



Martijn Antheunisse, Universiteit Utrecht

Ernst Bos, Landbouw Economisch Instituut / Wageningen Universiteit

Liesbeth Verhoeven, Waterschap Brabantse Delta

Mariet Hefting, Universiteit Utrecht

Moerasbufferstroken: potenties voor nutriëntenverwijdering en economisch rendement

Diffuse belasting van het oppervlaktewater met nutriënten vormt een probleem voor het waterbeheer in Nederland. De inzet van ecotechnologische maatregelen kan bijdragen aan de reductie van de emissies. Met name moerasbufferstroken, waarbij het te zuiveren water in contact komt met de bovenste bodemlagen, laten een hoge verwijdering zien. In dit artikel staat een onderzoek centraal naar de werking van een moerasbufferstrook langs de Strijbeekse beek (Noord-Brabant), waarbij het drainagewater direct in de bufferstrook uitkomt, én het economische rendement van zo'n systeem. De verwijdering van stikstof blijkt beperkt door de hoge kweldruk en daaruitvolgende lage infiltratie van drainagewater. De verwijdering van fosfaten is juist hoog vanwege de hoge adsorptiecapaciteit van de bodem door de aanwezigheid van ijzerionen. Met een alternatieve inrichting en beheer is het mogelijk ook de verwijderingsefficiëntie voor stikstof te verhogen. Uit de economische analyse komt naar voren dat de bufferstrook van 350 meter niet rendeert. Indien bufferstroken met een gezamenlijke lengte van 6,5 kilometer zouden worden aangelegd, zijn meer maatschappelijke baten te verwachten, maar dan nog zijn deze niet voldoende om op te wegen tegen de kosten van uit productie genomen landbouwgrond.

De implementatie van de Kaderrichtlijn Water in het nationale waterbeheer heeft de aandacht voor oppervlaktewaterkwaliteit sterk doen toenemen, waarbij de diffuse belasting met nutriënten, afkomstig uit de landbouw, een centraal thema vormt. De aanleg van bufferstroken langs watergangen is één van de ecotechnologische maatregelen die kan bijdragen aan de reductie van emissies naar het oppervlaktewater. Bufferstroken kunnen globaal worden onderverdeeld in drie typen: de bemestingsvrije zone, de droge bufferstrook en natte of moerasbufferstrook. Twijfel bestaat echter over de effectiviteit van bemestingsvrije zones in vlakke, gedraineerde landbouwgebieden. Daarom is met de Europese Commissie overeengekomen dat Nederland tot 2009 deze zones alleen aanwijst langs natuurlijke beken in hoog Nederland¹⁾ en daarnaast onderzoek verricht naar de effectiviteit van deze maatregelen onder de specifieke Nederlandse hydrologische situaties²⁾. De uitgebreide drainagesels in het agrarische

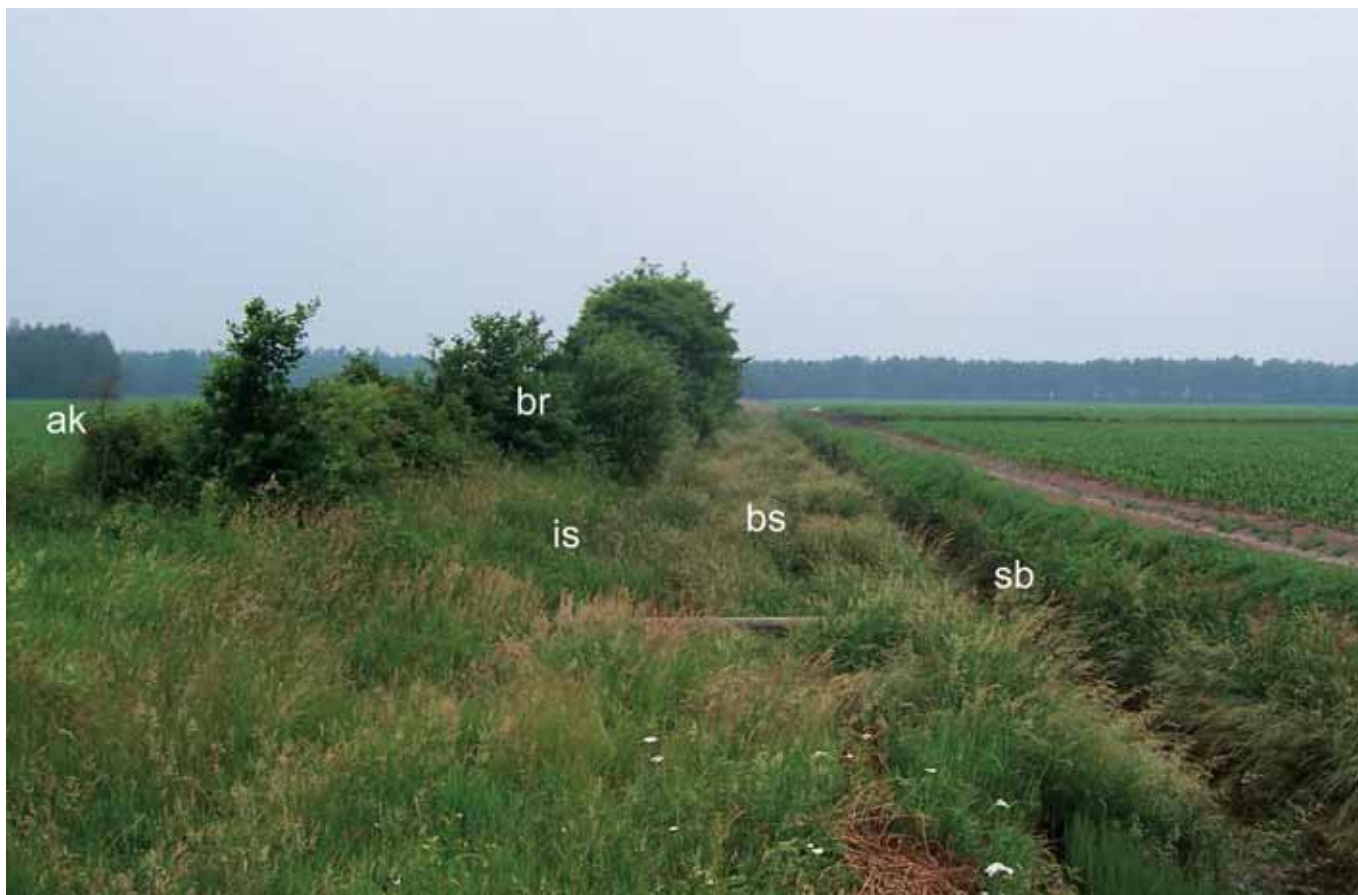
gebied beperken per definitie de potentiële werking van bemestingsvrije zones en droge bufferstroken. In deze gevallen wordt het nutriëntenrijke drainagewater immers direct naar de watergang afgevoerd. Indien drainagewater echter via de drains direct in of op een lager liggende strook stroomt, wordt zowel de oppervlakkige als de ondiepe afstroming onderschept. Uit eerder onderzoek bleek dat met name moerasbufferstroken een hoge verwijderingsefficiëntie hebben voor stikstof^{3),4)} en goed gecombineerd kunnen worden met andere landschappelijke functies, zoals recreatie, natuur en waterberging.

De zuiverende werking van bufferstroken berust op een combinatie van chemische, fysische en biologische processen. Het invangen van sediment is een fysiek proces, waarbij slibdeeltjes en daaraan gebonden nutriënten en verontreinigingen ingevangen worden door de vegetatie. Hierdoor wordt particulier fosfaat en ammonium uit oppervlakkige afspoeling verwijderd. De mate waarin bufferstroken

sediment of slibdeeltjes kunnen invangen, is afhankelijk van de ruwheid van het terrein, het microreliëf en de stroomsnelheid van het water. Door adsorptie of binding aan kleimineralen, organische stofdeeltjes en ionencomplexen kan ammonium en fosfaat in de bodem van bufferstroken worden vastgelegd.

Bij het bacteriële denitrificatieproces wordt nitraat via nitriet in de bodem omgezet in gasvormig stikstof. Stikstof verdwijnt hierdoor permanent uit het ecosysteem. Factoren die de denitrificatiesnelheid kunnen beïnvloeden, zijn het nitraatgehalte in de bodem, het zuurstofgehalte (optimaal beneden de 4 mg/l), de beschikbaarheid van organisch materiaal, de pH (optimaal tussen 6 en 8,5) en de temperatuur (optimaal bij 20 tot 25°C)⁴⁾.

Het grootste deel van de stikstof en fosfor dat opgenomen wordt door vegetatie, komt gedurende het groeiseizoen terecht in de bladeren en stengels. Langduriger vastlegging vindt plaats in de wortelstokken en het hout. De netto nutriëntenvastlegging in biomassa verschilt sterk per soort, jaar en



Zicht vanaf het zuiden op de moerasbufferstrook langs de Srijbeekse beek. Aan de linkerkant van de foto is de akker te zien (ak), waarvan het overtollige (regen) water via actieve drainage onder de bomenrij (br) doorstroomt en in de infiltratiesloot (is) niet zichtbaar uitkomt. Hiervandaan stroomt het water over of door de moerasbufferstrook (bs) naar de Srijbeekse beek (sb).

gebied³). Voor een optimale - definitieve - verwijdering moet kruidachtige vegetatie in het groeiseizoen één tot tweemaal gemaaid worden en het maaisel snel afgevoerd. Als dat laatste niet gebeurt, komen de opgenomen nutriënten uiteindelijk weer in anorganische vorm beschikbaar door mineralisatie.

Srijbeekse beek: bepaling verwijderingsefficiëntie

De Srijbeekse beek ligt in het westen van Noord-Brabant. In 1998 is langs deze beek door het huidige Waterschap Brabantse Delta een eenzijdige, zes meter brede moerasbufferstrook aangelegd over een lengte van 350 meter. De bouwvoor is verwijderd en het maaiveld is met een meter verlaagd tot op de minerale zandgrond. Daarbij is aan de perceelzijde een infiltratiesloot (zaksloot) gegraven waarin drainagebuizen uitmonden. De waterkwaliteit van de beek voldoet momenteel niet aan de doelstellingen voor stikstofconcentraties; gedurende de monitoringperiode van juni 2006 tot juni 2007 is slechts zelden een concentratie onder de landelijke norm voor natuurlijke wateren van 4 mg N/l gemeten (zie afbeelding 1). Met name in de winter zijn de concentraties hoog, doordat in het stroomgebied geen stikstofopname door vegetatie voorkomt en biochemische en fysische processen door de lagere temperaturen vertraagd worden. Fosfor (gemeten als fosfaat) vormt geen probleem in het oppervlaktewater: met een gemiddelde concentratie van 0,02 mg/l

liggen de gemeten waarden ruim onder de norm (0,14 mg/l).

Gegevens van de uitgebreide monitoring van water (kwaliteit en kwantiteit), bodem en vegetatie gedurende deze periode maakt het mogelijk voor zowel stikstof als fosfor een ruwe stoffenbalans voor het systeem op te stellen (zie afbeelding 2)⁵. De hoeveelheid anorganisch stikstof in de actieve bovengrond van de bufferstrook is klein in vergelijking met de snelheden van de verwijderingsprocessen (denitrificatie en plantopname): het systeem kent dus een korte *turnovertijd*. De stikstofbelasting van de bufferstrook vanuit drainagebuizen is echter hoog in vergelijking tot de fluxen van de gemeten verwijderingsprocessen, wat leidt tot een verwijderingsefficiëntie van stikstof van slechts 7,5 procent. Dit is teleurstellend laag in vergelijking met gegevens uit de literatuur, die voor vergelijkbare moerasbufferstroken een verwijderingsefficiëntie tussen de 25 en 100 procent rapporteren³.

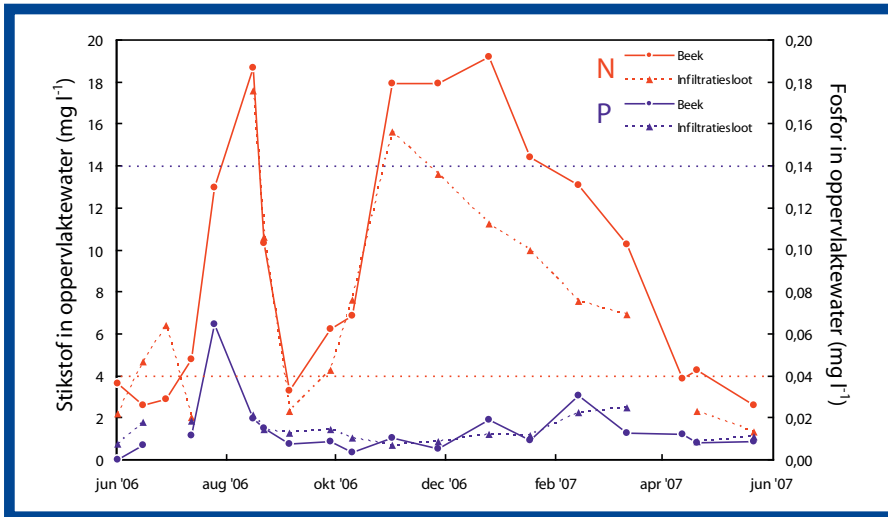
Detailanalyse van de monitoringgegevens en aanvullend experimenteel onderzoek wijzen uit dat de infiltratie van drainagewater in de bodem van de bufferstrook zeer gering is, waardoor het potentieel van verwijdering (onder andere door denitrificatie) niet gehaald wordt. Het minerale karakter van de relatief jonge bufferstrook is mogelijk een aanvullende beperking; het gehalte organisch materiaal in de bodem is laag en

remt biogeochemische omzettingen als denitrificatie.

Voor fosfor is de relatieve belasting van de bufferstrook vele malen lager: de hoeveelheid die per jaar via drainagewater binnenkomt is een beperkt deel van wat reeds in anorganische en organische vorm in de bodem aanwezig is. De afvoer door maaien en afvoeren van biomassa is ook relatief hoog, zodat de verwijderingsefficiëntie ruim boven de 100 procent uitkomt (240 procent). Door de lage aanvoer van fosfaat en de hoge beschikbare ijzergehaltes in de bodem werkt deze moerasbufferstrook prima voor de retentie van fosfor.

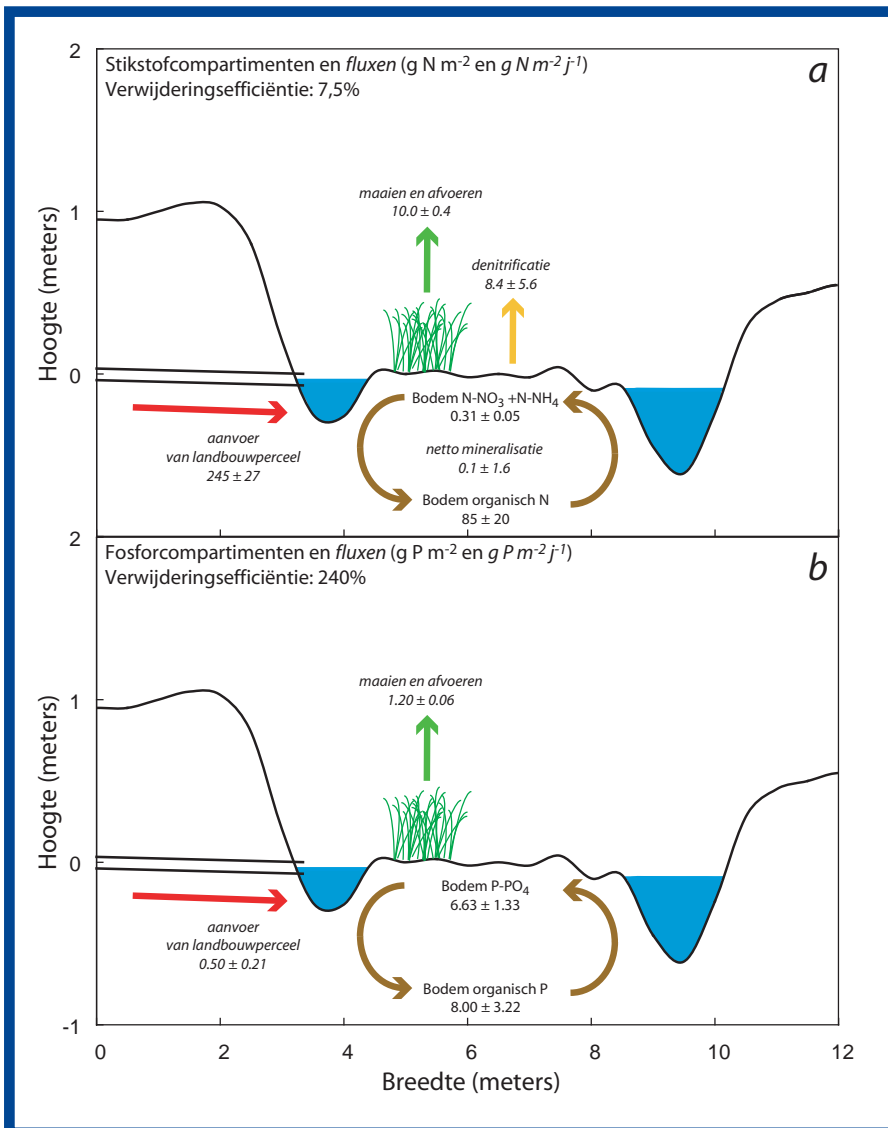
Uitkomst kosten-batenanalyse

Naast bovenstaande bepaling van het zuiveringsrendement van de bestudeerde moerasbufferstrook is eveneens het maatschappelijke rendement van de aanleg van dergelijke systemen bestudeerd. Dit is gedaan met behulp van een maatschappelijke kosten-batenanalyse (MKBA)⁵. De basis hiervan is de welvaartstheorie: producenten ontlenen welvaart aan inkomsten uit de productie van goederen en diensten en consumenten ontlenen welvaart aan de consumptie van goederen en diensten. Met een MKBA wordt de totale verandering van welvaart in termen van geldeenheden gemeten. Hierbij worden niet alleen de daadwerkelijk gerealiseerde inkomsten en uitgaven in ogenschouwen genomen; effecten die zich buiten de markt om voltrekken worden ook meegewogen,



Afb. 1: Concentraties anorganisch stikstof (rood, linkeras) en fosfor (blauw, rechteras) in de Strijbeekse beek (ononderbroken lijn) en infiltratiesloot (onderbroken lijn) gedurende de monitoringperiode (juni 2006 - juni 2007). De horizontale onderbroken lijnen geven de landelijke normen voor natuurlijke wateren weer (4,0 mg N/l en 0,14 mg P/l). Elk datapunt is gebaseerd op zes metingen.

Afb. 2: Schematische dwarsdoorsnede van de moerasbufferstrook met groottes van compartimenten en fluxen (processen) van stikstof (a) en fosfor (b). Deze gegevens zijn verkregen uit een analyse van de complete dataset, inclusief meetpunten in de winter. De verwijderingsefficiëntie is gebaseerd op basis van nutriënten via drainage-water (mogelijke route via grondwater en beekwater is niet meegenomen) en de gemeten processnelheden. (a) en fosfor (b). Deze gegevens zijn verkregen uit een analyse van de complete dataset, inclusief meetpunten in de winter. De verwijderingsefficiëntie is gebaseerd op basis van nutriënten via drainage-water (mogelijke route via grondwater en beekwater is niet meegenomen) en de gemeten processnelheden.



onderverdeeld in gebruikswaarden (deze worden ontleend aan fysieke interacties met het gebied) en niet-gebruikswaarden (hierbij vindt geen fysieke interactie plaats). De kosten en baten van een fysieke ruimtelijke ingreep kunnen worden achterhaald door het inzetten van kennis van deskundigen of het uitvoeren van marktonderzoek. Dit is tijdrovend en kostbaar, waardoor in deze studie - net als bij veel andere maatschappelijke kosten-batenstudies - deels algemeen geldende kentallen gebruikt zijn⁶⁾.

Bij de aanleg van een moerasbufferstrook kunnen diverse fysieke effecten verwacht worden, onder andere op de (regionale) waterkwaliteit, waterbergingscapaciteit, verdroging, natuurwaarden en het areaal landbouwgrond. Deze effecten kunnen op hun beurt weer leiden tot specifieke kosten en baten (die deels wel en deels niet op de markt tot uitdrukking komen) voor verschillende partijen. Voorbeelden hiervan zijn gereduceerde kosten van waterzuivering en kosten voor inrichting en beheer. Bepaalde kosten en baten zijn eenmalig, terwijl andere kosten of baten ieder jaar optreden. De jaarlijkse kosten en baten worden in een MKBA constant gemaakt naar één waarde met een vaste disconteringsvoet, waarbij sprake is van tijdvoorkeur: aan kosten en baten op een later tijdstip wordt een lagere waarde toegekend dan aan kosten en baten die eerder optreden.

De tabel geeft het resultaat weer van de MKBA voor de aanleg van moerasbufferstroken in de stroomgebieden van de Strijbeekse en Chaamse beken. Hierbij is niet uitgegaan van de bestaande moerasbufferstrook van 350 meter, maar van een scenario waarbij in beide stroomgebieden samen bufferstroken met een totale lengte van 6,5 kilometer worden aangelegd. Deze keuze is gemaakt omdat de fysieke effecten op de beperkte schaal van de gerealiseerde situatie zo klein zijn dat nauwelijks significante welvaartseffecten worden verwacht. Het algehele beeld is voor beide scenario's echter wel hetzelfde: een negatief netto saldo. De belangrijkste batenpost is toe te schrijven aan fysieke effecten op de waterkwaliteit. Ten aanzien van de natuur kunnen relevante effecten worden verwacht, doordat de lijnvormige bufferstroken een corridor in het landschap vormen. Tevens is de totale oppervlakte dusdanig dat verwacht mag worden dat met de groei van bomen een significante hoeveelheid koolstof vastgelegd wordt, waarmee een bijdrage wordt geleverd aan de doelstellingen zoals destijds afgesproken in Kyoto. Het totaal van de baten is echter te klein om op te wegen tegen de gereduceerde inkomsten uit de landbouw.

Conclusies en aanbevelingen

Door de lage verwijderingsefficiëntie voor stikstof in de moerasbufferstrook is in de beek geen significante verbetering van de waterkwaliteit meetbaar. Factoren die hieraan ten grondslag liggen, zijn het ontbreken van infiltratie van het drainage-water in de bodem en het lage organische stofgehalte in de bodem,

waardoor onder andere de denitrificatie niet optimaal verloopt.

De MKBA heeft uitgewezen dat de moerasbufferstrook ook economisch niet rendeert. Op zowel het niveau van de aangelegde bufferstrook als het grootschaliger planscenario wegen de baten niet op tegen de kosten van gereduceerde inkomsten van agrariërs. Als de bufferstroken op een nog grotere schaal zouden worden aangelegd, kunnen effecten die in de huidige scenario's niet als omvangrijk worden geacht wel van belang zijn, zoals waterberging en baten van fijnstofafvang.

De lokale hydrologie bepaalt sterk de efficiëntie van nutriëntenverwijdering in een moerasbufferstrook. De inrichting moet daarom gericht zijn op een goede infiltratie van het te zuiveren water en een zo lang mogelijk contact met de bodem. Brede, natuurvriendelijke oevers met een geleidelijk aflopend talud vanaf de akker richting beek vormen een goed alternatief voor de huidige situatie. Met een dergelijke inrichting is infiltratie namelijk wel mogelijk, omdat de bodem niet over de gehele breedte van de strook met opwellend grondwater verzadigd is. Hierdoor kan de verwijderingsefficiëntie per oppervlakte toenemen.

De beschikbaarheid van gemakkelijk afbreekbaar organisch materiaal, als substraat voor denitrificatie is essentieel voor een goede nitraatverwijdering. De binding van fosfaat hangt vooral samen met ijzer en calcium concentraties in de bodem. Door hiermee tijdens de inrichting rekening te houden en bijvoorbeeld na het afgraven van de bouwvoor een organische, kationenrijke

toplaag aan te brengen, kunnen deze verwijderingsprocessen versterkt worden. Indien opname van nutriënten door planten een belangrijke verwijderingsmechanisme is (zoals in dit systeem), kan met doelgericht beheer de capaciteit hoog gehouden worden en optimaal benut. Dit kan door de bufferstrook één a twee maal per jaar te maaien - afhankelijk van de vegetatie - en de biomassa in zo vers mogelijke staat af te voeren. Met name maaisel met hoge concentraties nutriënten kan na enkele dagen al behoorlijke hoeveelheden fosfor en stikstof terugleveren, respectievelijk 40 en 20 procent.

LITERATUUR

- 1) Verburg G. (2007). Bemestingsvrije zone - Kamerstuk DL2007/3343 5 december 2007. Ministerie van LNV.
- 2) Noij G., M. Heinen en P. Groenendijk (2008). Effectiveness of unfertilized buffer strips in the Netherlands - mid-term report. Alterra.
- 3) Mayer P., S. Reynolds, M. McCutchen en T. Canfield (2007). Meta-analysis of nitrogen removal in riparian buffers. Journal of Environmental Quality nr. 36, pag. 1172-1180.
- 4) Hefting M. (2003). Nitrogen transformation and retention in riparian buffer zones - Dissertatie. Universiteit Utrecht.
- 5) Antheunisse A., M. Hefting en E. Bos (2008). Moerasbufferstroken langs watergangen; haalbaarheid en functionaliteit in Nederland. STOWA. Rapport 2008-07.
- 6) Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (2006). Kentallen waardering natuur, water, bodem en landschap: Hulpmiddel bij MKBA's, eerste editie.

Overzicht van de maatschappelijke kosten en baten (in euro's) van een scenario waarbij in de stroomgebieden van de Strijbeekse en Chaamse beken moerasbufferstroken met een gezamenlijke lengte van 6,5 km worden aangelegd. T (tijdshorizon) = 30 (jaar) en r (discontovoet) = 2,5%.

	actor	verdisconteerde kosten (-) en baten (+)	
		financiële stromen	overige kosten en baten
Waterschap Brabantse Delta	kosten inrichten en compensatie agrariërs voor inkomenderving en beheer	- 415.270	
agrariërs	gereduceerde inkomsten landbouw inkomsten compensatie subsidie: valt weg tegen zelfde kostenpost Waterschap Brabantse Delta	- 247.744 + 415.270	
recreatiesector	extra inkomsten uit bestedingen recreanten ondergrens bovengrens	0 + 10.482	
maatschappelijke baten die geen geldstromen zijn	toename niet-gebruikswaarde natuur water koolstofvastlegging (door bomen)	ondergrens bovengrens	+ 2.013 + 45.802 + 137.405 + 437
totaal saldo verdisconteerde financiële stromen	ondergrens bovengrens	- 247.744 - 237.262	
totaal saldo verdisconteerde overige kosten en baten	ondergrens bovengrens		+ 48.252 + 139.855
totaal saldo verdisconteerde kosten en baten	ondergrens bovengrens	- 199.492 - 97.407	