit Nijmegen.

In dit 500 ha grote petgatengebied werd tot 2002 een jaarrond vast streefpeil gehandhaafd van -0.9 m NAP. Vanaf dat jaar is, op advies van het OBN Deskundigenteam Laagveenwateren, een variabel peil mogelijk tussen -0.7 m NAP in de winter en -1.2 m NAP in de zomer. Afhankelijk van het weer zal dit meer natuurlijke verloop ook daadwerkelijk optreden. Vanwege de nogal steile oeverstructuur (met veel pluimzegge en houtopslag) en de geringe aanwezigheid van riet aan de waterkant is tot nu toe nog vrijwel geen toename van riet te zien. Ook kan de genetische geaardheid van het restant aan landriet remmend werken op de uitloop in het water. Daarentegen vormt oevererosie nu meer een punt van zorg dan voorheen (mond. meded. SBB).

Lauwersmeer

Otto, J.P., 1969. Een tochtje op het afgesloten Lauwersmeer. Vanellus 22 (9): 161-164.

Otto, J.P., 1971. Plankton en zoutgehalte in het Lauwersmeer. Vanellus 24 (2): 28-33.

Poppens, B., 1973. De inrichting van de afgesloten Lauwerszee. Cultuurtech. Tijdschrift 13: 148-160.

Berger, C. & A. bij de Vaate, 1974. Chemische, bacteriologische en biologische kenmerken van het water in het Lauwersmeer van 1969 t/m 1972. H₂O 7 (8): 144-151.

Ministerie VenW & Ministerie LNV, 1993. Tussen zilt verleden en zoete toekomst; natuurontwikkeling in het Lauwersmeergebied. 26p.

Staatsbosbeheer, 1999. Beheersplan Lauwersmeer (1998 t/m 2008).

Iwaco, 2001. Water op hoog niveau; een schets van een duurzaam watersysteem van Drenthe tot aan het Wad. Tjallingi, F., J.S. Rus en M. Glastra. [tevens opgenomen in : Verdonschot. P (ed.), 2001.

Beken in de 21e eeuw: de ideale beek vanuit maatschappelijk, technisch en ecologisch perspectief. WEW Themanummer 20. Wageningen, Alterra. ISSN 1566-7197].

Iwaco, 2001. Verkenning Lauwersmeergebied. i.o.v. RWS-DNN.

Iwaco, 2001. Natuurvriendelijke waterhuishouding Lauwersmeer. Eindrapport en Achtergronddocument.

Arcadis, 2003. Beheer- en Inrichtingsplan Nationaal Park Lauwersmeer. Overlegorgaan Nationaal Park Lauwersmeer i.o.

Arcadis, 2003. Waterkwaliteitsmodel Lauwersmeer Watervisie Lauwersmeer. Werkdocument 1: modelbouw waterkwaliteitsmodel.

Arcadis, 2005. Notitie reikwijdte en detailniveau tbv SMB watervisie Lauwersmeer.

Staatsbosbeheer, 2008. Visie Staatsbosbeheer Lauwersmeer 2008. Notitie 20 maart 2009.

Werkgroep Natuur, 2008. Streefbeeld natuur Lauwersmeer 2008. Notitie 2 april 2008.

In het Beheer- en Inrichtingsplan (BIP, 2003) ter verkrijging van de status Nationaal Park werd als streefbeeld voor de langere termijn een natuurlijk peilverloop en inlaat van zout water voorzien. Vervolgens startte in 2000 de studie Watervisie Lauwersmeer, die nog steeds loopt. De afgelopen jaren zijn diverse studies uitgevoerd en modelberekeningen gemaakt met diverse varianten van wisselende, seizoensgebonden, meer natuurlijke waterstanden. Afhankelijk van bestuurlijke keuzen en besluitvorming omtrent gemalen zal een meer of minder op de natuur afgestemd peilregime kunnen worden ingezet. Nu is (al sinds 1970) het streefpeil -0.93 m NAP het jaarrond.

Uit de Visie SBB Lauwersmeer 2008:

..."Voor een robuust kustmoeras is een natuurlijke situatie randvoorwaardelijk. Dus met peilen die in de winter juist hoger zijn (tot NAP) dan in de zomer. Een omkeren van ons denken is nodig. In een robuust kustmoeras zijn zowel hoge peilen nodig (20-40% van de platen onder water) als droge perioden (rond -1m NAP). Juist in die omstandigheden zijn brede, begroeide oeverzones duurzaam te ontwikkelen".

Uit het streefbeeld natuur Lauwersmeer 2008:

...(III. open oeverlandschap)

1. een dynamische waterhuishouding, 's winters en in het vroege voorjaar hoge, 's zomers lage waterstanden (verder te detailleren in gesprek met betrokken beheerders en beschermers, en alles uiteraard binnen de veiligheidsvoorwaarden van waterbeheer);
 - a) een hoog winterpeil in december-januari-februari, gem. -0,70 m NAP (grote variatie, tussen -0,40/-0,90 m NAP), voornamelijk met zoet boezemwater. Rustgebied en graasgebied wintervogels (ganzen, eenden).
 - b) een overstromingspeil in (februari)-maart-april-(mei), gem -0,30 m NAP (kleine variatie, tussen -0,20/-0,40), zoet en zout want dit is de tijd van visintrek. Overstromingsgraslanden, rietoevers en fonteinkruidvelden zijn paaigebied vis, langdurige overstroming remt aangroei van struweel en bos.
 - c) een uitzakkend zomerpeil in mei-september naar gem -0,93 m NAP (-0,80/-1,00 m NAP), zout en zoet: broedtijd, zomerbegrazing, kieming van plantenzaden in de oevers.
 - d) een hoger, dynamisch herfstpeil in oktober-november, met de regen mee, gem. -0,60 m NAP (grote variatie, tussen -0,50/-0,90), voornamelijk zoet: overspoelde en weer droogvallende slikranden, foerageergebied voor trekvogels.

Oude Rijn / Rijnstrangen

Anonymus, 2002. Rijn en IJssel experimenteert met waterpeil. Het Waterschap 22: 1001.

De rietmoerassen in de Rijnstrangen vragen om een dynamisch, natuurlijk peilverloop, waarbij soms aanzienlijke peilfluctuaties optreden.

De Blauwe Stad

Poirier, N., 1998. Toekomstmogelijkheden voor aantrekkelijke natuurlijke rietoevers; voorstellen voor duurzame rietzones in 'De Blauwe Stad' (Oldambt, Groningen). Van Hall Instituut, Leeuwarden.

Op grond van eisen voor vestiging en groei van riet zijn inrichtingsvoorwaarden geschets en is aangegeven dat seizoensgebonden wisselende waterpeilen nodig zijn voor duurzame rietontwikkeling.



Toekomstperspectief

Voorstellen voor een meer natuurlijk peilregime voor de Friese boezem, zoals de variant 'gematigd' met een winterpeil van -0.42 m NAP en een zomerpeil van -0.62 m NAP (zie Claassen & Ietswaart, 2003), vonden geen bestuurlijk draagvlak. De nadelige consequenties voor andere functies en voor bestaande infrastructuur werden zwaarder gewogen dan de voordelen voor de oevers, waterkwaliteit en natuur. Een maatschappelijke kosten-baten analyse (MKBA) onderbouwde dit voor twee varianten van peilregimes. De maatschappelijke kosten bleken hoger dan de maatschappelijke baten (Witteveen + Bos, 2007). Dit betekent dat het streefpeil van -0.52 m NAP vooralsnog onverminderd wordt gehandhaafd. Dagelijks wordt de inzet van sluizen, gemalen en inlaatwerken bepaald volgens het principe 'afvoer=aanvoer'. Zo kan het dus voorkomen dat bij streefpeil van -0.52 m NAP het Hooglandgemaal te Stavoren wordt ingezet, indien de verwachte afvoer van water overeenkomt met de (in te zetten) capaciteit van het Hooglandgemaal en de verwachte lozingscapaciteit van de spuisluizen.



In de nieuwe serie plannen (Veiligheidsplan, provinciaal Waterhuishoudingsplan WHP en Waterbeheerplan WBP) is dit uitgangspunt gecombineerd met klimaatverandering, zeespiegelstijging en bodemdaling. Verwachte effecten van klimaatverandering met nattere winters en mogelijk zwaardere buien worden ondervangen met capaciteitsuitbreiding van het Hooglandgemaal te Stavoren, een nieuw gemaal bij Vijfhuizen en mogelijk een groot zeegemaal bij Lauwersoog. Dit laatste gemaal zou een einde maken aan periodieke gestremde lozing van de Friese boezem bij Dokkumer Nieuwe Zijlen naar het Lauwersmeer. Daarnaast zal er bij het peilbeheer nog meer dan nu al geanticipeerd worden op het weer. Meer water vasthouden en tijdelijk water bergen doen dan de rest.

De ecologische impact van een min of meer natuurlijk seizoensgebonden waterstandsverloop op de Friese boezem is, in positieve zin, aanzienlijk. Tal van directe en indirecte effecten hebben daarbij hun uitwerking op waterkwaliteit en natuur (zie bijlage 3). Het Veiligheidsplan (Wetterskip Fryslân, 2008) gaat verder o.a. uit van een reductie van de verticale berging van 30 naar 20 cm en met het peilbeheer meer anticiperen op het weer. De vraag is dan of met deze uitgangsondities de doelstellingen van de KRW en de instandhoudingsdoelen van Natura 2000 gebieden (op tijd) gehaald kunnen worden. Dit meer gestuurd peilbeheer zal mogelijk beperkte negatieve ecologische invloed hebben, zo wordt aangegeven. Daarbij worden genoemd: waterplanten, rietoevers, Snoek, Noordse woelmuis, dotterbloemhooiland en zeggevegetaties. Als het peilregime geen stuurvariabele is voor een verbetering van water- en natuurkwaliteit, moet ingezet worden op andere, compenserende maatregelen. Wat dan resteert, is de van oudsher gekozen bronnenaanpak met emissiereductie van ongewenste stoffen, een betere inrichting van het watersysteem (zogenaamde systeemmaatregelen) en met directe interne ingrepen in het ecosysteem. In het Veiligheidsplan worden, als mitigerende en compenserende maatregelen, vooral suggesties gegeven voor inrichtingsmaatregelen, zoals compartimenteren (kleine gebieden isoleren), afgekoppelde gebieden weer voor de boezem leggen, ondiepten en eilandjes aanleggen en oevererosie remmen. In proefprojecten kunnen de effecten worden nagegaan. Onder meer via de website van de Helpdesk Water kan informatie worden verkregen over nut en noodzaak van een meer seizoensmatig waterstandsverloop en over projecten elders (zie bijlage 7).

Emissiereductie van nutriënten uit puntbronnen, voornamelijk rwzi's, zou kunnen door een verdere optimalisatie van de rwzi's. Nazuivering als 4^e trap is mogelijk met bijvoorbeeld zuiveringsmoerassen, zoals twee jaar geleden aangelegd bij de rwzi Grou. Hoewel dat aanzienlijk grondoppervlak vereist, is er toegevoegde waarde mogelijk voor recreatie en natuur. Voor de aanpak van de diffuse (nutriënten)belasting vanuit het landelijk gebied noemde staatsecretaris Huizinga onlangs zuiveringsmoerassen als veelbelovende optie. Deze zouden in verbrede bufferzones aangelegd kunnen worden. Dergelijke bufferstroken kunnen een bijdrage leveren aan de emissiereductie naar het water en aan de biodiversiteit van het ecosysteem (Large *et al.*, 1993; STOWA, 1998; Braskerud, 2005). Grootste bottleneck is ook hier het vereiste ruimtebeslag. Aanpak van milieuvreemde prioritaire stoffen zal vooral via wet- en regelgeving moeten geschieden. Hormoonrestanten, hormoonachtige stoffen en medicijnresten blijven een lastig probleem.

Bij systeemmaatregelen wordt vooral ingezet op meer natuurvriendelijke oevers, (meer) vispassages en eventueel baggeren of het aanleggen van slibvangen. Bij een vast waterpeil is het overigens lastig om waterrietzones, nodig om de teruggang in moerasvogels te stoppen, te handhaven. Met enige regelmaat zal onderhoud en nieuwe aanplant nodig zijn. Daar zijn ook Otter en Noordse woelmuis bij gebaat. Een toenemende ganzenpopulatie kan het nog lastig maken jong aangeplant riet te handhaven. Kansrijke en perspectievolle interne maatregelen zijn het enten van waterplanten en visstandbeheer. Bij het visstandbeheer is het zaak dat waterbeheerder en de sport- en beroepsvisserij op een lijn komen en gezamenlijk optrekken.

Er zullen nog heel wat maatregelen en ingrepen nodig zijn om een voldoende water- en natuurkwaliteit te bereiken. Voor de KRW is de koers reeds uitgestippeld (RBO Rijn-Noord, 2008). Het onlangs aangekondigde innovatieprogramma KRW biedt mogelijkheden voor aanzienlijke subsidie. Met de Beheerplannen voor de Natura 2000-gebieden is een start gemaakt. Ook daar zullen maatregelen nodig zijn om de (voorlopige) instandhoudingsdoelen waar te maken. Het is spannend om af te wachten wat deze eeuw gaat brengen, met een vast streefpeil voor de Friese boezem, met klimaatverandering gepaard gaande met zeespiegelstijging, nattere winters, zwaardere buien, hogere temperaturen en een toenemend aantal exoten, met bodemdaling en met een toenemende druk op het landelijk gebied. Hoeveel ruimte blijft er of komt er voor water, ook in kwalitatieve zin?

Algemene conclusies

Het Friese boezempeil is de afgelopen eeuw, in feite tussen 1920 en 1970, veranderd van een natuurlijk regime met grote fluctuaties (binnen en tussen jaren) naar een vast jaarrond streefpeil.

Het vaste streefpeil voor de Friese boezem bemoeilijkt het bereiken van de KRW-doelen voor waterkwaliteit en de Natura 2000 instandhoudingsdoelen voor natuur.

De aan de natte oever en waterrietzone gebonden soorten en habitats gaan nog steeds achteruit.

Langer uitstel van het herstellen van een meer natuurlijk waterstandsverloop bemoeilijkt het ecologisch herstel en verhoogt de kosten voor dat herstel aanzienlijk. Gezien echter de maatschappelijke en financiële gevolgen is er geen bestuurlijk draagvlak voor een meer natuurlijk peilregime op de Friese boezem.

Er zijn aanzienlijk inspanningen nodig om het gemis aan een min of meer natuurlijk seizoensmatig waterstandsverloop te compenseren. Een deel van die maatregelen, bijvoorbeeld rietaanplant of visstandbeheer, is minder duurzaam dan een natuurlijk waterstandsverloop.

Er is veel theorie over de relatie peilbeheer-waterkwaliteit. Die theorie is deels gebaseerd op een beperkt aantal experimenten en op veldonderzoek, deels wetenschappelijk-beschouwend.

Daarbij is er meer kennis over de relatie met en invloed op helofyten (met indirecte effecten) dan op de submerse vegetatie (met indirecte effecten). Coops (1996) bijvoorbeeld behandelt in zijn proefschrift alleen helofyten. Beïnvloedingsfactoren zijn *wave action* en *water depth*, niet eens zozeer seizoensmatige waterstandsverlopen. Ook in het bekende schema van Scheffer *et al.* (1993), tevens in Hosper (1997) staat seizoensmatige waterstandsverloop niet (wel *waves* en *water depth*).

De studies, die zich wat meer op de submerse waterplanten richten (zie o.a. Janse *et al.*, 1998; Madsen *et al.*, 2001; Gulati & Van Donk, 2002) noemen vrijwel nooit iets over (seizoensgebonden) peilfluctuaties.

Bij veldexperimenten zijn (naast het peilbeheer) vaak ook andere ingrepen en/of invloeden in het spel.

Theorie en veldkennis versterken elkaar in de eenduidigheid van de relatie peilbeheer-waterkwaliteit. Die relaties zijn vooral kwalitatief/relatief: een grotere seizoensgebonden peilfluctuatie is beter dan een kleinere seizoensgebonden peilfluctuatie. Absolute waarden, zowel in de hoogte(verschillen), als in de tijd (wat is de kritieke periode in het jaar voor hoog en voor laag water) zijn weinig vermeld en dan veelal locatiespecifiek.

Bij voorstellen voor een meer natuurlijk waterstandsverloop worden allerlei creatieve, ecologisch minder optimale, voorstellen gedaan (bijvoorbeeld voor het IJsselmeer en Lauwersmeer). Uit andere belangen, zoals veiligheid en waterkwantiteitsbeheer, gegeven randvoorwaarden dwingen daartoe.

Alle vorenstaande conclusies (en de meeste onderzoeken) gaan over de relaties peildynamiek en macrofyten (helofyten dan wel echte waterplanten). Daarbij is overigens ook

nog een onderscheid zichtbaar in studies en projecten, gericht op oevervegetatie óf op echte waterplanten. Invloeden van en onderzoek over peildynamiek op fytoplankton, diatomeeën, zoöplankton, macrofauna en vissen zijn hooguit indirect beschreven en van secundaire orde.

Instellen van een meer natuurlijk waterstandsverloop (herstellen van een vroegere situatie) alleen is zelden voldoende voor herstel van de waterkwaliteit. De steile oevers, te veel witvis, ed. zijn belemmerend voor een omslag. Inrichtingsmaatregelen en/of ingrepen in het waterecosysteem zijn dan ook veelal gelijktijdig nodig bij herstel van een meer natuurlijk peilregime. Hosper *et al.* (2007) stellen dan ook: "Aanpassingen van het gevoerde peilbeheer (meer natuurlijke fluctuaties) en van de morfologie van de meren (lokaal dieper of ondieper maken) zijn andere effectgerichte maatregelen die in bepaalde situaties succesvol kunnen zijn. Mogelijkheden hiertoe en risico's hiervan zouden verder moeten worden verkend, bij voorkeur in de vorm van pilots".

Er is onduidelijkheid (onbekendheid) over het ecologisch effect van incidentele kortdurende piekwaterstanden.

Voor de nabije toekomst zou ook aandacht gevraagd moeten worden voor de effecten van (peilbeheer en) klimaatverandering. Denk aan de veranderende competitiekrachten tussen waterplanten en algen, tussen drijvende en ondergedoken waterplanten, aan veranderende neerslagpatronen en daarmee gepaard gaande veranderende hoeveelheden beschikbaar water.

Literatuur

Anonymus, 2002. Statement for the restoration of natural lowest water level fluctuations in regulated waterbodies. European symposium 'Management and conservation of lake littoral vegetation'.

Beusekom, R. van, A. de Bonte & W. van den Hoek, 2003. Moerasvogels en peilbeheer. Vakblad Natuurbeheer 42 (6): 90-94.

Bezuijen, C., 1996. Evaluatie van het REGIWA-project Nanneveld. Van Hall Instituut, Groningen en Waterschap Friesland, Leeuwarden.

Bleumink, H., 2001. Herstel van boezemblauwgraslanden door wateraanvoer. Landwerk 6-2001: 6.

Boers, P.C.M., W. Laane, I. de Vries, W. Zevenboom & J. Coppoolse, 1997. Nieuwe wegen naar helder water. Rijkswaterstaat, Lelystad.

Boers, P.C.M. & D.T. van der Molen, 1993. Control of eutrophication in lakes: the state of the art in Europe. EWPC 3 (2): 19-25.

Boers, P.C.M. & W.A.D.D. Wijesootiya, 1989. Fosfaatfixatie met ijzer: een methode om de interne fosfaatbelasting te verminderen? H₂O 22 (16): 501-504.

Braskerud, B.C. (ed.), 2005. Is living water possible in Agricultural areas? Seminar on ecological engineering tools to combat diffuse pollution. Jordforsk book 48/05, Norway.

Bruins Slot, E. & T.H.L. Claassen, 1999. Op letten bij de aanleg van helofytenfilters op laagveen. Landinrichting 39 (2): 13-17.

Claassen, T.H.L., 1979. Globale fosfaatbalans van Frieslands boezem. H₂O 12 (1): 6-11.

Claassen, T.H.L., 1986. Eutrofiëring en algengroei in het Friese boezemwater. H₂O 19 (12): 268-279.

- Claassen, T.H.L., 1997. Mogelijke invloed van hydrologische isolatie op de waterkwaliteit. *H₂O* 30 (12): 376-381.
- Claassen, T.H.L., 2000a. Restoration of small water bodies by introducing aquatic plants. *Verh. Internat. Verein. Limnol.*, 27: 586-592.
- Claassen, T.H.L., 2000b. Water management in a large agricultural used catchment area of shallow lakes, The Netherlands. in: P.K. Jha *et al.* (eds), *Environment and Agriculture; at the crossroad of the new millennium*, pp.421-434. ECOS.
- Claassen, T.H.L., 2004. Veranderingen in het Friese waterbeheer; wat verloren ging en waar kansen liggen. *Twirre* 15 (4): 96-99.
- Claassen, T.H.L., 2006. Preliminary results of water quality monitoring and an overview of restoration measures. Implementation of the EU water Framework Directive in Lake Leijen, The Netherlands.
- Claassen, T.H.L. & T. Ietswaart, 2003. Ecosysteemontwikkeling en peilbeheer van de Friese boezem. *H₂O* 36 (25/26): 34-37.
- Claassen, T.H.L. & M. Thannhauser, 2004. Waterkwaliteitsverbetering en natuurontwikkeling in De Deelen. *H₂O* 37 (10): 18-22.
- Coops, H., 1996. Helophyte zonation: impact of water depth and wave exposure. Proefschrift KU Nijmegen.
- Coops, H. (ed.), 2002. Ecologische effecten van peilbeheer: een kennisoverzicht. RIZA rapport 2002.040.
- Coops, H., M. Beklioglu & T.L. Crisman, 2002. The role of water-level fluctuations in shallow lake ecosystems; conclusions workshop Shallow Lakes. Zie ook: www.sulakalan.org
- Coops, H. & S.H. Hosper, 2002. Water-level management as a tool for restoration of shallow lakes in the Netherlands. *Lake and Reservoir Management* 18 (4): 293-298.
- Coops, H., S. Sollie & R. Portielje, 2004. Lagere nutriëntengehalten in meren en plassen door natuurlijker peilbeheer? *H₂O* 37 (14/15): 25-27.
- Dam, H. van & R.F.M. Buskens, 1993. Ecology and management of moorland pools: balancing acidification and eutrophication. *Hydrobiologia* 265: 225-263.
- De Levende Natuur, 1999. Riet. themanummer 110 (2): 39-74. [diverse bijdragen]
- Delleman, I.M.E. & F.J. Jorna, 1999. Verlengde aanvoerweg goed alternatief voor natuurlijk zuiveringsfilter. *Het Waterschap* 84 (22): 1032-1037.
- Diggelen, R. van, R. Bekker, J. Spijksma & A. Wierda, 1996. Natte hooilanden aan het infuus. *Landschap* 13 (3): 223-234.
- Dijkstra, V., 1997. Belangrijke zoogdiergebieden in Nederland. Meded.37 van VZZ, Utrecht.
- Eerden, M. van, H. Bos & L. van Hulst (eds.), 2007. In the mirror of a lake. Rijkswaterstaat.
- Fellinger, M., T. Kok, M. Lof & V. van der Meij, 2004. Stroomlijning Kaderrichtlijn Water en de habitatrichtlijn. EC LNV, Ede.
- Fiselier, J.L., 1987. Meerbegeleidende moerassen voor waterzuivering en natuurontwikkeling. CML Mededeling 30, Leiden.
- Friese waterschappen, 2000. Integraal waterbeheerplan 2001-2004.

- Friese waterschappen, 2001. Afvoer en berging van water in Fryslân, hoofdrapport. HKV PR416.20.
- Golterman, H.L., 1970. Mogelijke gevolgen van de fosfaat-eutrofiëring van het oppervlaktewater. *H₂O* 3 (10): 209-215.
- Golterman, H.L., 1973. De invloed van fosfaat op het aquatisch milieu. *H₂O* 6 (17):
- Golterman, H.L., 1976. Eutrophisation des Eaux peu profondes. *Bulletin Français de Pisciculture* No 260: 103-109.
- Graveland, J. & H. Coops, 1997. Achteruitgang van rietgordels in Nederland. *Landschap* 14: 67-86.
- Grimm, M.P., 1996. 10 jaar BOVAR. De Veluwerandmeren als snoekhabitat. *H₂O* 29 (18): 539-540.
- Grontmij, 1995. Ecologisch beheersprogramma voor boezemmeren in Friesland. Zeist.
- Grontmij, 1998. Verslag van de workshop: "Mogelijkheden peilbeheer in relatie tot de bouw van een zeegemaal." P.n.: 03 7480 1.
- Gulati, R.D. & E. van Donk, 2002. Lakes in The Netherlands, their origin, eutrophication and restoration: state-of-the-art review. *Hydrobiologia* 478: 73-106.
- Haan, H. de & U.G. Hosper, 1988. Waterkwaliteitsverbetering door hydrologische manipulatie in De Oude Venen, Friesland. *H₂O* 21(14): 376-381.
- Haan, H. de & J.R. Moed, 1984. Phosphorus, nitrogen and chlorophyll-A concentrations in a typical Dutch polder lake, Tjeukemeer, in relation to its water regime between 1968 and 1982. *Wat. Sci. Tech.* 17: 733-743.
- Haan, K. de, 1952. Van heideontginning tot landaanwinning. p 15-20 in Friesland toen, nu en straks.
- Heckman, C.W., 1982. Ecological functions of aquatic tracheophytes in lentic ecosystems. A comparative study of artificial urban water bodies in Hamburg. *Int. Revue ges. Hydrobiol.* 67 (2): 187-207.
- Hoek, W. van den, 2003. Samenwerking is de sleutel tot een vitaliserend waterpeil voor moerassen. *Vogelnieuws* 16 (3): 10-11.
- Hoek, W. van den, 2003. Natuurlijker peilbeheer nodig voor moerasvogels. *De Water* juli 2003: 6-7.
- Hoekstra, T., 1991. Riet en otters. SON en Van Hall Instituut, Groningen.
- Hosper, S.H., 1984. Restoration of lake Veluwe, The Netherlands, by reduction of phosphorous loading and flushing. *Wat. Sci. Tech.* 17 (2): 757-768.
- Hosper, S.H., 1997. Clearing lakes; an ecosystem approach to the restoration and management of shallow lakes in the Netherlands. *Proefschrift*, Wageningen.
- Hosper, S.H., 1998. Stable states, buffers and switches: an ecosystem approach to the restoration and management of shallow lakes in The Netherlands. *Wat. Sci. Tech.* 37 (3): 151-164.
- Hosper, S.H., P.C.M. Broers & J. de Jong, 1994. Ecologisch herstel meren en plassen, meer dan aanpak van fosfaatbelasting. *Het waterschap* 79 (13): 545-550.
- Hosper, S.H., M.-L. Meijer & E. Jagtman, 1987. Actief biologisch beheer, nieuwe mogelijkheden bij herstel van meren en plassen. *H₂O* 20 (12): 274-279.
- Hosper, S.H., R. Portielje & E. Lammens, 2007. Heldere meren in Nederland in 2015: droom of werkelijkheid? *H₂O* 40 (18): 31-33.

- Hut, R.M.G. van der, 2000. Moerasvogels en beheer: het effect van rietmaaien en waterpeilbeheer. De Graspieper 20 (4): 90-100.
- Hut, R.M.G., R. Foppen, N. Beemster, M. Roodbergen & S. Deuzeman, 2008. Ruimte voor riet en moerasvogels in de noordelijke Randmeren. A&W-rapport 1108.
- HydroLogic, 2002. Variabel peilbeheer Friese boezem; afwegingsinstrumentarium. Amersfoort.
- Iwaco, 2002. Natuurlijker peilbeheer Friese boezem. Groningen.
- Janse, J.H., E. van Donk & T. Aldenberg, 1998. A model study on the stability of the macrophyte-dominated state as affected by biological factors. Wat. Res. 32 (9): 2696-2706.
- Jarvinen, M. & M. Rask, 1992. The Lake Iso Valkjarvi liming experiment – changes in epilimnetic water properties of L. Iso Valkjarvi following liming. Lammi Notes 19: 1-8.
- Joustra, A.H., 1953. Plantensociologisch onderzoek van de oost- en westoever van de Leijen. Verslag bijvak Plantensociologie Pedagogiek. M.O.-B, Groningen.
- Keuning, J., 1985. Algenbloei niet accepteren maar bestrijden. Natuur+Milieu 7-8: 18-21.
- Klinge, M., M.P. Grimm & S.H. Hosper, 1995. Eutrophication and ecological rehabilitation of Dutch lakes: presentation of a new conceptual framework. Wat. Sci. Tech. 31 (8): 207-218.
- Körner, S., 2002. Loss of submerged macrophytes in shallow lakes in North-Eastern Germany. Internat. Rev. Hydrobiol. 87 (4): 375-384.
- Kühl, H. & J.-G. Kohl, 1992. Nitrogen accumulation, productivity and stability of reed stands (*Phragmites australis* Cav.) Trin. ex Steudel) at different lakes and sites of the lake districts of Uckermark and Mark Brandenburg (Germany). Int. Revue ges. Hydrobiol. 77 (1): 85-107.
- Kuypers, A., J.J. Buyse, D. Klopstra & P. de Vries, 2002. Berging en afvoer van water in Fryslân. Het Waterschap 87 (6): 264-270.
- Kuypers, A., H. Flikkema, M. Kok & I.B.M. Lammers, 1999. Extreme neerslag en de afwatering van Fryslân. Het Waterschap 84 (2): 54-59.
- Kwakernaak, C., F. Klijn, J.L. Fiselier & H. Duel, 1991. Alternatieven voor wateraanvoer. Landschap 8 (2): 93-107.
- Lappalainen, K.M., 1982. Lake management and restoration. Aqua Fennica 12: 37-46.
- Large, A.R.G., G.E. Petts, R.L. Wilby & M.T. Greenwood, 1993. Restoration of floodplains: a UK perspective. EWPC 3 (5): 44-53.
- Lee, G.F. & R. A. Jones, 1986. Detergent phosphate bans and eutrophication. Environ. Sci. Technol. 20 (4): 330-331.
- Leenen, J.M.J. & P.J.R. de Vries, 1986. Integrale aanpak eutrofiëringsbestrijding. Waterschapsbelangen 71: 508-513.
- Leentvaar, P., 1970. Het probleem van eutrofiering. H₂O 3 (5): 100-103.
- Leentvaar, P. 1979. Zeven criteria voor hypertrofie. H₂O 17 (12): 368-372 en 397.
- Leentvaar, P., 1980. Eutrophication, nature management and the role of potassium. Hydrobiol. Bull. 14 (1/2): 22-29.
- Ligtvoet, W. & S.A. de Jong, 1995. Ecosystem development in Lake Volkerak-Zoom: concept and strategy. Wat. Sci. Tech. 31 (8): 239-243.

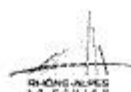
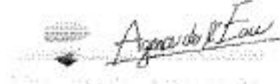
- Lohammer, G. 1965. The Vegetation of Swedish Lakes. *Acta Phytogeographica Suecica* 50: 28-48.
- Lohammer, G., 1966. Some observations on horizontal variations in a eutrophic lake. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 16: 89-96.
- Maasdam, R., 1999. De boezem als graadmeter voor natuurontwikkeling in Fryslân. *Twirre* 10 (1): 10-13.
- Maasdam, R. & T.H.L. Claassen, 1997. The Frisian lakes: Trends in water quality. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 26: 736-739.
- Maasdam, R. & T.H.L. Claassen, 1998. Trends in water quality and algal growth in shallow Frisian lakes, The Netherlands. *Wat. Sci. Tech.* 37 (3): 177-184.
- Madsen, J.D., P.A. Chambers, W.F. James, E.W. Koch & D.F. Westlake, 2001. The interaction between water movement, sediment dynamics and submerged macrophytes. *Hydrobiologia* 444: 71-84.
- Marsman, D.J. & P.J.T. van Bakel, 1994. Waterconservering in Friesland. *Landinrichting* 34 (6): 13-18.
- Meijer, M.-L., 2000. Biomanipulation in The Netherlands; 15 years of experience. Proefschrift, Wageningen.
- Ministerie van V&W, 1996. Peil in beweging voor natuurlijke wateren in Nederland. Brochure Integraal waterbeheer.
- Nishihiro, J., S. Miyawaki, N. Fujiwara & I. Washitani, 2004. Regeneration failure of lakeshore plants under an artificially altered water regime. *Ecological Research* 19 (6): 613-623.
- Olieman, A., 2001. Nieuw licht op achteruitgang van rietkragen in het Reeuwijkse Plassengebied. *Het Waterschap* 86 (21): 1035.
- Olivier, L., 2003. Relatie peilfluctuering en (Riet)oeevervegetatie. Van Hall Instituut, Leeuwarden.
- Olsthoorn, C.S.M., 1986. De relatieve bijdrage van diverse bronnen aan de fosfaatbelasting van het zoete oppervlaktewater. *H₂O* 19 (9): 170-173.
- Olsthoorn, C.S.M., 1988. Fosforbalans van Nederland, 1986. Kwartaalbericht milieustatistiek 5 (4): 4-9.
- Ostendorp, W., C. Iseli, M. Krauss, P. Krumscheid-Plankert, J.-L. Moret, M. Rollier & F. Schanz, 1995. Lake shore deterioration, reed management and bank restoration in some Central European lakes. *Ecological Engineering* 5: 51-75.
- Peeters, E., J. de Klein & M. Scheffer, 2007. Onderzoek naar het ecologisch functioneren van Nederlandse sloten. *H₂O* 40 (6): 30-31.
- Ploeg, D.T.E. van der, 1990. De Nederlandse breedbladige fonteinkruiden. *Wet. Med. KNNV* nr. 195. Utrecht.
- Provinciale Waterstaat van Friesland, 1978. Jaarverslag 1976. Leeuwarden.
- Provincie Fryslân, 1997. Dêr't de dyk it lân omklammet, Waterhuishoudkundige Inrichting van Fryslân.
- Provincie Fryslân & Friese waterschappen, 2002. Verkenning van berging en afvoer van water in Fryslân, synthese beleid en onderzoek.
- RBO Rijn-Noord, 2008. Schoon en gezond water in Noord-Nederland. Beslisnota KRW/WB21.

- Riegman, R., 2007a. Vijftien jaar Actief Biologisch Beheer (ABB) in het Duiningermeer. Waterschap Reest en Wieden, Meppel.
- Riegman, R., 2007b. Ecologie en waterkwaliteit van de boezem van Noordwest Overijssel: Verplaatsing van de Waterinlaat en nadere maatregelen. Waterschap Reest en Wieden, Meppel.
- Riemersma, J.H., 1901. Een en ander over de verontreiniging van de openbare wateren in Nederland, met vermelding van eenige bijzonderheden betreffende het Friesche binnenwater. LC, november en december 1901.
- Rienks, W.A., A.L. Gerritsen, W.J.H. Meulenkamp, F.G.W.H. Ottburg, E.P.A.G. Schouwenburg, J.J.H. van den Akker & R.F.A. Hendriks, 2004. Veenweidegebied in Fryslân – de effecten van vier peilstrategieën. Wageningen, Alterra-rapport 989.
- RIZA, 2002. Ecologische effecten van peilbeheer: een kennisoverzicht. Zie ook: www.ecopeilbeheer.nl
- Roodzand, S.J. & S.J. Holthuisen, 2008. Een effectenanalyse van KRW maatregelen op Natura 2000 doelen in Fryslân. Van Hall Larenstein, Leeuwarden.
- Rijkswaterstaat, 1996. Peil in beweging voor natuurlijke wateren in Nederland.
- Rijdsdijk, R.E., 1996. Mogelijke maatregelen bij de bestrijding van de eutrofiëring in Nederlandse plassen en meren. RIZA, Lelystad.
- Sarneel, J. e.a., 2007. Onderzoek ten behoeve van het herstel en beheer van Nederlandse laagveenwateren. OBN-rapportage i.o.v. DK van ministerie van LNV.
- Scheffer, M., S.H. Hosper, M.-L. Meijer, B. Moss & E. Jeppesen, 1993. Alternative equilibria in shallow lakes. *Trends in Ecology and Evolution* 8 (8): 275-279.
- Schotsman, N., 1988. Onbemest grasland in Friesland; hydrologie, typologie en toekomst. Provincie Friesland.
- Smolders, A.P.J., L.P.M. Lamers, E.C.H.E.T. Lucassen, G. van der Velde & J.G.M. Roelofs, 2006. Internal eutrophication: Ho wit Works and what to do about it – a review. *Chemistry and Ecology* 22 (2): 93-111.
- Sollie, S., 2007. Littoral zones in shallow lakes; contribution to water quality in relation to water level regime. Proefschrift, Universiteit van Utrecht.
- Søndergaard, M., E. Jeppesen, T.L. Lauridsen, C. Skov, E. van Nes, R. Roijackers, E. Lammens & R. Portielje, 2007. Lake restoration: successes, failures and long-term effects. *Journal of Applied Ecology*. 11p.
- Spieksma, J., 1994. Waterbeheer in Friese boezemlanden. *Noorderbreedte* 18 (4): 160-163.
- Spieksma, J.F.M., J.M. Schouwenaars & R. van Diggelen, 1995. Assessing the impact of water management options upon vegetation development in drained lake side wetlands. *Wetlands Ecology and Management* 3 (4): 249-262.
- STOWA, 1998. Ecologisch onderzoek naar de effecten van bufferstroken langs watergangen. Rapport 98-26.
- STOWA, 2008. Van helder naar troebel ... en weer terug. STOWA rapport 2008-04. Utrecht.
- Tydemans, P., 2005. Integraal Waterbeheerproject het Nanneiid: na 10 jaar de balans opgemaakt. Wetterskip Fryslân, Leeuwarden.

- Urbanc-Bercic, O. & A. Gaberscik, 2004. The relationship of the processes in the rhizosphere of Common Reed *Phragmites australis*, (Cav.) Trin ex Steudel to water fluctuation. Internat. Rev. Hydrobiol 89 (5-6): 500-507.
- Verhoeven, J.T.A., 2002. Natte natuur in een schoon landschap; de ecologische functie van wetlands. Oratie Universiteit Utrecht.
- Vogelbescherming Nederland, 2001. Het ABC voor Beschermingsplan Moerasvogels. Brochure, Zeist.
- Walther, G.L., 1952. Waterstaat en waterschappen. p. 143-153 in Friesland toen, nu en straks.
- Wessels, Y., T.H.L. Claassen & M. Engelman, 2006. De Leijen: ecologisch gewogen en te licht bevonden. Twirre 17 (3): 88-93.
- Wetterskip Fryslân, 1998. Kwaliteit oppervlaktewater 1997.
- Wetterskip Fryslân, 1998. Toekomstvisie inzake beleid en beheer Friese boezem; discussienota ter voorbereiding van het IWBP.
- Wetterskip Fryslân, 2003. Onderzoek variabel peil Friese boezem; eindrapport.
- Wetterskip Fryslân, 2008. Veiligheidsplan.
- Wetterskip Fryslân en Provincie Fryslân, 2005. Eindrapport Onderzoek gewenst peilbeheer Friese boezem. Witteveen + Bos.
- Wienk, L.D., J.T.A. Verhoeven, H. Coops & R. Portielje, 2000. Peilbeheer en nutriënten; literatuurstudie naar de effecten van peildynamiek op de nutriëntenhuishouding van watersystemen. RIZA/Universiteit Utrecht.
- Wiggers, R., 1997. Veerkracht van de Friese boezem; onderbouwing voor een ecologisch gewenst peilbeheer in de Friese boezem. Van Hall Instituut, Groningen.
- Witteveen + Bos, 1995. Beheersprogramma wateren voor karperachtigen; meren en plassen. Deventer.
- Witteveen + Bos, 1999. Duurzaam waterbeheer: vergroting van de veerkracht van de Friese boezem door een natuurlijker peilbeheer.
- Witteveen + Bos, 2007. MKBA flexibel peilbeheer Friese boezem. Deventer.
- Wymenga, E., A.A. van de Berg & A. Brenninkmeijer, 2002. Natuurwaarden en breedte van oevers in Fryslân. A&W-rapport 298.
- Zandstra, E. (ed.), 1948. Het Princehof.
- Zandvoort, H., 1966. Het beheer van Frieslands boezem. De Ingenieur 78 (3): 9-26.

Bijlagen

- 1 Statement for the restoration of natural lowest water level fluctuations in regulated water bodies.
- 2 Het ecologisch en economisch belang van riet.
- 3 Het belang van riet voor de waterkwaliteit.
- 4 Resultaten van helofytenfilters.
- 5 Voorwaarden voor aanleg van vooroevers voor goede rietontwikkeling.
- 6 Literatuur over moerasvogels, riet en peilbeheer.
- 7 Deel van de website van Helpdesk Water



European symposium
**Management and conservation of lake
 littoral vegetation**



—00000—

**STATEMENT FOR THE
 RESTORATION OF NATURAL LOWEST WATER LEVEL
 FLUCTUATIONS IN REGULATED WATERBODIES**

- Aquatic vegetation is vital for lake ecosystems ; its regression is detrimental to both its biodiversity and functioning
- Water quality is a high priority for legislators, administrators and financiers, but there are other obstacles for restoration.
- The disappearance of the fluctuating zone leads to gradual decline of existing reedbeds with negligible opportunity for rejuvenation ; the beneficial ecological functioning and water quality of this zone will be lost as well.
- Scientists and managers, who met in an European symposium at Le Bourget du Lac, stress that to reach the Good Ecological Status, both water quality and natural water fluctuations have to be considered, as required under the E.U. Water Framework Directive.
- **A plan to rehabilitate natural water fluctuating levels is therefore required, including :**
 - Raising public awareness about the necessity of natural water fluctuations, including low water periods, because of their ecological and aesthetic value ;
 - Incorporation of water level fluctuation in management plans needs to be a priority under the E.U. Water Framework Directive ;
 - Environmental and socio-economic assessment (including human uses and infrastructures) of the restoration of natural water level regimes, including low water periods

We are confident that the competent authorities will support this statement and incorporate it into policy and subsequent action plans.

Au Bourget du Lac, 25 October 2002

—00000—

Bijlage 2.

Het belang van riet

Stadium in de successie

Riet (*Phragmites australis*) is een zeer algemene plant met een brede ecologische amplitude. Deze soort groeit op zand-, veen- en kleibodem, komt voor in voedselarme tot voedselrijke milieus en tolereert zoet tot brak water. Bij sterkere verzilting neemt de hoogte en grootte van de plant af en zal dan langzaam verdwijnen. Indien gevoed door zoet (kwel)water, dan komt riet ook in een zilte omgeving nog voor.

Betekenis van riet voor natuur

Rietvegetaties hebben een grote betekenis voor de natuur en mens (zie navolgende tabel). De plant neemt voedingsstoffen en verontreinigende stoffen (vooral zware metalen) op en legt deze vast. Aangehechte micro-organismen vormen een belangrijke functie voor het zelfreinigend vermogen van het water. Daarnaast hechten zich talrijke soorten (vooral diatomeeën) aan rietstengels. Riet is een belangrijke habitat tal van andere organismen: schuilplaats voor snoek, broedbiotoop voor de Grote karekiet en tal van andere moerasvogels, habitat voor vele soorten (van insecten tot kleine zoogdieren).

zelfzelfreinigend vermogen	reductie BOD, nutriënten en verontreinigende stoffen
habitat voor waterdieren	epifytische algen, macrofauna en vissen
habitat voor overige fauna	moerasvogels, kleine zoogdieren
oeverbescherming	vastleggen van bodem, weerstaan van golfslag
zuiverende werking	bij inzet als helofytenfilter
milieuverbetering	vastleggen CO ₂ , afvangen NO ₂ en fijnstof
landschappelijke waarde	algemeen genot en welbevinden
cultuurhistorische waarde	behoud van beroep van maaien en dakdekken
belevingswaarde	recreatieve waardering
verervingswaarde	behoud biodiversiteit
economische waarde	rietproductie (dekriet en bladriet), biobrandstof

Oeverbescherming

Riet en overige helofyten, zoals Mattenbies en Kleine lisdodde, vormen een belangrijke structuurbescherming voor de oever (en indien aanwezig) de achterliggende kade (DWW wijzer 29). Golfslag en ijsgang worden geremd. Een goede conditie van deze vegetatie is dan ook van belang voor het behoud van oever (en kade). Wetterskip Fryslân heeft sinds een aantal jaren een programma ingezet voor beheer en onderhoud van deze oeverzones langs de randen van de Friese boezem.

Zuiverende werking

Wel bekend is de werking van vooral riet voor de zuivering van afvalwater. Helofytenfilters zijn aangelegd om (afval)water na te zuiveren of in (natuur)gebieden in te laten water voor te zuiveren. Voor de inzet van helofytenfilters in Friesland wordt verwezen naar bijlage 4. Op dezelfde principes gebaseerd geldt een zuiverende functie van (water)riet langs de oevers van wateren. Dat belang is beschreven in bijlage 3. Aan zware metalen kan ca. 109 kg (cadmium, lood, etc.) worden vastgelegd.

Milieuaspecten

Naast de natuurwaarden vervult riet maaien en oogsten een bijdrage aan de CO₂ vastlegging en daarmee een bijdrage aan de Kyoto. CO₂ is het belangrijkste broeikasgas. Riet is erg productief, neemt voedingsstoffen op en zuivert daarmee het water. Riet is ook een energiegewas, mogelijk kan er groene stroom of brandstof van gemaakt worden (indien niet

bruikbaar als dekriet). In het kentallenboek t.b.v. maatschappelijke kosten baten analyses (MKBA's) wordt voor vastlegging van C 6800 kg per ha/jaar aangegeven. In een Alterra-studie (Tolkamp *et al.*, 2006) naar de hoeveelheid biomassa uit SBB-gebieden, die beschikbaar is voor bio-energie, wordt een vastlegging van maximaal 5000 kg C/ha/j vermeld. Voor iedere kg C die vastgelegd (gebonden) wordt, is 3.67 kg CO₂ nodig. Deze 5 ton C kg/ha/j is equivalent met 18 ton CO₂ (bij 10 ton rietproductie). Er zijn elders overigens wel hogere getallen voor de rietopbrengst in omloop. De bruto CO₂ vastlegging per ton ligt vast en bedraagt ca. 1.8 ton CO₂.

De hieruit voortvloeiende hoeveelheid emissiereductie door het maaien en oogsten van riet is mede afhankelijk van 1) de levensduur van bijvoorbeeld dekriet (nadien kan CO₂ weer vrijkomen) en 2) de bespaarde CO₂, die afhangt van de vervangende producten (bijvoorbeeld extra isolatiemateriaal en dakpannen) en productieketens. Als het riet zou worden ingezet voor bijv. elektriciteitsproductie kan per ton geoogst en verbrand riet een netto reductie van de CO₂ uitstoot van ca. 650 kg CO₂ equivalenten per ton riet worden bereikt. Dit is berekend voor een energie-inhoud van riet van 17 GJ/ton, een energieconversierendement naar elektriciteit van 30% en een emissiereductie van 0.46 kg CO₂ equivalent/kWh. Het laatste getal komt van de Werkgroep Duurzaamheid in het kader van de energietransitie voor 2030. Voor andere producten of toepassingen van riet zal de berekening complexer worden (Reith, persoonlijke mededeling). Ook afgedankt dekriet zou nog ingezet kunnen worden voor bijvoorbeeld elektriciteitsproductie. Alles bij elkaar is dus zeker een CO₂ reductie te verwachten.

Kentallen voor het afvangen van fijnstof en NO₂ bedragen resp. 11 kg per ha riet per jaar en 10 kg per ha per jaar. Dergelijke hoeveelheden worden bij MKBA's omgerekend naar euro's voor onderlinge vergelijking van kosten en baten van milieu-ingrepen.

Economische betekenis

Niet minder onbelangrijk is de economische betekenis van riet en riet oogsten. Rietgedekte huizen zijn zeer gewaardeerd (en tevens van landschappelijke betekenis), bladriet wordt gebruikt in dierentuinen en –parken of in de bollenteelt, en mogelijk is riet ook bruikbaar als biobrandstof (groene stroom). In het Transitiepad: Energie en grondstoffen uit aquatische biomassa zijn daar ramingen voor gegeven; orde van grootte 10 ton droge stof/ha/jaar. Het maaien, oogsten en beheren van riet levert werkgelegenheid (veelal in regio's met minder bedrijvigheid). Van Gaasbeek *et al.* (1999) geven diverse vormen van toepassing van riet.

Literatuur

DWW wijzer 29. Levend riet/biezen/elzen/wilgen in oevers.

Gaasbeek van F., J. Kok, T. Post, C. Tetteroo, K. van Vuuren & D. Waasdorp, 1999. Vreemde vogels in het riet; de betekenis van riet voor de provincie Fryslan. IAH Larenstein.

Reith, J.H., persoonlijke mededeling 2007. Energieonderzoek Centrum Nederland (ECN), Unit Biomassa.

Steketee, J.J., A. Mels, I. Bisschops, J.H. Reith & T. Schomaker, 2005. Waterplanten als grootschalig energiebron. Coalitievorming en vormgeving transitie-experimenten. TAUW, Deventer.

Tolkamp, G.W., C.A. van den Berg, G.J.M.M. Nabuurs en A.F.M. Olsthoorn, 2006. Kwantificering van beschikbare biomassa voor bio-energie uit Staatsbosbeheerterreinen. Wageningen, Alterra-rapport 1380.

Bijlage 3

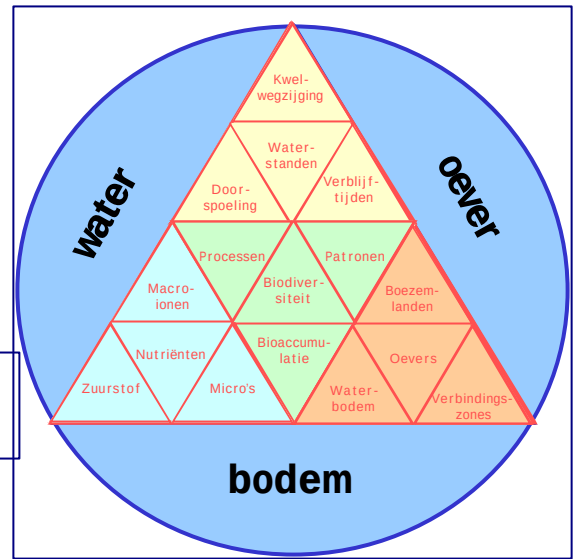
Het belang van riet voor de waterkwaliteit

Waterkwaliteit

De kwaliteit van het oppervlaktewater wordt door veel aspecten bepaald en kan op vele manieren worden beschreven. De vorm, verblijftijd van het water, diepte, grondsoort ed. bepalen primair hoe de waterkwaliteit zal zijn. Emissies van stoffen en daarmee ook het omliggende gebied van het watersysteem, in samenhang met de 'interne' kringloop van stoffen bepalen vervolgens de waterkwaliteit. De karakteriseri

ng en beschrijving van het watersysteem, en daarmee de waterkwaliteit, kan bijvoorbeeld plaats vinden aan de hand van de waterlens (Friese waterschappen (2000)).

Figuur 1. De waterlens als schematisatie van de samenhang in een oppervlaktewater volgens de watersysteembenadering



Nutriënten

De waterkwaliteit in het beheersgebied wordt in sterke mate bepaald door de nutriënten fosfaat (P) en stikstof (N). Een overmaat aan deze voedingsstoffen leidt tot eutrofiëring, die zich in het Friese boezemwater uit in uitbundige algengroei (vaak blauwalgen) en een gering doorzicht. Als minimale landelijke normen voor oppervlaktewater gelden momenteel voor totaal-P en totaal-N resp. de waarden 0.15 mgP/l en 2.2 mgN/l en voor doorzicht 0.4 m. De huidige situatie van het boezemwater kan worden gekarakteriseerd als voedselrijk, eutroof. Slechts weinig soorten kunnen zich in voedselrijk water handhaven. De meeste waterplanten verdwenen, Snoek en Zeelt zijn af genomen en de brasemstand enorm is toegenomen. De kringlopen van fosfaat en stikstof zijn vrij complex, waarbij de waterbodem en de aanwezige organismen een belangrijke rol spelen. Schematisaties van deze kringlopen zijn onder meer te vinden in het RIZA-rapport Peilbeheer en nutriënten (Wienk *et al.*, 2000).

Waterplanten

Waterplanten kunnen naar hun groeivorm verdeeld worden in onderwaterplanten (bv. Fonteinkruiden), planten met drijfbladeren (bv. Waterlelie) en bovenwaterplanten (bv. Gele lis). Al deze groeivormen hebben hun eigen plaats in de stofkringloop. De groei en soortensamenstelling van waterplanten zijn (naast licht, temperatuur en macro-ionensamenstelling) sterk gerelateerd aan het nutriëntengehalte. In de Friese boezem zijn onderwaterplanten vrijwel verdwenen, drijfbladplanten beperkt tot beschutte plekken en helofyten nog aanwezig als smalle zones. Gemiddeld genomen beslaat deze oeverzone ca. 1 % van het boezemwateroppervlak, terwijl voor een gezond systeem aan een gemiddelde van 10 % gedacht moet worden.

Waterriet

De bovenwaterplanten (helofyten) spelen, mede door hun permanente aanwezigheid, doorworteling en aangehechte micro-organismen, een belangrijke rol in het vastleggen en verwijderen van nutriënten uit het water. Riet is van deze helofyten de meest efficiënte soort, gevolgd door Kleine lisdodde en Mattenbies. Door de grote ecologische amplitude van Riet kan deze soort zowel op het land als in het water groeien. Voor de rol in het watersysteem moet onderscheid gemaakt tussen zogenaamd landriet en waterriet (figuur 2). Hier gaat het om waterriet. Landriet heeft nauwelijks interactie met het water en daardoor ook geen

Relaties waterriet en waterkwaliteit

Nutriëntenverwijdering

The diagram illustrates the influence of various factors on plant communities, specifically reed (Riet) and water plants (waterplanten). The factors are categorized into three groups: sturend (controlling), conditionierend (conditioning), and respons (response).

- sturend (controlling):**
 - Boezemgrasland, Landriet, Struweel
 - bodem (soil)
 - peil (water level)
 - strijklengte (mowing length)
 - emissies (emissions)
- conditionierend (conditioning):**
 - diepte (depth)
 - slib (sludge)
 - extinctie (extinction)
 - chlor -a (chlorophyll a)
 - N, P (nitrogen and phosphorus)
- respons (response):**
 - Riet (reed)
 - Snoek (pike)
 - Otter (otter)
 - Gr. karekiet (great reed bed)
 - waterplanten (water plants)

The relationships are as follows:

- Boezemgrasland, Landriet, and Struweel all influence Riet.
- bodem influences Riet.
- peil influences diepte, which in turn influences Riet.
- strijklengte influences slib, which in turn influences extinctie.
- emissies influence N, P.
- N, P influences chlor -a.
- diepte also influences waterplanten.
- slib influences extinctie.
- extinctie influences waterplanten.
- Riet influences waterplanten.
- waterplanten influences Snoek, Otter, and Gr. karekiet.
- waterplanten also influences the sturend category (via a feedback loop).

43

Resultaten van genoemd onderzoek van onder meer het WL en ondersteund door het CML (1987) en STOWA (1998) komen uit op een gemiddelde verwijderingscapaciteit van waterriet voor stikstof van 1050 kgN/ha/j en voor fosfaat van 5 kg P/ha/j.

Indirecte relaties en 2^e orde effecten

Niet minder belangrijk zijn de indirecte relaties tussen ofwel de 2^e orde effecten van waterriet en waterkwaliteit. Voor alle hierna genoemde 2^e orde effecten spelen ook de nutriëntenkringloop en –verwijdering en daarmee het helderder worden van het water een belangrijke rol.

Zwevende stof en troebeling: In deze natte oeverzone wordt zwevende stof ingevangen, hetgeen een bijdrage levert aan heldere water. Dat vergroot de kans op waterplantengroei, meer invang van zwevende stof, meer Snoek, minder Brasem, etc. Deze positieve feedback en zichzelf stabiliserende mechanismen zijn beschreven door Scheffer (1998). Meer vegetatie draagt bij aan minder nutriënten, minder algen, de helderheid van het water, meer Snoek, etc. Uit deze onderlinge relaties volgt dat vertroebeling leidt tot (meer) vertroebeling en vegetatie tot (meer) vegetatie. Het helofytenfilter bij het Nanneviid blijkt zeer effectief te zijn in het verwijderen van zwevende stof, tot meer dan 1000 kg/ha, daarmee een sterke bijdrage leverend aan de helderheid van het water. Verwacht mag worden dat dit ook speelt in de waterriet zone langs de randen van de boezem.

Habitat: Waterriet vormt een habitat en schuilgelegenheid voor vele soorten (zoals macrofauna, vissen, moerasvogels en kleine zoogdieren). Het belang van waterriet of anderszins de aanwezigheid van bufferstroken (*riparian zones*) is onder meer beschreven in Heckman (1982) en STOWA (1998). Gunstige effecten zijn aangegeven voor de (diversiteit van) macrofauna en vissen, onder meer door de beschermende werking tegen verrijking met sediment en nutriënten. Zo is er een relatie tussen (aanwezigheid en breedte van) waterriet en Grote karekiet (Graveland & Coops, 1997). Opgemerkt zij dat langs de randen van de Friese boezem geen broedende Grote karekiet meer voorkomt. Deze functie draagt bij aan de biodiversiteit en daarmee aan de stabiliteit van het watersysteem.

Paaibiotop: Waterriet (maar ook voormalige in de winter overstroomde boezemlanden) vormt een paaigebied voor Snoek en daardoor een grotere predatiedruk op Brasem. Doordat jonge brasem op watervlooiën grazen, kunnen algen ongebreideld groeien, terwijl oudere brasem bij het foerageren de bodem omwoelt, waarbij slib in de waterkolom wordt gebracht en ontstaat troebel water.

Oeverbescherming: Waterriet geeft extra oeverbescherming en daardoor minder erosie en minder zwevende stof- en slibvorming. Seizoensgeboden wisselende waterpeilen leiden tot een verminderde erosie van oevers en ondiepe waterbodem. Resuspensie en vrijkomen van nutriënten in de waterfase worden hierdoor verlaagd. In een onderzoek naar de Friese boezem benaderde L. Olivier (2003) een jaarlijkse hoeveelheid bagger door oeverafslag van 115.000 m³. Ook achter bestaande beschoeiingen treedt zo hier en daar nog aanzienlijke erosie en uitspoeling van grond op. De golfdempende werking van riet is onder meer beschreven door Rijkswaterstaat.

conclusie

- e) De oever vormt een belangrijk onderdeel van het watersysteem. De daarin aanwezige oevervegetatie, met name waterriet, heeft een grote capaciteit nutriënten te binden en uit het water te verwijderen. Het gaat daarbij om ca. 5 kgP/ha/j en 1000 kgN/ha/j. Daarmee is het onderdeel van het zelfreinigend vermogen van het water.
- f) Ook indirecte effecten van de aanwezigheid van riet versterken het zelfreinigend vermogen, de habitatvorming voor organismen, de bescherming van de oever.

Literatuur

- Coops, H., S. Sollie & R. Portielje, 2004.
Lagere nutriëntengehalten in meren en plassen door natuurlijker peilbeheer? *H₂O* 37 (14/15): 25-27.
- Friese waterschappen, (2000)
Integraal Waterbeheerplan IWBP gebiedsdeelplan Friese boezem.
- Gervin, L. & H. Brix, (2002)
Removal of nutrients from combined sewer overflows and lake water in a vertical-flow constructed wetland system. (www.rootzone.dk)
- Graveland, J. & H. Coops, (1997)
Achteruitgang van rietgordels in Nederland; oorzaken, gevolgen en mogelijk herstel. *Landschap* 14: 67-86.
- Heckman, C.W., (1982)
Ecological functions of aquatic tracheophytes in lentic ecosystems. A comparative study of artificial urban water bodies in Hamburg. *Int. Revue ges. Hydrobiol.* 67 (2): 187-207.
- Iwaco, (2002)
Natuurlijker peilbeheer Friese boezem.
- Milieukunde, Centrum voor (1987)
Meerbegeleidende moerassen voor waterzuivering en natuurontwikkeling. CML mededeling 30. RU Leiden.
- Olivier, L., (2003)
Relatie peilfluctuering en (Riet) oeevervegetatie. Van Hall Instituut.
- Ridder, R.P. de, (1996)
Helofytenfilters; integratie van oppervlaktewaterzuivering, natuur en andere functies in moerassen. LBL mededeling 206.
- RWS/DWW, z.j.
De Beschermende werking van riet en mattenbies. DWW wijzer 83.
- Scheffer, M., (1998)
Ecology of shallow lakes. Chapman & Hall.
- STOWA, (1998)
Ecologisch onderzoek naar de effecten van bufferstroken langs watergangen. STOWA 98-26.
- Wienk, L.D., J.T.A. Verhoeven, H. Coops & R. Portielje, (2000).
Peilbeheer en nutriënten. RIZA.

Bijlage 4

Resultaten van helofytenfilters

Helofytenfilters

Helofytenfilters, ook wel constructed wetlands genoemd, zijn er in vele soorten en maten. De naam 'helofyten' verwijst naar hogere waterplanten zoals riet, mattenbies of lisdodde, waarmee de filters beplant zijn. Constructed wetlands omvatten helofytenfilters, maar er zijn ook constructed wetlands zonder helofyten. Het gaat dan om open water of met drijvende en/of onderwaterplanten begroeide systemen.

De zuiverende werking van helofytenfilters berust op verschillende processen

- 1) Omzettings- en afbraakprocessen in bodem en water. Hierbij spelen vooral bacteriën een rol. Die bacteriën ontwikkelen zich ook rondom de rietwortels, waarbij riet zuurstof transporteert naar de bodem.
- 2) Vastlegging van stoffen in de bodem (sedimentatie, vorming van neerslag en adsorptie aan bodemdeeltjes).
- 3) Opname van stoffen door helofyten.

Naast deze zuiverende werking, die vooral wordt afgemeten aan de verwijdering van fosfaat en stikstof, en BZV hebben constructed wetlands vaak een bijkomende werking, zoals:

- o verwijdering van typische geur van afvalwater
- o vastleggen van zware metalen
- o verwijderen van pathogenen (desinfectie)

Voor openwater systemen geldt daarnaast dat ze bijdragen aan:

- o een natuurlijk zuurstofregime
- o de opbouw van het ecosysteem (biodiversiteit)

De navolgende indeling wordt veelal gehanteerd. Het is gebaseerd op aanleg en inrichting.

Constructed wetlands	Open water systemen (vloeivelden)	Sloten en rietvelden (zuiveringsmoerassen)
		Vijvers, lagoons
	Bodem doorstroomde systemen (wortelzone systemen)	Horizontaal doorstroomde filters
		Verticaal doorstroomde filters (infiltratieveld)

openwater systemen

Sloten en rietvelden zijn soms en/of deels beplant met helofyten, maar ook trajecten met drijvende of onderwaterplanten komen voor. Vijvers bevatten in onze regio's meestal geen waterplanten, in de tropen vaak wel (drijvende vegetatie van bijvoorbeeld waterhyacint of kroos). Het te zuiveren water stroomt over het maaiveld of door de sloot.

De open water systemen zijn vaak bedoeld voor (na)zuivering (polishing) van gezuiverd afvalwater of voorzuivering van ergens in te laten oppervlaktewater. Het zijn laagbelaste systemen. Voor het behalen van een zuiveringsrendement is veelal een grote oppervlakte noodzakelijk.

bodem doorstroomde systemen

Bij de bodem doorstroomde systemen – ook wel wortelzone systemen - stroomt het te zuiveren water door de bodem tussen de wortels van de planten. De bodem wordt beplant met helofyten om de bodem open en doorlucht te houden en een klimaat voor micro-organismen te creëren. Er wordt gebruik gemaakt van twee principes: horizontaal en

verticaal (ook wel infiltratievelden) doorstroomde systemen. De bodem wordt meestal apart aangelegd en bestaat uit zand en grind aangevuld soms aangevuld met schelpen. Veelal is voor een goede werking een vorm van voorzuivering van afvalwater nodig.

De bodemdoorstroomde systemen zijn bedoeld voor kleinere hoeveelheden licht tot matig verontreinigd afvalwater. Het zijn hoogbelaste systemen. Hierdoor liggen de zuiveringsredementen hoger en kan volstaan worden met een veel kleinere omvang dan bij openwater systemen. Anderzijds is het technisch ingewikkelder en dus kostbaar. De systemen worden daarom alleen voor kleine hoeveelheden afvalwater gebruikt.

Toepassing van helofytenfilters

ontwikkelingslanden

Al lange tijd worden wetlands in ontwikkelingslanden gebruikt voor een vorm van afvalwaterzuivering, vaak in combinatie met economische benutting, bijvoorbeeld in de vorm van viskwekerijen of bruikbare gewassen. Van recentere datum zijn constructed wetlands aangelegd specifiek met het doel afvalwaterzuivering. Overigens zijn daarvan weinig monitoringresultaten bekend (STOWA 2005b). Problemen bij het niet goed functioneren kunnen zich voordoen vanwege slecht beheer, onregelmatige (over)belasting en aanvoer van te vies water.

Europa

In de westerse wereld, ook in ons land, zijn de eerste helofytenfilters aangelegd ter (na)zuivering van riooloverstortwater en van (voor)gezuiverd afvalwater. Kleinere kernen en/of afgelegen campings waren op die wijze goed aan te pakken. In de Noordoostpolder waren daartoe destijds een aantal helofytenfilters aangelegd. Ook het afvalwater van het dorp Lauwersoog is ca. 30 jaren behandeld in een helofytenfilter met voorbezinkvijver (Meulemans, 1999). In andere landen, zoals Engeland en België zijn, verhoudingsgewijze met ons land, veel van dergelijke helofytenfilters in gebruik voor behandeling van puntlozingen. Ook in woonwijken zijn en worden helofytenfiltersystemen aangelegd voor zuivering van straat- en dakwater. In Friesland is het Morrapark te Drachten daar een voorbeeld van (Claassen, 1997). De Leidsche Rijn bij Utrecht (Verhoeven et al., 2004) is het grootste en meest recente voorbeeld (omvattende een gebied met 100.000 inwoners, 30.000 auto's, 20.000 tuintjes en 7500 honden).

In de Scandinavische landen worden constructed wetlands op ruime schaal ingezet als slibvang en nutriëntenretentie van runoff-water uit grotere agrarisch gebruikte gebieden. Op die wijze wordt vooral de diffuse belasting aangepakt. Voor de Nederlandse situatie heeft Waterschap De Dommel vergelijkend onderzoek gedaan naar de effectiviteit van helofytenfilters en bufferstroken om diffuse verontreiniging aan te pakken (Matte, 2003).

melkveehouderij

Een kleinere variant van dergelijke systemen is aangelegd op boerenbedrijven en kleine woonblokken als een vorm van individuele behandeling van afvalwater (IBA). In Friesland zijn bij zes melkveehouderijbedrijven dergelijke bodemdoorstroomsystemen aangelegd (Wetterskip Fryslân, 1998). Recent zijn in NOLIMP-kader bij twee boerderijen (Algra en De Boer) nabij de Leijen kleine zuiveringssystemen aangelegd voor behandeling van erfafspoelwater en huishoudelijk afvalwater. Monitoring moet nog (gepland voor 2006) plaats vinden.

voorzuiivering inlaatwater

Een derde doel waartoe helofytenfilters zijn aangelegd betreft het voorzuiveren van in natuurgebieden in te laten (boezem)water. Vanaf begin jaren '90 zijn (mede in het kader van de subsidieregeling Regionaal Integraal Waterbeheer) diverse helofytenfilters aangelegd (Teule, 1990). In Friesland zijn als voorbeelden te noemen het Nanneewiid en De Deelen (Janssen, 2002). Elders werden bestaande rietvelden benut om inlaatwater door heen te leiden (Boornbergumer Petten en Rottige Meente).

nazuivering effluent

Van recentere datum zijn een tiental zuiveringsmoerassen in ons land, waarbij (soms een deel van) het effluent van een rwzi wordt nagezuiverd. Hierover verscheen enkele jaren geleden een STOWA handboek (STOWA, 2001), waarin de typen helofytenfilters worden beschreven, de zuiveringsprocessen worden beschreven en een keuzesysteem wordt aangereikt. Na Everstekooog op Texel (Schreijer *et al.*, 2000; Toet, 2003) volgden andere systemen, vaak een combinatie van bezink- en verdeelvijver, rietsloten en opvangvijver (STOWA, 2005a). In de meeste van deze gevallen krijgt het nagezuiverde effluent een specifieke bestemming (natuurontwikkeling, verdrogingsbestrijding, ed.).

Toepassingen in Friesland

In Friesland zijn de afgelopen jaren tal van helofytenfilters aangelegd. Soms zijn bestaande rietvelden in gebruik genomen als helofytenfilter om (inlaat)water te zuiveren. Dit is gebeurd bij de Boornbergumer Petten, aan de zuidkant van de Rottige Meente en bij het Brandemeer. Elders zijn velden ingericht en ingepland met riet (Nanneviid, De Deelen en Brandemeer). In de wijk Morrapark Drachten is een slotencircuit aangelegd waarin hemelwater van daken en straten wordt rondgepompt in deels met Mattenbies beplante sloten.

plaats	aanvoerwater	helofytenfilter
Laagbelaste open water systemen		
Nanneviid	boezemwater	Afgeplagd, ingeplant rietveld
De Deelen	boezemwater	Ingeplant rietveld
Boornbergumer Petten	Indirect boezemwater	Bestaand rietveld gebruikt
Rottige Meente	boezemwater (uit NW Overijssel)	Bestaand rietveld gebruikt
Brandemeer	boezemwater	ingeplant
Morrapark, Drachten	dak- en straatwater	Aangelegd, deels beplant biezén
Aqualân, Grou	Effluent rwzi	Aangelegd en deels beplant
Hoogbelaste bodem doorstroomde systemen		
Adema, Lemmer	bedrijfsafvalwater	vertikaal
Veltman, Oudega	bedrijfsafvalwater	vertikaal
Cluster, Koudum	bedrijfsafvalwater	vertikaal
Heeres, Hieslum	bedrijfsafvalwater	Combinatie horizontaal verticaal
Hoekstra, Oosthem	bedrijfsafvalwater	Combinatie horizontaal verticaal
Kooijman, Appelscha	bedrijfsafvalwater	Vertikaal met vijver

Bij de rwzi Grou wordt momenteel in het kader van het Urban Water Cycle project een nazuiveringsmoeras aangelegd. Uitgangspunt is het Waterharmonica-principe (STOWA, 2005a), waarbij op een zo natuurlijk mogelijke wijze het effluent wordt verbeterd en in ecologisch opzicht gaat gelijken op oppervlaktewater. Dit systeem bestaat deels uit vijvers en deels uit met riet beplante sloten.

Voor Ameland zijn eerder al plannen ontwikkeld voor nazuivering van het effluent en aanwending van dat (zoete) water op het eiland.

Rendement

Van de laagbelaste systemen op een veenondergrond bleken die bij de Boornbergumer Petten en Rottige Meente goed te werken. Voor het Brandemeer zijn reductiepercentages gemeten in resp. de eerste en tweede helft van het jaar van 30 en 51 % voor BZV, van 33 en 56 % voor P totaal, van 28 en 41 % voor N totaal, en van 70 en 85 % voor chlorofyl (Claassen & Janssen, 1992). De met riet begroeide verlande kraggen bevatten nauwelijks

veengrond, zodat het risico op nalevering van fosfaat en stikstof vanuit de bodem nauwelijks aanwezig was. Dat was anders bij De Deelen. Vanuit het niet geplagde en niet geëgaliseerde voormalige grasland trad wel nalevering op. Daardoor waren de nutriëntenconcentraties op het einde van het helofytenfilter (gebruikt tot en met 1997) groter dan van het ingelaten boezemwater (Van der Wal, 1997).

De rendementen bij het Nanneveld zijn globaal de volgende (Tydeman, 2005). Voor zwevende stof is het verwijderingsrendement 30 tot 50 %. Het stikstofgehalte wordt ca. 25 % verlaagd. Voor fosfaat is het verwijderingsrendement teruggelopen van ca 20 % in de jaren 1995 en 1996 tot nihil in de latere jaren (1999 en 2002). Als mogelijke oorzaken hiervoor kunnen genoemd worden de bodemverzadiging in het filter met fosfaat en het minder frequent maaien en afvoeren van het gewas.

Voor het gesloten slotenstelsel in het Morrapark (14 ha) te Drachten zijn lage P- en N-waarden gemeten, lager dan in het boezemwater en in het Koningsdiep. Het was destijds (1993-1995) een van de weinige locaties in Friesland waar voor deze parameters aan de MTR-normen voor beide nutriënten werd voldaan (Claassen, 1997).

Bij andere in Nederland als zuiveringsmoeras aangelegde open water systemen zijn de volgende verwijderingsresultaten gevonden (STOWA, 2005a).

stof	eenheid	verwijdering
BZV	g/m ² .d	0.1 – 1.2
CZV	g/m ² .d	1 – 3
Zwevende stof	g/m ² .d	0.6 – 2.2
N totaal	gN/m ² .d	0.1 – 2.3
P totaal	gP/m ² .d	0 – 0.25

Bij de zes melkveehouderijbedrijven is gedurende enkele jaren (1995-1997) gemonitord. De volgende resultaten zijn daar gemiddeld voor de zes filters, kort na de aanleg, voor het melkspoelwater samen met huishoudelijk afvalwater gevonden. Geconcludeerd is dat een helofytenfilter een effectief systeem is voor de zuivering van melkspoelwater en huishoudelijk afvalwater op bedrijfsniveau.

parameter	eenheid	rendementen
BZV	%	90 – 98
CZV	%	71 – 96
O ₂ effluent	mg/l	2.8 – 5.6
N totaal	%	38 – 72
P totaal	%	70 – 90
vervuilingsgraad	%	69 – 95

Conclusies

1. Helofytenfilters kunnen een bijdrage leveren aan verbetering van de waterkwaliteit. Er zijn verschillende vormen, afhankelijk van het te behandelen soort water. Er wordt dus maatwerk geleverd, waardoor het niet mogelijk is te spreken over “het rendement”. Algemeen geldt: hoe viezer het water, hoe hoger het rendement.
2. Effectiviteit van laagbelaste open water systemen ten behoeve van natuurgebieden is beperkt. Het schonere boezemwater, risico's van nalevering en toenemende grondprijzen maken de toepassing onaantrekkelijk.
3. Bij overtollig hemelwater vanuit woonwijken en industriegebieden en van effluenten van rwzi's zijn de nutriëntenconcentraties een factor 5 à 10 hoger dan in boezemwater en kunnen goede resultaten bereikt worden. De zuiveringsmoerassen achter rwzi's hebben

bovendien een belangrijke aanvullende functie inzake revitaliseren van het afvalwater, waarbij het effluent benut kan worden voor specifieke doelen.

4. Voor afgelegen niet op de riolering aangesloten huizen, boerderijen of kleine campings bieden helofytenfilters in de vorm van horizontaal en/of verticaal doorstroomde systemen, als IBA, door het hoge rendement een goede oplossing.
5. De ontwikkeling van toepassingen en systemen staat niet stil. Onbekend is in hoeverre met het inrichten van bufferzones diffuse verontreiniging kan worden aangepakt. Ook de inrichting van combinaties van systemen (bodem doorstroomd en open water) is nog niet geoptimaliseerd en kan verder ontwikkeld worden. Om daarover richtinggevende uitspraken te kunnen doen is meer onderzoek noodzakelijk.

Literatuur

- Claassen, T.H.L., 1997. Mogelijke invloed van hydrologische isolatie op de waterkwaliteit. *H₂O* 30 (12): 376-381.
- Claassen, T.H.L. & F. Janssen, 1992. Zuivering van oppervlaktewater door een rietpolder. *Landinrichting* 32 (5): 2-7.
- Janssen, M., 2002. De werking van helofytenfilters in De Deelen, Rottige Meente en Brandemeer. Wetterskip Fryslân.
- Matte, G., 2003. Aanpak van diffuse nutriëntenverontreiniging in stroomgebied Beerse en Reusel. Waterschap De Dommel.
- Meulemans, A.F.M., 1999. Performance of treatment wetlands. RU Utrecht.
- Schreijer, M., R. Kampf, J.T. A. Verhoeven & S. Toet, 2000. Nabehandeling van RWZI-effluent tot bruikbaar oppervlaktewater in een moerassysteem. HHNK en RU Utrecht.
- STOWA, 2001. Handboek zuiveringsmoerassen voor licht verontreinigd water. Rapport 2001-09.
- STOWA, 2005a. Waterharmonica, de natuurlijke schakel tussen waterketen en watersysteem. Rapport 2005-18.
- STOWA, 2005b. Waterharmonica in the developing world. Rapport 2005-21.
- Teule, K.-J., 1990. Helofytenfilters voor oppervlaktewaterzuivering; een inventarisatie van toepassingen en toepassingsmogelijkheden in Friesland. Van Hall Instituut.
- Toet, S., 2003. A treatment wetland used for polishing tertiary effluent from a sewage treatment plant: performance and processes. RU Utrecht.
- Tydemans, P., 2005. Integraal waterbeheerproject het Nanneveld: na 10 jaar de balans opgemaakt. Wetterskip Fryslân.
- Verhoeven, C., M. de Burger & J. Blom, 2004. Grootschalige proef met helofytenfilter in Leidsche Rijn. *H₂O* 37 (16): 17-19.
- Wal, R. van der, 1997. De werking van het helofytenfilter in De Deelen op een veenondergrond. Wetterskip Fryslân.
- Wetterskip Fryslân, 1998. Helofytenfilters in de Friese melkveehouderij. Rapportage onderzoeksresultaten 95-97.

Bijlage 5.

Voorwaarden voor aanleg van vooroevers voor goede rietontwikkeling

Oevers vormen een wezenlijk onderdeel van het watersysteem. Zij kunnen in dat opzicht diverse functies vervullen. Denk daarbij aan refugium voor semi-aquatische soorten, ecologische verbindingszone (in lengte- en dwarsrichting op waterlopen), habitat voor diverse (oevergebonden) soorten, paai- en schuilbiotoop voor vis, bescherming van het achterland (kade en land tegen afslag), een waterzuiverende functie en een landschappelijke functie. De ecologische kwaliteit van een watersysteem wordt mede bepaald door de diversiteit en omvang van de oevervegetatie. Watergebonden helofyten, zoals riet, lisdodde en mattenbies kunnen een belangrijke waterzuiverende functie vervullen (zowel t.a.v. run-off van stoffen vanaf het land als ten aanzien van in het water aanwezige stoffen).

Riet

Als exponent van oevervegetatie fungeert riet. Daarbij is langs de oevers van water onderscheid nodig tussen waterriet en landriet. Bij min of meer geregleerde vaste waterpeilen telt (voor betekenis voor het water) alleen het waterriet. Bekend is dat de omvang van waterriet langs de randen van de Friese boezem sterk is achteruitgegaan en bij lange na niet voldoet aan gewenste omvang. Het 'Onderzoek variabel peil Friese boezem' gaat daar uitgebreid op in. Aanvullend op diverse studies en rapporten over oevervegetatie en waterriet is de betekenis van riet nog even samengevat.

Betekenis van riet voor natuur

Rietvegetaties hebben een grote betekenis voor de natuur en mens (zie navolgende tabel). De plant neemt voedingsstoffen en verontreinigende stoffen (vooral zware metalen) op en legt deze vast. Aangehechte micro-organismen vormen een belangrijke functie voor het zelfreinigend vermogen van het water. Daarnaast hechten zich talrijke soorten (vooral diatomeeën) aan rietstengels. Riet is een belangrijke habitat tal van andere organismen: schuilplaats voor snoek, broedbiotoop voor de Kleine karekiet en tal van andere moerasvogels, habitat voor vele soorten (van insecten tot kleine zoogdieren).

<i>zelfzelfreinigend vermogen</i>	<i>reductie BOD, nutriënten en verontreinigende stoffen</i>
<i>habitat voor waterdieren</i>	<i>epifytische algen, macrofauna en vissen</i>
<i>habitat voor overige fauna</i>	<i>moerasvogels, kleine zoogdieren</i>
<i>oeverbescherming</i>	<i>vastleggen van bodem, weerstaan van golfslag</i>
<i>zuiverende werking</i>	<i>bij inzet als helofytenfilter</i>
<i>milieuverbetering</i>	<i>vastleggen CO₂, afvangen NO₂ en fijnstof</i>
<i>landschappelijke waarde</i>	<i>algemeen genot en welbevinden</i>
<i>cultuurhistorische waarde</i>	<i>behoud van beroep van maaien en dakdekken</i>
<i>belevingswaarde</i>	<i>recreatieve waardering</i>
<i>verervingswaarde</i>	<i>behoud biodiversiteit</i>
<i>economische waarde</i>	<i>rietproductie (dekriet en bladriet), biobrandstof</i>

Oeverbescherming

Riet en overige helofyten, zoals Mattenbies en Kleine lisdodde, vormen een belangrijke structuurbescherming voor de oever (en indien aanwezig) de achterliggende kade (DWW wijzer 29). Golfslag en ijsgang worden geremd. Een goede conditie van deze vegetatie is dan ook van belang voor het behoud van oever (en kade). Wetterskip Fryslân heeft sinds kort een programma ingezet voor beheer en onderhoud van deze oeverzones langs de randen van de Friese boezem.

Voorwaarden voor aanleg van vooroevers

Dergelijke voorwaarden zijn mede afhankelijk van het doel van de oevers en rietbegroeiing. Er is veel informatie over oevers, aanleg en beheer. In kort tijdsbestek is het niet mogelijk dat in alle omvang te bestuderen. De hierna gegeven 'voorwaarden' dienen dan ook als eerste aanzet gezien te worden. Uitgaande van de betekenis voor een bijdrage aan de (water)kwaliteit van het watersysteem dient gelet te worden op het volgende:

- Voldoende breedte (geldt zowel voor het betreffende water zelf als in totaliteit voor het gehele (boezem)systeem. Als ondergrens voor een ecologische doelmatige oever moet uitgegaan worden van (ten minste) 6 m. Voor het gehele boezemwatersysteem wordt een totaaloppervlakte van 10 % nagestreefd.
- Voldoende onder water liggend. Voor de zelfreinigende functie (voor bv. nutriënten), maar ook voor de functie van paaibiotop voor vis moeten nieuwe oevers ten minste 0.3 tot 0.5 m onder gemiddeld waterpeil te worden aangelegd (uitgaande van een 6 m brede oever geldt dit globaal voor de helft van de aan te leggen oever aan de waterzijde). Daarmee is voldoende uitwisseling en contact met het open water gegarandeerd.
- Voldoende bescherming tegen golfslag. De eerste paar jaren dient een nieuw aangelegde (riet)oever beschermd te worden tegen afslag (golven, wind, ijsgang, ed.). dat kan door een tijdelijke vooroeverconstructie bv. in de vorm van een aarden wal of open palenrij. Indien de ruimte dat toelaat kan ook met wilgenstekken gewerkt worden (zoals op nieuw aangelegde eilandjes in de Leijen gebeurt).
- Voldoende onderhoud. Nieuw aangelegde redelijk ondiepe vooroevers hebben (nadat ze goed zijn aangeslagen) de neiging te verlanden, zeker bij vaste waterpeilen. Organisch materiaal kan zich ophopen en de vegetatie vertoont successie. Regelmatig onderhoud, 's winters maaien en oogsten van de vegetatie houdt de oevervegetatie vitaal en functioneel (waarvoor ze bedoeld zijn). Bij ophoping van organisch materiaal is periodiek uitkammen of voorzichtig (oppervlakkig) plaggen raadzaam.
- Bij aanplant van riet liefst kluiten i.p.v. stekken gebruiken en liefst materiaal uit de omgeving dan van verre. Bij stekmateriaal letten op de ondergrond waarop die stekken zijn getrokken (die moet overeenkomen met de locatie van uitplanten).
- Onzekerheden in de ontwikkeling van nieuw aangelegde oevers, benodigde breedte van in te planten zones. mogelijke schade (door golfslag of vraat), plaatselijke invloeden (expositie, strijklengte, waterdiepte, scheepvaart, etc.) vereisen een goede monitoring. Daaruit kan geleerd worden voor vervolgprojecten.

Bijlage 6.

Literatuur over moerasvogels, riet en peilbeheer

Via de website van www.moerasvogels.nl is een uitgebreide literatuurlijst te vinden, onder meer over ecologie, beheer, bescherming en beleid. Hieronder staat een selectie daaruit.

Altenburg, W., N. Beemster, K. van Dijk, P. Esselink, D. Prop & H. Visser. 1985. Ontwikkeling van de broedvogelbevolking van het Lauwersmeer in 1978-83. *Limosa* 58: 149-161.

Baldi, A. & T. Kisbenedek 1999. Species-specific distribution of reed-nesting passerine birds across reed-bed edges: effects of spatial scale and edge type. *Acta Zoologica Academiae Scientiarum Hungaricae* 45 (2): 97-114.

Bauer, H.-G., M. Dienst & H. Jacoby. 1993. Habitatansprüche, Verbreitung und Bestandsentwicklung röhrichtbewohnender Singvogelarten am Bodensee-Untersee- mit einer Darstellung der Schilfproblematik. *Beih. Veröff. Naturschutz Landschaftspflege Bad.-Württ.* 68: 47-78.

Beusekom, R. van 2002. Met rietmaaien mag het wel wat minder. *Vogelnieuws* 15 (2): 6-7.

Bibby, C. J. & Lunn, J. 1982. Conservation of reedbeds and their avifauna in England and Wales. *Biol. Cons.* 23: 167-186.

Bijlsma, R.G. & W. Altenburg, 1999. Broedvogels en beheer in de Weerribben: aantalontwikkeling van een aantal karakteristieke moerasbroedvogels. A&W-rapport 215, Veenwouden.

Boer, T. den 1999. Moerasvogels vragen om eigen rietbeheer. *De Levende Natuur* 100: 67-70.

Brandsma, O. 1997. Hoogwaterzone: een natuurontwikkelingsgebied voor riet- en moerasvogels in De Wieden. *De Levende Natuur* 98: 51-55.

Clevering, O.A. 1999. Vitaliteit van rietbegroeiingen. *De Levende Natuur* 100: 42-45.

Coops, H. 1999. Oeverbescherming door Riet. *De Levende Natuur* 100: 46-49.

Coops, H. (red.) 2002. Ecologische effecten van peilbeheer: een kennisoverzicht. RIZA-rapport 2002.040. Lelystad.

Foppen R., J. Graveland, M. de Jong, A. Beintema, 1998. Naar levensvatbare populaties moerasvogels, vertaling van ruimtelijke samenhang en kwaliteit van moerassen in duurzaamheidsnormen voor moerasvogels. Achtergronddoc. voor "Beschermingsplan moerasvogels" van Vogelbescherming Nederland. IBN rapport 393. IBN-DLO, Wageningen.

Frömel, R., 1980. Die verbreitung im Schilf überwinternder Arthropoden im westlichen Bodenseegebiet und ihre Bedeutung für Vögel. *Die Vogelwarte* 30:218-254.

Graveland, J. & H. Coops, 1997. Achteruitgang van rietgordels in Nederland. Oorzaken, gevolgen en een strategie voor herstel. *Landschap* 14: 67-86.

Graveland, J. 1998. Reed die-back, waterlevelmanagement and the decline of the Great Reed Warbler *Acrocephalus arundinaceus* in the Netherlands. *Ardea* 86: 187-201.

Graveland, J. 1999. Effects of reed cutting on density and breeding success of Reed Warbler *Acrocephalus scirpaceus* and Sedge Warbler *A. schoenobaenus*. *Journal of Avian Biology* 30: 469-482.

Graveland, J. 1999. Waterriet, moerasvogels en peildynamiek. *De Levende Natuur* 100 (2): 50-53.

Graveland, J. & S.H. Hosper 1999. Een dynamisch waterpeil voor rietkragen in meren en moerassen. *De Levende Natuur* 100: 71-74.

Hawke, C.J., P.V. José, J. Madgwick, R. Andrews, C. Cator, R. Buisson, J. Sharpe & J. Wilson, 1996. Reedbed management for commercial and wildlife interests. Royal Society for the Protection of Birds, Sandy.

Hut, R.M.G. van der 1986. Habitat choice and temporal differentiation in reed passerines of a Dutch marsh. *Ardea* 74: 159-176.

Hut, R.M.G. van der. 2001. Moerasvogels en beheer: het effect van rietmaaien en waterpeilbeheer. *De Graspieper* 20,4: 90-100.

Kube, J. & S. Probst. 1999. Bestandsabnahme bei schilfbewohnenden Vogelarten an der sudlichen Ostseekuste: Welchen Einfluss hat die Schilfmahd auf die Brutvogeldichte? *Vogelwelt* 120: 27-38.

Laurens K. 1977. (The effect of reed harvesting on a population of passerine birds). *Dansk Orn Tidsskr.* 71: 95-101.

Loff, Y., B.F. van Tooren & H. Piek 1999. Beheer van rietlanden in De Wieden. *De Levende Natuur* 100: 62-66.

Waterriet en visfauna: betekenis voor ecologisch herstel van zoetwater. *De Levende Natuur* 100: 54-57 (1999).

Remmelzwaai, A.J. & R.S. Verheule 1999. De vestiging van Riet in de Randmeren. *De Levende Natuur* 100: 58-61.

Natuurbeschermingsraad, 1991. Over moerasbossen en trilvenen: een visie op de ontwikkeling in laagveenmoerassen. RU Utrecht, Utrecht.

Winden, J. van der J. & I. Tulp, 1999. Voorstudie inventarisatie jonge verlandingsvegetaties als habitat voor moerasvogels in Nederland. Bureau Waardenburg, Culemborg.

Winden, J. van der & R.M.G. van der Hut, 2000. Soortbeschrijvingen aandachtsoorten Beschermingsplan Moerasvogels. Rapport 00-09, Bureau Waardenburg, Culemborg.

Winden, J. van der, R. Foppen & R.M.G. van der Hut 2002. Provinciale streefwaarden moerasvogels. Rapport nr. 01-129 Bureau Waardenburg, Culemborg.

Bijlage 7.

HelpdeskWater

[Homepage](#) > [Water en ruimte](#) > [Ecologie: Maatregelen & Effecten](#) > [Ingreep in de fysica](#) > Peilbeheer

Peilbeheer

Maatregel: peilbeheer

Algemeen

Het huidige peilbeheer in meren en plassen (met ten behoeve van de landbouw een hoog peil in de zomer en een laag peil in de winter) kan een oorzaak zijn van een slecht functionerend ecosysteem. Een meer "natuurlijk" waterpeilverloop lijkt noodzakelijk te zijn om tot werkelijk ecologisch herstel van het water en de oevers in het natte Nederland te komen. In onze meren en plassen is het "referentiebeeld" een geleidelijk verloop met (normaliter) hoge waterstanden in de winter en het voorjaar (waarbij grote stukken aangrenzend land overstromd kunnen zijn) en lage waterstanden in de zomer.

Peilbeheer kan gezien worden als dé ecologische stuurknop bij uitstek voor wateren en moerassen, maar het is de vraag of we wel genoeg weten van het systeem om die stuurknop goed te kunnen hanteren.

Peilbeheer heeft een aantal invalshoeken, zoals:

- Ontwikkeling van watervegetatie, oeverbegroeiingen en moerassen
- Nutriëntenhuishouding
- Ontwikkeling en instandhouding van natuurlijke gradiënten
- Milieuvreemde stoffen
- Terrestrische systemen, die via grondwater of incidentele overstroming met het waterpeil te maken hebben
- Het gebruik van wetlands door mensen: recreatie, binnenvisserij, hengelsport, scheepvaart, drinkwaterwinning, enz.

Voor de ontwikkeling van een goede oevervegetatie zijn inundatiediepte, inundatiefrequentie, seizoensverloop en het areaal periodiek droogvallend gebied belangrijke bepalende factoren.

Doel van de maatregel

- Terugkeer naar natuurlijk peil,
- ontwikkeling van een meer geleidelijke overgang van land en water met een natuurlijke variatie tussen winter en zomer,
- ontwikkeling van oevervegetatie.

Meren waar de maatregel is toegepast

meer	jaar	maatregel	ander soort maatregel	resultaat
Canisvlietse Kreek 	1999	gekoppeld aan de Molenkreek d.m.v. een waterloop	ja	
Oostvaardersplassen		meerjarige cyclus met 4 fasen		
Vlaamse Kreek 	1998	plaatsing van een pomp voor aanvoer van water	ja	
Volkerak-Zoommeer 		hanteren van peilmarge	ja	
IJzeren Man 	1995-1996 na 1996	stoppen waterinlaat alleen bij te laag peil water inlaten	ja	
Zwartenhoekse Kreek 	1996	instellen natuurlijk peil	ja	

Een op natuurgericht peilbeheer binnen de waterhuishoudkundige randvoorwaarden wordt in allerlei natuurgebieden toegepast. Hierbij worden maatregelen getroffen voor vernatting van terreinen en om gebiedseigen water vast te houden.

Bij het denken over cyclische successiepatronen in wetlands heeft de ontwikkeling van het natuurgebied de Oostvaardersplassen een cruciale rol gespeeld. Watersystemen ondergaan hierbij een meerjarige cyclus met een droge fase (ontwikkeling van moeras- en ruigtevegetatie), een inundatie- of moerasfase (optimale ontwikkeling van helofytenvegetatie), een degeneratiefase (afsterven van de moerasvegetatie en opkomst van waterplanten) en een open- of meerfase (waterplanten-gedomineerd).

In het Volkerak-Zoommeer wordt ten behoeve van de ontwikkeling van natuurlijke oeverzones een peilmarge gehanteerd (Onderzoek: Planten in de peiling).

Lessen

Natuurlijke peildynamiek is door de veelheid van functies in watersystemen vaak maar beperkt haalbaar. Effecten van peilschommelingen op water- en bodemkwaliteit zijn nauwelijks kwantitatief bekend, effecten op het oeversysteem (ontwikkeling van oevervegetatie) kunnen in de beginfase groot zijn. Langs grote wateren is begrazing door watervogels een belangrijke sturende factor voor het ontstaan van helofytenmoeras.

Kosten van de maatregel

Voor technische uitvoering van de maatregel kunnen aanpassingen aan bestaande infrastructuur (gemalen, stuwen) soms volstaan. In sommige gebieden zullen kadehoogten aangepast moeten worden of zullen maatregelen genomen moeten worden ter afscherming van aanliggende gebieden. Secundaire maatregelen (o.a. vernattingsschade landbouw, belemmering recreatief of ander gebruik, enz.) kunnen aanzienlijke kosten veroorzaken.

Modellen

WAVEG (Universiteit Groningen), beschrijft areaalverhoudingen van moerasvegetatietypen in relatie tot droogval en overstrooming in oevergebieden. Dit model is specifiek ontwikkeld voor de Oostvaardersplassen en na aanpassing toegepast op de oevergebieden van het Volkerak-Zoommeer.

Informatie: M. van Deursen.

ECOMIJ (RIZA/RDIJ), voorspelt ruimtelijke veranderingen van ecotopen als gevolg van veranderingen van het gemiddeld zomer- en winterpeil in het IJsselmeergebied. Het model is toegepast voor verkenningen in het kader van het project Waterhuishouding in het Natte Hart.

Experts

RWS-Waterdienst

Onderzoek/referenties

L.D. Wienk, J.T.A. Verhoeven, H. Coops & R. Portielje, 2000. Peilbeheer en nutriënten. Literatuurstudie naar de effecten van peildynamiek op de nutriëntenhuishouding van watersystemen. RIZA rapport 2000.012.

Planten in de Peiling (Volkerak-Zoommeer) - RIZA/RWS Directie Zeeland.

Peildynamiek voor ecologie en veiligheid - WL.

http://www.helpdeskwater.nl/water_en_ruimte/ecologie_maatregelen/ingreep_in_de_fysica/peilbeheer/

RAPPORT STATUS	Definitief
TITEL	AUTEUR(S) / OPGESTELD DOOR
Peilbeheer van de Friese boezem in relatie tot ecosysteem- en waterkwaliteit in historisch perspectief	T.H.L. Claassen
SAMENSTELLING	DATUM
Afdelingen Beleid en Plannen van Wetterskip Fryslân	Augustus 2008
SAMENVATTING EN CONCLUSIES Door emissiereductie is de nutriëntenbelasting van het oppervlaktewater teruggedrongen. Het probleem van eutrofiëring is daarmee nog niet de wereld uit. Juist nu kan het peilbeheer een sturende factor zijn tot verdere waterkwaliteitsverbetering en herstel van natuurwaarden. In dit rapport wordt de betekenis van een meer natuurlijk peilverloop voor waterkwaliteit, ecologie en natuur toegelicht. Historische data van de Friese boezem laten zien dat er vroeger wel een vrijwel natuurlijk, seizoensgebonden peilverloop was, met soms langdurige peilverschillen tot bijna 1 m per jaar en met grote verschillen van jaar tot jaar. Die dynamiek is nu, met een vast streefpeil van -0.52 m NAP, geheel verdwenen. De huidige matige waterkwaliteit en slechte toestand van de oevervegetatie wordt voor een belangrijk deel toegeschreven aan dat starre peilregime. Het lijkt echter haast onmogelijk om op de Friese boezem te komen tot een meer natuurlijk waterstandsverloop. De consequenties daarvan voor andere (maatschappelijke) belangen zijn te groot. Dat betekent dat flink ingezet moet worden op andere, compenserende maatregelen om de gestelde waterkwaliteits- en natuurdoelstellingen te halen.	
BIBLIOGRAFISCHE REFERENTIE Claassen, T.H.L., 2008. Peilbeheer van de Friese boezem in relatie tot ecosysteem- en waterkwaliteit in historisch perspectief. Wetterskip Fryslân, Leeuwarden.	
TREFWOORDEN	RAPPORT / PROJECTCODE /DIGITALE OPSLAG
Peilbeheer, Friese boezem, historisch verloop peilregime, ecologische effecten van peilbeheer	Peilbeheer van de Friese boezem in relatie tot ecosysteem- en waterkwaliteit in historisch perspectief G:\ABPL\Onderzoek en rapportage\Ecologie en waterkwaliteit\thema's\Routekaart Helder Water
	