Deltares

Gemalen en Zuivering: Een Logische Combinatie?

Rapport IV: kostenberekening voor drie voorbeeldpolders

Ruth Heerdink
Jasper Griffioen

1202057-000

© Deltares, 2010, B

Deltares

Titel
Zuiveren en Gemalen: Een Logische Combinatie?

Opdrachtgever	Project	Kenmerk
Agentschap NL	1202057-000	1202057-000-BGS-0005

Trefwoorden
waterzuivering, polder, fosfaat, innovatie, afwenteling

Samenvatting
Het project 'Zuiveren en Gemalen: Een Logische Combinatie' is gestart in het voorjaar van 2009. Het projectdoel is om de technische, financiële en beleidsmatige haalbaarheid te achterhalen van de optie om waterzuivering van polderwater te combineren met uitmalen. Hiervoor is geïnventariseerd wat de grootste waterverontreinigingproblemen in polderwater zijn en welke typen verontreiniging geschikt zijn om via de voorgestelde wijze te zuiveren. Vervolgens is de haalbaarheid – wat betreft kosten, ruimtebeslag, rendement en landschappelijke inpasbaarheid – van zuiveringsmethodes onderzocht. Voort et al. (2010) hebben onderzocht welke zuiveringsmethodes technisch haalbaar zijn en wat de specifieke kosten zijn bij verschillende debieten. Buma & Griffioen (2010) berekenen op basis van neerslag- en afvoergegevens welk oppervlak nodig is om tot de door KRW gewenste concentratie te komen op het niveau van een polder. Met deze berekening wordt de relatie tussen ruimtebeslag en concentratie in het gezuiverde water inzichtelijk. In dit rapport maken we de kosten, het ruimtebeslag en het rendement van de zuiveringsinstallaties voor drie voorbeeldpolder – een veenweide polder, een polder met gevarieerd, intensief landgebruik, en een bollenpolder - inzichtelijk. Hiermee kunnen we een uitspraak doen over de mogelijke effectiviteit en haalbaarheid van 'Zuiveren en Gemalen' binnen het waterbeheer in laag-Nederland.
Bij het inzichtelijk maken van de kosten is onderscheid gemaakt in:

1. Investeringskosten: de kosten die dienen te worden gemaakt om een maatregel te realiseren (waarin niet meegenomen de kosten voor de compensatie van inkomstenverlies door verandering grondgebruik).
2. Beheers- en onderhoudskosten (of exploitatiekosten): alle kosten die gemaakt moeten worden om een maatregel in stand te houden.
3. Inkomstenverlies door verandering grondgebruik: kosten voor de compensatie van inkomstenverlies door verandering grondgebruik.

De kosten zijn voor de vijf zuiveringsmethodes die door Voort et al. (2010) als kansrijk zijn benoemd, in beeld gebracht. Dit zijn de boerenslootmethode, vlokkingsfiltratie – dynamisch zandfilter, vlokkingsfiltratie – 1stepfilter, fuzzy filter zonder ijzervlokken en langzame zandfilter. Bovendien zijn de kosten van een referentiemaatregel verkent en deze kosten zijn onderling vergeleken.
Wanneer we kosten, ruimtebeslag, zuiveringsrendement en mogelijkheden voor landschappelijke inpassing in ogenschouw nemen volgen hieruit voor de drie voorbeeldpolders mogelijk kansrijke zuiveringsmethodes. In veenweidegebieden zijn het langzame zandfilter, het fuzzyfilter en de boerensloot kansrijke zuiveringsmethodes. De kosten voor het langzame zandfilter zijn het laagst, waardoor dit een aantrekkelijke methode is, bovendien is het rendement relatief hoog en is de methode, ondanks het relatief grote ruimtebeslag mogelijk goed in het landschap inpasbaar doordat het geen industrieel uiterlijk heeft. Het fuzzy filter oogt wel industrieel, maar heeft daarentegen slechts weinig ruimte nodig. Eveneens zijn de kosten relatief laag, maar het rendement vermoedelijk ook. Daardoor kan met deze methode slechts tot onder de KRW-norm worden gezuiverd wanneer de fosfaatgehaltes relatief laag zijn of in organisch gebonden deeltjes aanwezig zijn. De boerensloot is landschappelijk eenvoudig inpasbaar, aangezien hiervoor bestaande waterlopen kunnen worden gebruikt. Er moet hiervoor wel een breed bezinkbekken worden gegraven, wat mogelijk praktisch niet altijd haalbaar is.
Ook in polders met gevarieerd, intensief landgebruik zijn het langzame zandfilter, het fuzzyfilter en de boerensloot het meest kansrijk. In dit poldertype is ook puridrain een aantrekkelijke optie. Vanwege het grote ruimtebeslag van het langzame zandfilter is het mogelijk dat deze zuiveringsmethode minder goed inpasbaar is omdat de ruimte in dit poldertype al zo intensief wordt gebruikt. Het fuzzyfilter en de boerensloot zijn vanuit dat oogpunt beter inzetbaar. Omdat puridrain ook mogelijk is in dit poldertype waarin relatief veel percelen

gedraineerd zijn, is misschien een combinatie van puridrain met fuzzy filter of boerensloot mogelijk. Het fuzzy filter heeft het minste aantal vierkante meter nodig en is daardoor een aantrekkelijke optie. Omdat het rendement relatief laag is, kan deze methode water met hoge fosfaatconcentraties waarschijnlijk niet tot onder de KRW-norm zuiveren. In combinatie met puridrain, waarbij puridrain de fosfaatconcentraties al reduceert, is deze methode echter wellicht wel een kansrijke optie.
In een bollenpolder is de Netto Toegevoegde Waarde per hectare erg hoog, waardoor grond duur is. Zuiveringsmethodes met een groot ruimtebeslag zijn daarom erg duur en minder kansrijk. Het fuzzy filter, een dynamisch zandfilter (vlokkingsfiltratie) en de boerensloot hebben relatief weinig oppervlak nodig en zijn daardoor relatief kansrijk. Ook puridrain is in dit poldertype een kansrijke zuiveringsmethode. Omdat in bollenpolders fosfaatconcentraties vaak erg hoog zijn lijkt een combinatie van verschillende zuiveringsmethodes noodzakelijk om tot onder de norm te kunnen zuiveren. Bovendien moeten deze zuiveringsmethodes een hoog rendement kunnen halen. Het fuzzy filter lijkt daarom minder geschikt, maar dit is nooit in de praktijk beproefd. Het dynamisch zandfilter daarentegen kan van deze meest kansrijke methodes het hoogste rendement halen.

Tabel 0.1.1: de haalbaarheid van verschillende zuiveringsmethodes per poldertype. De kansrijke methodes voor 'Zuiveren en Gemalen' zijn beoordeeld op kosten, ruimtebeslag, rendement en landschappelijke inpasbaarheid (+ is gunstig; - = ongunstig).

Poldertype	Helofytenfilter	Puridrain	Zuiveren en Gemalen de kansrijke methodes	kosten	ruimtebeslag	rendement	landschappelijke inpassing
Veenweide	-	-	Langzame zandfilter	++	-	+	+
			Fuzzy filter	+	++	-	-
			Boerensloot	+	+	+/-	++
Gevarieerd, intensief	-/?	+	Langzame zandfilter	++	-	+	+
			Fuzzy filter	+	++	-	-
			Boerensloot	+	+	+/-	++
Bollen	-/?	+	Fuzzy filter	+	++	-	-
			Vlokkingsfiltratie - dynamisch zandfilter	+/-	+	+	-
			Boerensloot	+	+	+/-	++

Of een zuiveringsmethode daadwerkelijk zal worden toegepast is afhankelijk van meer factoren dan kosten, ruimtebeslag, rendement en maatschappelijke inpasbaarheid. Ondermeer is van belang of een gebied op het moment in ontwikkeling is. Als er plannen worden gemaakt in een bepaald gebied is het wellicht mogelijk daarbij aan te sluiten. Daarnaast speelt de discussie omtrent het afwentelen van waterkwaliteitsproblematiek een belangrijke rol: wie veroorzaakt het probleem en wie moet het probleem oplossen/betalen voor de oplossing?
Wanneer in een gebied 'Zuiveren en Gemalen' een serieuze optie wordt geacht, moeten uiteraard kosten en verwachte effectiviteit in beeld worden gebracht. Deze studie kan daarbij als leidraad dienen. De in deze studie beschreven kostenberekeningsmethode kan worden gevolgd waarbij dan de gebiedsspecifieke parameters moeten worden gebruikt.

Deltares

Titel
Zuiveren en Gemalen: Een Logische Combinatie?

Opdrachtgever	Project	Kenmerk
Agentschap NL	1202057-000	1202057-000-BGS-0005

Versie	Datum	Auteur	Paraaf	Review	Paraaf	Goedkeuring	Paraaf
	mei. 2010	Ruth Heerdink		Stefan Jansen		Hilde Passier	
		Jasper Griffioen					

Definitief

Inhoud

1 Inleiding **3**

2 Methode **7**
2.1 Keuze voor drie voorbeeldpolders 7
2.2 Kostenberekening 8
2.2.1 Kostenberekening voor 'Zuiveren en Gemalen' 9
2.2.2 Kostenberekening voor referentiemaatregel 14

3 Voorbeeld 'typische veenweidepolder' **15**
3.1 Gebiedsbeschrijving 15
3.2 Waterkwaliteit 15
3.3 Kosten van maatregelen 16

4 Voorbeeld 'typische polder met gevarieerd, intensief grondgebruik' **19**
4.1 Gebiedsbeschrijving 19
4.2 Waterkwantiteit- en kwaliteit 20
4.3 Kosten van maatregelen 20

5 Voorbeeld 'typische bollenpolder' **23**
5.1 Gebiedsbeschrijving 23
5.2 Waterkwantiteit en -kwaliteit 24
5.3 Kosten maatregelen 24

6 Discussie en conclusies **27**
6.1 Zuiveringsrendement en kosten: waar is 'Zuiveren en Gemalen' kansrijk? 27
6.2 Onzekerheid in kostenberekening 28
6.3 Inpassing 'Zuiveren en Gemalen' in beleid 29

7 Referenties **31**

Bijlagen

A Annuïteitenfuncties **A1**

B Kosten van zuiveringsinstallaties in 'typische veenweidepolder' **B1**

C Kosten van zuiveringsinstallaties in 'typische polder met gevarieerd, intensief grondgebruik' **C1**

D Kosten van zuiveringsinstallaties in 'typische bollenpolder' **D1**

1 Inleiding

Het project 'Zuiveren en Gemalen: Een Logische Combinatie' is gestart in het voorjaar van 2009. Het projectdoel is om de technische, financiële en beleidsmatige haalbaarheid te achterhalen van de optie om waterzuivering te combineren met uitmalen. Hiervoor is geïnventariseerd wat de grootste waterverontreinigingproblemen in polderwater zijn en welke typen verontreiniging geschikt zijn om via de voorgestelde wijze te zuiveren. Vervolgens is de haalbaarheid – wat betreft kosten, ruimtebeslag, rendement en landschappelijke inpasbaarheid – van zuiveringsmethodes onderzocht. Voort et al. (2010) hebben onderzocht welke zuiveringsmethodes technisch haalbaar zijn en wat de kosten zijn bij verschillende debieten. Buma & Griffioen (2010) berekenen op basis van neerslag- en afvoergegevens welk oppervlak nodig is om tot de door KRW gewenste concentratie te komen. Met deze berekening wordt de relatie tussen ruimtebeslag en concentratie in het gezuiverde water inzichtelijk. In dit rapport maken we de kosten, het ruimtebeslag en het rendement van de zuiveringsinstallaties voor drie voorbeeldpolder inzichtelijk. Hiermee kunnen we een uitspraak doen over de mogelijke effectiviteit en haalbaarheid van 'Zuiveren en Gemalen' binnen het waterbeheer in laag-Nederland.

Waterkwaliteitsproblemen
Ten opzichte van de huidige situatie neemt de nutriëntbelasting van de regionale oppervlaktewateren in 2027 af met 16% voor fosfor en 25% voor stikstof, vooral door de verbetering van de zuiveringsprestaties van de RWZI's. Het aandeel van de RWZI's in de totale nutriëntenbelasting neemt daardoor af van een derde naar een kwart. Vice versa stijgt het relatieve aandeel van de nutriëntbelasting vanuit landbouwgronden daardoor tot circa driekwart van het totaal. Extra inspanningen om generiek de nutriëntemissies van RWZI's te verminderen, liggen daarom niet voor de hand (MNP, 2008). Nieuwe en innovatieve maatregelen om de fosfaatvrachten uit de landbouw te verminderen of te zuiveren zijn dus vereist. Verschillende maatregelen zijn hiertoe al bedacht. Echter op basis van de nu beschikbare kennis en gehanteerde aannamen is het niet waarschijnlijk dat met maatregelen als uitmijnen, verdiepte drainage en mestvrije zones een substantiële vermindering van de fosforbelasting is te bereiken. Van de onderzochte aanvullende varianten voor een verdere nutriëntreductie blijkt alleen een substantiële inzet van natte bufferstroken (4% landbouwareaal) of helofytenfilters (6% van het landbouwareaal) tot een aanzienlijke vermindering van de fosforbelasting te leiden ten opzichte van de regiomaatregelen (een doelbereik van 70-80% voor fosfor in de beken, sloten en vaarten/kanalen en circa 35% doelbereik in de meren; MNP, 2008).

We richten ons op fosfaat omdat blijkt dat: a) fosfaat de belangrijkste probleemstof is in boezems in Laag-Nederland (De Boorder et al., 2010); b) er voor fosfaat verschillende kansrijke zuiveringsmethodes zijn (Voort et al., 2010). Bovendien blijkt uit eerdere studies dat volledig doelbereik voor de regionale wateren op basis van de berekende effecten van het RWS/regiomaatregeleffect en de aanvullende maatregelen niet waarschijnlijk is. Uit de studie van het MNP (2008) komt naar voren dat bij een bemestingsintensiteit conform het voorgenomen mestbeleid en met de huidige fosforvoorraad in de bodem alleen met forse ingrepen nutriëntreducties mogelijk zijn die ecologische betekenis hebben. Door het naleveringseffect van de fosforvoorraad in de bodem zal het vele decennia duren voordat via bronmaatregelen (uitmijnen, fosfaatbemesting volgens bemestingsadvies) de fosforbelasting van het oppervlaktewater vanuit de landbouwgronden sterk zal afnemen. Fosfaat zal dus nog

lange tijd een probleem vormen, dit in tegenstelling tot nitraat waarvoor problemen waarschijnlijk sneller opgelost kunnen worden. Daarnaast is fosfaat in zoete wateren in Nederland het limiterende element (referentie) waardoor fosfaat cruciaal is om aan te pakken.

Kosten en effectiviteit van maatregelen
In verschillende studies is onderzoek gedaan naar de haalbaarheid – waaronder de kosten, de effectiviteit en de neveneffecten - van verschillende waterkwaliteitsmaatregelen. Het MNP (2008) heeft de kosteneffectiviteit van het RWS/regiomaatregelpakket bepaald. Hierin zijn maatregelen opgenomen met effect op ecologische kwaliteit van het regionale oppervlaktewater, zoals: hermeandering en natuurvriendelijk oevers, vismigratie, helofytenfilters, mestvrije zones, vermindering belasting nutriënten door RWZI's, wijziging landbouwfunctie en vis- of vegetatiebeheer. Daarnaast is in die studie ook de kosteneffectiviteit van zogenaamde aanvullingen op het RWS/regiomaatregelpakket bepaald. Daarin gaat het om natte bufferstroken, mestvrije zones, helofytenfilters, verdiepte samengestelde drainage, uitmijnen en een verdere verbetering van het rendement RWZI's. Reinhard et al. (2008) hebben voor deze aanvullende maatregelen de kosten berekend. Van der Bolt et al. (2008) geven inzicht in de bijdrage van het mestbeleid aan de realisatie van de KRW-doelen en de kosteneffectiviteit van potentieel aanvullende maatregelen in het landelijke gebied. Deze studie is daarmee complementair aan de studie van het MNP (2008). De potentieel aanvullende maatregelen die door Van der Bolt et al. (2008) op kosteneffectiviteit zijn onderzocht zijn: geen fosforkunstmest, voorjaarstoediening van kunstmest, vergroten mestopslagcapaciteit, precisiebemesting, aanpassen bouwplan, uitmijnen, samengestelde peilgestuurde drainage, bufferstroken en helofytenfilters. Deze eerdere studies fungeren als uitgangspunt voor het in dit rapport beschreven onderzoek.
Er zijn echter nog grote onzekerheden betreffende de werking en mogelijke effecten van de beschouwde landbouwgerichte maatregelen. Lopend en nog komend onderzoek in praktijksituaties zal meer duidelijkheid moeten gaan geven over de daadwerkelijke effectiviteit en inzetbaarheid van de verschillende maatregelen. Van combinaties van nutriëntgerichte maatregelen op landbouwbedrijven blijken kosten al gauw op te lopen (Van der Bolt et al. , 2008).

Tabel 1.1: mogelijke maatregelen voor waterkwaliteitsverbetering met hun mogelijke toepassingsgebied.

Pakket	Maatregel	Fosfaat	Toepassingsgebied	Refe-renties
RWS/ regio-maatregel-pakket	Hermeandering en natuurvriendelijk oevers	-	Beken	1
	Vismigratie	-	Beken, kanalen	1
	Helofytenfilters	x	Natte zand- en veengronden en alle kleigronden	1
	Mestvrije zones	x	Totaal landbouwareaal	1
	Vermindering belasting nutrienten door RWZI's	x	RWZI's	1
	Wijziging landbouwfunctie	x	Totaal landbouwareaal	1
	Vis- of vegetatiebeheer	-	Meren, plassen, waterlichamen	1
Aanvullingen op het regio-maatregel-pakket	Natte bufferstroken	x	Vlakke en gedraineerde gebieden, alle grondsoorten	1,2,4
	Mestvrije zones	x	Totaal landbouwareaal	1,2
	Helofytenfilters	x	Natte zand- en veengronden en alle kleigronden	1,2
	Verdiepte samengestelde drainage	x	Niet gedraineerde, natte zandgronden	1,2
	Uitmijnen	x	Totaal landbouwareaal	1,2
	Verdere verbetering van het rendement RWZI's	x	RWZI's	1,2
Mestbeleid	Mestbeleid	x	Totaal landbouwareaal	3
Aanvullende maatregelen in het landelijke gebied	Geen fosforkunstmest	x	Totaal landbouwareaal	3
	Voorjaarstoediening van kunstmest	-	Akkerbouw, kleigronden	3
	Vergroten mestopslagcapaciteit	x	Grasland, Alle grondsoorten m.u.v. loss	3
	Precisiebemesting	-	Akkerbouw + mais, alle grondsoorten	3
	Aanpassen bouwplan	x	Akkerbouw, alle grondsoorten	3
	Uitmijnen	x	Totaal landbouwareaal	3
	Samengestelde peilgestuurde drainage	x	Niet gedraineerde, natte zandgronden	3
	Bufferstroken	x	Alle grondsoorten, niet gedraineerd	3
	Helofytenfilters	x	Natte zand- en veengronden en alle kleigronden	3

1) MNP (2008)
2) Reinhard et al. (2008)
3) Van der Bolt et al. (2008)
4) Antheunisse (2008)

2 Methode

In het project 'Zuiveren en Gemalen' is de haalbaarheid – wat betreft kosten, ruimtebeslag en rendement – van zuiveringsmethodes bij het gemaal op drie verschillende wijzes benaderd. Hieronder zetten we de verschillen tussen de benaderingen op een rijtje, zodat duidelijk is hoe dit rapport (IV), en deze methode zich verhoudt t.o.v. de andere rapporten (II, III).

- Voort et al. (2010; rapport II) gaan er vanuit dat door gebruik van een piekfactor (een maat voor de verhouding tussen de piekafvoer en de gemiddelde afvoer) bij dimensionering van de zuiveringsinstallatie het rendement dat zij opgeven gehaald zal worden. De rendementen gelden binnen vastgestelde concentratieranges (0,1 tot 2 mg P /l). Of (KRW-)normen gehaald zullen worden is geen onderdeel van de in rapport II gerapporteerde studie en speelt geen rol bij de dimensionering. Dientengevolge wordt geen uitspraak gedaan over de haalbaarheid van het benodigde oppervlak of de te maken kosten.
- Buma & Griffioen (2010; rapport III) gaan uit van de variatie in neerslag en afvoer gedurende het jaar. Op basis van deze gegevens berekenen zij welk oppervlak nodig is om tot de door KRW gewenste concentraties te komen. Met deze berekening wordt de relatie tussen ruimtebeslag en concentratie in het gezuiverde water inzichtelijk.
- In de studie zoals beschreven in dit rapport (IV) gaan we uit van een gemiddeld debiet en gebruiken we voor de berekening van de kosten en het benodigde oppervlak van een zuiveringsinstallatie de piekfactor. Deze studie maakt de kosten, het ruimtebeslag en het rendement van de zuiveringsinstallaties voor drie voorbeeldpolders inzichtelijk. Bij de berekening wordt niet uitgegaan van de door de KRW gewenste fosfaatconcentraties; echter wordt wel beschouwd of deze gehaald kunnen worden met een specifieke zuiveringsinstallatie in een voorbeeldpolder.

2.1 Keuze voor drie voorbeeldpolders

Om inzicht te geven in de financiële en beleidsmatige haalbaarheid van 'Zuiveren en Gemalen' zullen we – o.a. op basis van de studie van Voort et al. (2010) de kosten en effecten voor drie voorbeeldpolders in beeld brengen. De drie polders zijn gekozen op basis van hun onderlinge verschillen en op de beschikbaarheid van informatie. Het gaat om de polders de Krimpenerwaard, Polder Zuidplas en de Hogeveense Polder. De Krimpenerwaard is een 'typische veenweidepolder'. In de Krimpenerwaard vindt vooral extensieve landbouw plaats: de polder bestaat voor het grootste deel uit veenweidegrond die gebruikt wordt voor veeteelt. In Polder de Zuidplas is een polder met gevarieerd zeer intensief ruimtegebruik. Deze polder kent een hoge verstedelingsgraad en de landbouwgronden worden gebruikt voor kassen, veeteelt en akkerbouw. Daarbij zijn er voor Polder Zuidplas verschillende inrichtingsplannen waardoor de komende jaren de inrichting van de polder drastisch kan gaan wijzigen. In de Hogeveense Polder vindt vrijwel uitsluitend bollenteelt plaats, het kan gezien worden als een 'typische bollenpolder'. Het landgebruik bepaalt voor een deel de economische draagkracht van een polder, omdat de omzet tussen agrarische bedrijven van verschillende landbouwtypes significant kan verschillen. Deze verschillen zijn interessant bij het bepalen van de financiële haalbaarheid van 'Zuiveren en Gemalen'.
De drie voorbeeldpolders passen binnen de indeling in probleemgebieden van de werkgroep nutriënten Rijn-West (Werkgroep nutriënten Rijn-West, 2010). Zij delen het deelstroomgebied Rijn-West in bollengebied, veenweide, diepe polders en glastuinbouw. Met die indeling is vrijwel het hele deelstroomgebied gedekt buiten de duinen. Wij richten ons niet specifiek op

gebieden met glastuinbouw, maar wel op het bollengebied, de veenweide en de diepe polders (Polder Zuidplas). Met onze indeling beslaan we daarmee ook een belangrijk deel van het deelstroomgebied Rijn-West of laag-Nederland. Dit maakt de studie toepasbaar op grote delen van dit deel van Nederland.

2.2 Kostenberekening

Bij het inzichtelijk maken van de kosten voor maatregelen worden in o.a. MNP (2008) en Reinard et al. (2008) de volgende kosten onderscheiden:

1. Investeringskosten: de kosten die dienen te worden gemaakt om een maatregel te realiseren (waarin niet meegenomen de kosten voor de compensatie van inkomstenverlies door verandering grondgebruik)
2. Beheers- en onderhoudskosten (of exploitatiekosten): alle kosten die gemaakt moeten worden om een maatregel in stand te houden.
3. Inkomstenverlies door verandering grondgebruik: kosten voor de compensatie van inkomstenverlies door verandering grondgebruik

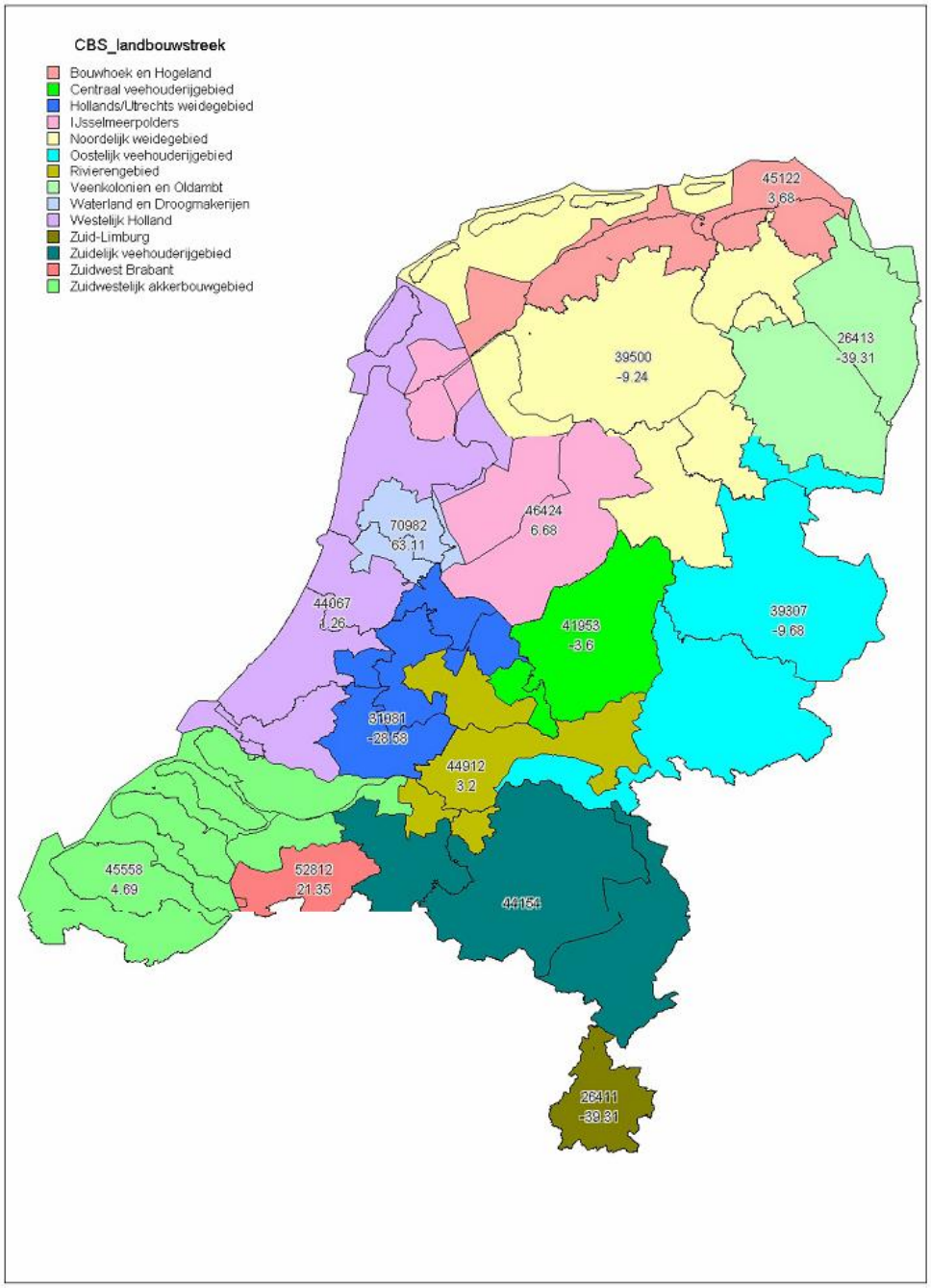
Ad. 3: voor de kostenberekening kan 'Inkomstenverlies door verandering van grondgebruik' een belangrijke kostenpost zijn, zeker als een maatregel relatief veel ruimte in beslag neemt. Het inkomstenverlies door verandering van grondgebruik kan sterk per gebied verschillen en is afhankelijk van de in het gebied voorkomende landbouwtypes. De omvang van deze kosten is gelijk aan het areaal landbouwgrond wat verdwijnt vermenigvuldigd met de netto toegevoegde waarde (NTW) per ha per jaar van het betreffende type landbouw. Het LEI beschikt over economische kentallen voor netto toegevoegde waarde per landbouwtype; deze staan opgesomd in Antheunisse et al. (2008; Tabel 1.1). In de kostenberekening per polder zullen we het voor de polder specifieke landbouwtype meenemen bij de berekening van het inkomstenverlies door verandering van grondgebruik.

*Tabel 2.1: Netto Toegevoegde Waarde (NTW) van landbouwgronden per landbouwtype. De tabel is gebaseerd op informatie uit Antheunisse et al. (2008). *NTW voor bollenteelt is geschat op basis van getallen op BINTERNET.*

Landbouwtype	EUR/ha.jaar
Melkvee	1909
Varkenshouderij	8102
Pluimvee	14789
Gecombineerde bedrijven	2057
Akkerbouw	1509
Tuinbouw	35066
Bollenteelt	70000 *

Er is voor gekozen om te rekenen met het verlies aan NTW. Een andere optie is om te rekenen met grondprijzen: de aankoopprijzen voor de landbouwgronden in de voorbeeldpolders. Deze prijzen zijn beschikbaar bij het LEI en het kadaster (www.lei.nl/www.kadaster.nl). In de Bollenstreek bijvoorbeeld, kost een hectare bouwland EUR 55.721 en een hectare grasland EUR 47.499, in de Krimpenerwaard en oostelijk Rijnland kost een hectare bouwland EUR 33.333 en een hectare grasland EUR 45.853 (www.boerderij.nl). Er is voor gekozen om te rekenen met verlies aan NTW i.p.v. met aankoopprijzen voor landbouwgronden omdat bij aankoop van grond ten behoeve van een zuiveringsinstallatie het onroerend goed (grond) eigendom wordt van de waterbeheerder en er feitelijk geen sprake is van kapitaalverlies of kosten.

Figuur 2.1: de gemiddelde prijs per CBS landbouwstreek en de afwijking in procenten ten opzichte van het landelijke gemiddelde (EUR 43.519,00 per ha), van de maand juli 2008.



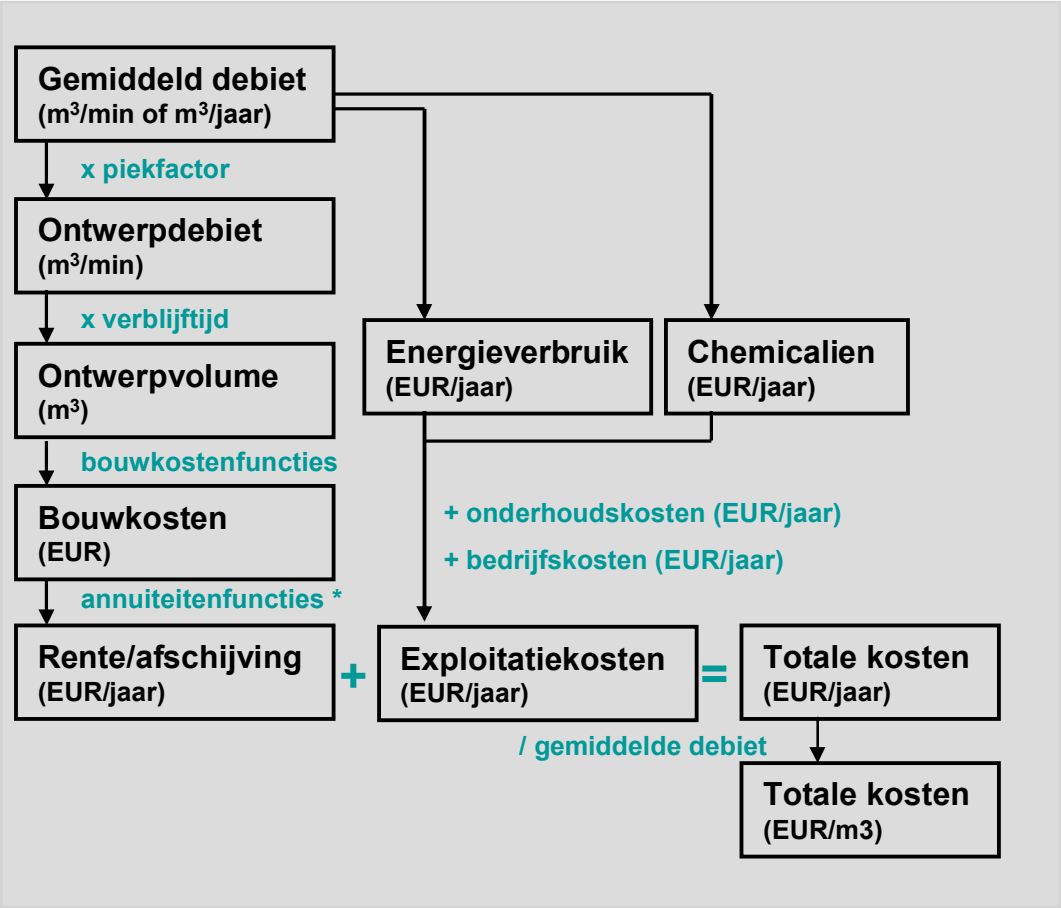
2.2.1 Kostenberekening voor 'Zuiveren en Gemalen'

Specifieke kostprijs per zuiveringsmethode

Voort et al. (2010) hebben de specifieke kostprijs voor verschillende zuiveringsmethodes berekend. In de specifieke kostprijs zijn de investeringskosten en beheers- en

onderhoudskosten opgenomen – en dus niet de kosten voor inkomstenverlies door verandering van grondgebruik. Om de totale kosten voor 'Zuiveren en Gemalen' te bepalen in de drie voorbeeldpolders worden de specifieke kostprijs en de kosten voor inkomstenverlies door verandering van grondgebruik gesommeerd. De specifieke kostprijs wordt uitgedrukt in cent/m3. De berekening van de specifieke kostprijs uit Voort et al. (2010) kan samengevat worden in Figuur 2.2.

Figuur 2.2: schematisatie van de berekening van de specifieke kostprijs door Voort et al. (2010). In de annuïteitenfuncties is een afschrijvingstermijn van 30 jaar en eenrrentepercentage van 6% gebruikt. Uitleg over annuïteitenfuncties in bijlage A.



Voort et al. (2010) hebben de specifieke kostprijs voor vijf zuiveringsmethodes bepaald, namelijk voor:

1. Boerenslootmethode
2. Vlokkingsfiltratie – dynamisch zandfilter
3. Vlokkingsfiltratie – 1stepfilter
4. Fuzzy filter zonder ijzervlokken
5. Langzame zandfilter

De specifieke kostprijs is berekend voor deze zuiveringsinstallaties bij het gemaal als ook voor deze zuiveringsinstallaties in een recirculatiesysteem. Bovendien is de specifieke kostprijs berekend voor verschillende ontwerpdebieten (Tabel 2.2).

Tabel 2.2: Kostenoverzicht zandfiltratie bij een gemaalsysteem en een recirculatiesysteem

Gemaalsysteem	**5**	**15**	**30**
Ontwerpdebiet (m3/min)	8,5	25,5	51
Oppervlakte filterbed (m3)	11	34	68
Volume filterbed (m3)	40	119	237
Investering (€)	662.920	1.888.877	3.727.812
Exploitatie (€)	108.494	313.983	622.216
€/m3 specifieke kostprijs	0,0413	0,0398	0,0395
Recirculatiesysteem	**5**	**15**	**30**
Ontwerpdebiet (m3/min)	5	15	30
Oppervlakte filterbed (m3)	6,65	19,95	39,9
Volume filterbed (m3)	23	70	140
Investering (€)	410.517	1.131.668	2.213.395
Exploitatie (€)	79.436	226.808	447.866
€/m3 specifieke kostprijs	0,0302	0,0288	0,0284

Naast de specifieke kostprijs geven Voort et al. (2010) ook een aantal ontwerpparameters die essentieel zijn voor het bepalen van de totale jaarlijkse kosten of voor het bepalen van de te verwachten effectiviteit. Deze parameters en de specifieke kostprijs van de verschillende zuiveringsmethodes zijn weergegeven in Tabel 2.3.

Tabel 2.3: ontwerpparameter en specifieke kostprijs van vijf zuiveringsmethodes. Piekfactor is gebaseerd op De Boorder et al., (2010).

Zuiveringsmethode	**gemaal/ recirculatie**	**zuiverings-rendement**	**piekfactor**	**oppervlakte-belasting**	**kosten**
	G/RC	%	-	m3/h.m2	cent/m3
Boerenslootmethode	G	60-80	1,7	0,22-0,44	3,7
	RC	60-80	1	0,22-0,44	3,0
Vlokkingsfiltratie - dynamisch zandfilter	G	70-90	1,7	10	5.6-11
	RC	70-90	1	10	4.5-8.8
Vlokkingsfiltratie - 1step filter	G	70-90	1,7	10	18,0-24,0
	RC	70-90	1	10	16,0-22,0
Fuzzy filter	G	20-50	1,7	100	3,6-5,0
	RC	20-50	1	100	3,0-4,6
Langzame zandfilter	G	70-90	1,7	0,1	1,5-2,5
	RC	70-90	1	0,1	1,0-1,4

Gemaal/recirculatie en de piekfactor

Kosten kunnen afhankelijk zijn van waar in de polder de zuiveringsinstallatie wordt ingericht: bij het gemaal – waar het water dan bij uitmalen wordt gezuiverd - of in de polder in een recirculatiesysteem. De kosten zullen vrijwel altijd hoger zijn wanneer de zuiveringsinstallatie bij het gemaal wordt geplaatst omdat dan de zuiveringsinstallatie alleen in werking is wanneer er wordt uitgemalen en de installatie moet worden gedimensioneerd op de te verwachten piekafvoer. De mate waarin de kosten zullen verschillen wordt bepaald door de piekfactor (Tabel 2.3). De piekfactor is een maat voor de verhouding tussen de piekafvoer en de gemiddelde afvoer. In een recirculatiesysteem kan water ook gezuiverd worden wanneer er

niet wordt uitgemalen en hoeft niet tijdens een piek ineens al het water gezuiverd te worden, waardoor de installatie kan worden gedimensioneerd op de gemiddelde afvoer (de piekfactor is dan 1). De dimensionering (afmetingen) van de zuiveringsinstallatie zijn bepalend in de investeringskosten, en uiteraard voor de kosten voor 'inkomstenverlies door verandering van grondgebruik'. Voor de beheer- en onderhoudskosten maakt het echter geen verschil want de totale hoeveelheid te zuiveren water en dus de totale hoeveelheid benodigde chemicaliën voor vlokkingsfiltratie bijvoorbeeld is voor beide systemen – bij het gemaal of in een recirculatiesysteem – gelijk (Voort et al., 2010). Wanneer de investeringskosten en kosten voor 'inkomstenverlies door verandering grondgebruik' laag zijn t.o.v. de kosten voor beheer en onderhoud (o.a. kosten voor chemicaliën) dan zullen de kostprijsverschillen tussen 'bij het gemaal' en 'in een recirculatiesysteem' relatief klein zijn. Dit geldt bijvoorbeeld voor de boerenslootmethode.

Zuiveringsrendement
Het zuiveringsrendement bepaalt de uiteindelijke effecten op de waterkwaliteit. Het zuiveringsrendement is altijd aangegeven met een range omdat dit afhankelijk is van verschillende factoren, namelijk o.a.: de watertemperatuur, de stroomsnelheid van het water (of het debiet), en de fosfaatconcentratie. Geen zuiveringsmethode kan 100% fosfaat verwijderen, ondermeer omdat bij lage concentraties verwijderen steeds moeilijker wordt. De door Voort et al. (2010) gegeven rendementen zijn geldig tussen 0.1 en 2 mg fosfaat/l. Het zuiveringsrendement nemen we niet mee bij de kostenberekening; het is echter wel een belangrijke factor bij het bepalen van een gewenste zuiveringsmethode.
Een combinatie van verschillende zuiveringsmethodes zal een hoog zuiveringsrendement kunnen bieden, maar hiervan zijn geen kosten- en haalbaarheidsberekeningen uitgevoerd. Het is wel iets dat in de toekomst zeker aandacht verdient.

Oppervlaktebelasting en inkomstenverlies door verandering grondgebruik
De kosten voor het zuiveren van water kunnen worden uitgedrukt in kosten per kubieke meter te zuiveren water en zijn weergegeven in Tabel 2.3. In deze kosten zijn niet de kosten voor 'inkomstenverlies door verandering van grondgebruik' meegenomen omdat deze erg locatiespecifiek zijn. In de kostenberekeningen per voorbeeldpolder nemen we wel deze kosten mee. De parameter 'oppervlaktebelasting' is hiervoor belangrijk. De oppervlaktebelasting is een parameter die aangeeft hoeveel kubieke meter per uur gezuiverd kan worden door 1 vierkante meter zuiveringsinstallatie. Als dit getal hoog is, is er relatief weinig ruimte vereist voor de installatie en vice versa.

Invloed grootte installatie op kosten per kuub
De kosten – in cent/m3 - voor veel zuiveringsmethodes zijn afhankelijk van de grootte van de zuiveringsinstallatie: hoe groter de installatie hoe lager de kostprijs per te zuiveren kuub. Een grote installatie is dus goedkoper dan verschillende kleinere installaties (Voort et al., 2010). Bij de kostenberekening in de drie voorbeeldpolders zullen we een indicatie geven hoeveel het zal kosten als er gekozen wordt voor één groot systeem of voor meerdere kleinere systemen.

Berekening
De kostenberekening is uitgevoerd voor vijf zuiveringsmethodes in drie voorbeeldpolders. De berekening is voor elke zuiveringsmethode en voor elke polder op dezelfde wijze uitgevoerd. De parameters voor de verschillende zuiveringsmethodes zijn toegepast en daarnaast zijn gebiedskenmerken van de drie voorbeeldpolders gebruikt. Deze gebiedskenmerken worden beschreven in de volgende hoofdstukken.

De berekeningen hebben een zeker abstractieniveau. Er zijn gegevens gebruikt van drie specifieke polders (de drie voorbeeldpolders) maar daarin is niet ook gekeken naar specifieke gemalen. We hebben dus niet de – gedeeltelijk beschikbare – data betreffende pompuren en debiet gebruikt van de gemalen in de drie voorbeeldpolders. Er is voor gekozen om meer abstract te kijken naar de kosten voor 1 groot gemaal of meerder kleinere gemalen in een polder.
Voor de kostenberekening is een aantal gebiedskenmerken van belang: hoeveelheid uit te malen water per jaar, het aantal pompuren en het grondgebruik en daarmee samenhangende kosten per hectare grondgebruiksverandering per jaar.
De hoeveelheid uit te malen water en het aantal pompuren tezamen bepalen het gemiddelde debiet bij het gemaal. Dit debiet samen met de piekfactor bepaalt de dimensionering van de zuiveringsinstallatie wat invloed heeft op de totale investeringskosten en het voor de zuiveringsinstallatie in gebruik te nemen oppervlak. Bovendien is de benodigde hoeveelheid chemicaliën (ijzer bij veel fosfaatzuiveringsmethodes) afhankelijk van het aantal kubieke meter te zuiveren water.
Het aantal pompuren per jaar heeft direct gevolgen voor de kosten. Als de totale uit te malen hoeveelheid water in minder uur wordt uitgemalen dan moet de zuiveringsinstallatie groter gedimensioneerd worden, wat meer investeringskosten en grondoppervlak kost. In deze studie is gekozen voor 2000 pompuren per jaar wat een (relatief hoog) gemiddelde is van het aantal pompuren vastgesteld bij verschillende gemalen in West-Nederland (De Boorder et al., 2010). Het is belangrijk om – wanneer in de toekomst voor en specifiek gemaal de kosten berekend moeten worden – goed inzicht te hebben in het aantal pompuren en de gemiddelde afvoer voor dat gemaal (bijvoorbeeld De Boorder et al., 2010).

Als de gebiedskenmerken bepaald zijn, kunnen deze gecombineerd worden met de specifieke kostprijs en andere ontwerpparameters (Tabel 2.4) van de betreffende zuiveringsmethode. Als eerste is de oppervlaktebelasting bepalend voor het oppervlak dat de zuiveringsinstallatie zal beslaan. In het voorbeeld in Tabel 2.4 is de oppervlaktebelasting 0.2 m3/h.m2. Dit betekent dat elke vierkante meter zuiveringinstallatie 0.2 kubieke meter per uur kan zuiveren. Het benodigde oppervlak vinden we dan door de oppervlaktebelasting te vermenigvuldigen met de afvoer per uur per gemaal. Het totale benodigde oppervlak voor zuiveringsinstallaties in de polder vinden we door het benodigde oppervlak per gemaal te vermenigvuldigen met het aantal gemalen in de polder. In dit voorbeeld komen we dan uit op 128 vierkante meter. De totale kosten voor verandering van grondgebruik per jaar worden vervolgens berekend door dit oppervlak te vermenigvuldigen met de Netto Toegevoegde Waarde (NTW) voor het overheersende landgebruik in de betreffende polder (Tabel 2.1). De totale investerings- en exploitatiekosten per jaar worden berekend door, voor de betreffende zuiveringsmethode, de investerings- en exploitatiekosten per kubieke meter te vermenigvuldigen met de hoeveelheid uit te malen water per jaar. De investerings- en exploitatiekosten per jaar plus de kosten voor verandering van grondgebruik per jaar vormen samen de totale kosten per jaar.

Tabel 2.4: format voor kostenberekening per zuiveringsmethode per voorbeeldpolder.

KRIMPENERWAARD			
aantal gemalen per polder	*5*	*20*	*-*
oppervlak van de polder	*139*	*139*	*km2*
debiet: uit te malen per jaar	41700000	41700000	*m3/jaar*
DEBIET PER ZUIVERINGSINSTALLATIE			
uit te malen per jaar	*8340000*	*2085000*	*m3/jaar*
pompuren per jaar	*2000*	*2000*	*uur/jaar*
gemiddelde afvoer per uur	*4170*	*1043*	*m3/uur*
gemiddelde afvoer per minuut	*70*	*17*	*m3/min*
KOSTEN GRONDGEBRUIKSVERANDERING			
kosten per ha grondgebruikverandering per jaar	2000	2000	EUR/ha.jaar
Boerenslootmethode	**bij gemaal**	piekfactor	1,7
OPPERVLAK			
oppervlaktebelasting	0,2	0,2	m3/h.m2
benodigd oppervlak per polder	30	30	ha
benodigd oppervlak t.o.v. totaal opp. polder	0,22	0,22	%
KOSTEN			
investerings- + exploitatiekosten per kuub	3,7	3,7	EURct/m3
investerings- + exploitatiekosten per zuiveringsinstallatie	309	77	kEUR/jaar
investerings- + exploitatiekosten per polder	1543	1543	kEUR/jaar
kosten verandering grondgebruik per polder	0	0	kEUR/jaar
totale kosten per jaar	**1543**	**1543**	**kEUR/jaar**

2.2.2 Kostenberekening voor referentiemaatregel

Om de financiële en beleidsmatige haalbaarheid van 'Zuiveren en Gemalen' te bepalen willen we de kosten – in ieder geval op orde grootte - kunnen vergelijken met een andere maatregel. Deze maatregel noemen we dan de referentiemaatregel. Helofytenfilters leken in het eerste opzicht een voor de hand liggende referentiemaatregel omdat uit de Ex Ante evaluatie (MNP, 2008) is gebleken dat dit de meest kosteneffectieve maatregel is voor fosfaat. Helofytenfilters zijn volgens Van der Bolt et al. (2008) effectief op alle natte zand- en veengronden en alle kleigronden. In de voorbeeldpolders komen vrijwel uitsluitend deze grondsoorten voor, waardoor een vergelijking met helofytenfilters zinvol lijkt. Reinhard et al. (2008) geven een overzicht van investeringskosten en exploitatiekosten voor helofytenfilters.
Echter uit onderzoek van Schomaker (2005) blijkt dat de verwijderingsrendementen voor fosfaat grote spreiding kennen. Er zijn dus geen eenduidige ontwerprekenregels vast te stellen. Daarmee is het ook onmogelijk om een betrouwbare effectiviteits- en kosteninschatting te maken. Uit dezelfde studie blijkt bovendien dat er een maximum ligt bij een verwijderingsrendement van 10 gram fosfaat/m2.jaar, daarboven nemen de procentuele verwijderingsrendementen sterk af. Ook blijken helofytenfilters op zandgronden goed te werken maar op veen slecht fosfaat te verwijderen (Schomaker, 2005).
Dus als de grond uit (klei)veen bestaat is een helofytenfilter geen geschikte methode om P te verwijderen, in tegenstelling tot wat Van der Bolt et al. (2008) veronderstellen. Datzelfde geldt als fosfaatconcentraties hoog zijn of de druk op het ruimtegebruik erg hoog is. Immers, als het verwijderingsrendement relatief laag is, is er erg veel ruimte nodig.
Een meer intensieve (en technologische) zuiveringsmethode is dan gewenst, bijvoorbeeld puridrain. Puridrain is interessant omdat puridrain waarschijnlijk - eventueel in combinatie met andere zuiveringsmethodes – een hoog zuiveringsrendement kan halen. Bovendien zuivert puridrain het water dichtbij de bron, namelijk al in het perceel, waardoor de waterkwaliteit zowel in poldersloten als in boezemwater zal verbeteren. Voor de kostenberekening is de methode zoals beschreven door Meindertsma (2010) gebruikt. Hierbij is een rentepercentage van 6% en een afschrijvingstermijn van 15 jaar gebruikt, bovendien zijn geen drainageaanlegkosten in de berekening opgenomen omdat wordt aangenomen dat deze kosten hoe dan ook gemaakt moeten worden en dus niet specifiek zijn voor puridrain.

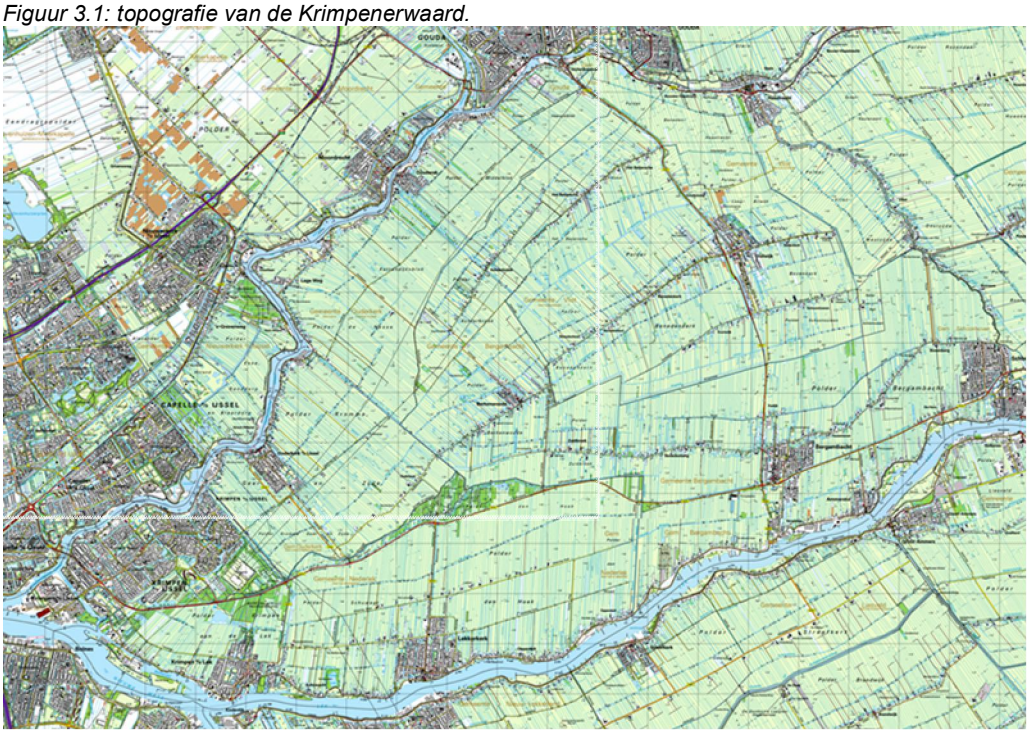
3 Voorbeeld 'typische veenweidepolder'

3.1 Gebiedsbeschrijving

De Krimpenerwaard is een veenweidepolder, waar de nutriëntenproblematiek een belangrijke factor is die de waterkwaliteit en ecologie bepaalt. Het overgrote deel van de bodem bestaat uit veen of een veenpakket met een kleidek. De polder is erg waterrijk. Ongeveer 20% van het totale oppervlak (ongeveer 28km^2 van 139km^2) is oppervlaktewater (greppel, sloot, of breder open water; (Kroes et al., 2008). Het grootste deel van het landoppervlak wordt gebruikt voor agrarische doeleinden. Sinds de ontginning van het gebied zijn de klei- en veengronden als grasland gebruikt. De aanwezige bodemtypen zijn voor akkerbouw minder of zelfs ongeschikt.

Melkveehouderijen nemen in de agrarische sector dan ook de eerste plaats in (Figuur 3.2). Langs de Nieuwe Maas en de Lek komt sporadisch akkerbouw en fruitteelt voor. De stedelijke gebieden liggen langs de grote rivieren. Stolwijk en Berkenwoude zijn kleine woonkernen die midden in het gebied liggen. Verder is er lintbebouwing langs open water aanwezig.

Figuur 3.1: topografie van de Krimpenerwaard.

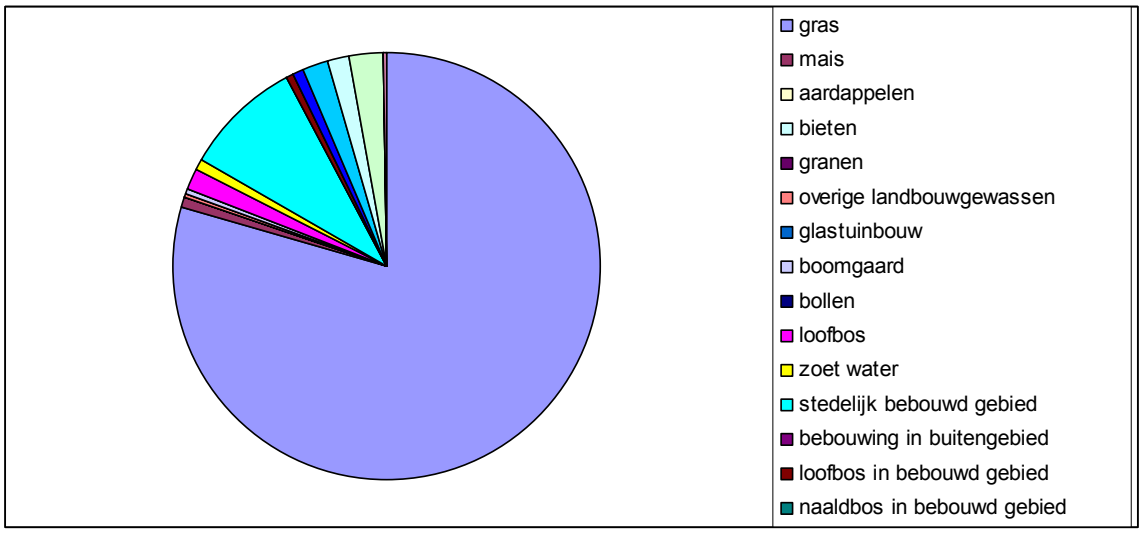


3.2 Waterkwaliteit

Door het hoogheemraadschap worden maandelijks op een groot aantal punten bemonsteringen van het oppervlaktewater uitgevoerd waarmee de waterkwaliteit wordt geanalyseerd. In het project Monitoring Stroomgebieden is de data uitgebreid geanalyseerd (Kroes et al., 2008). De gemiddelde P-concentratie in de polder ligt tussen de 0.36 mg/l bij gemaal Krimpenerwaard en 0.54 mg/l bij gemaal Verdoold (De Boorder et al., 2010). We

nemen aan dat deze concentraties de komende jaren niet (nauwelijks) zullen veranderen omdat de bodem waarschijnlijk nog jaren fosfaat zal (na)leveren (o.a. MNP, 2008).

Figuur 3.2: landgebruik in de Krimpenerwaard.



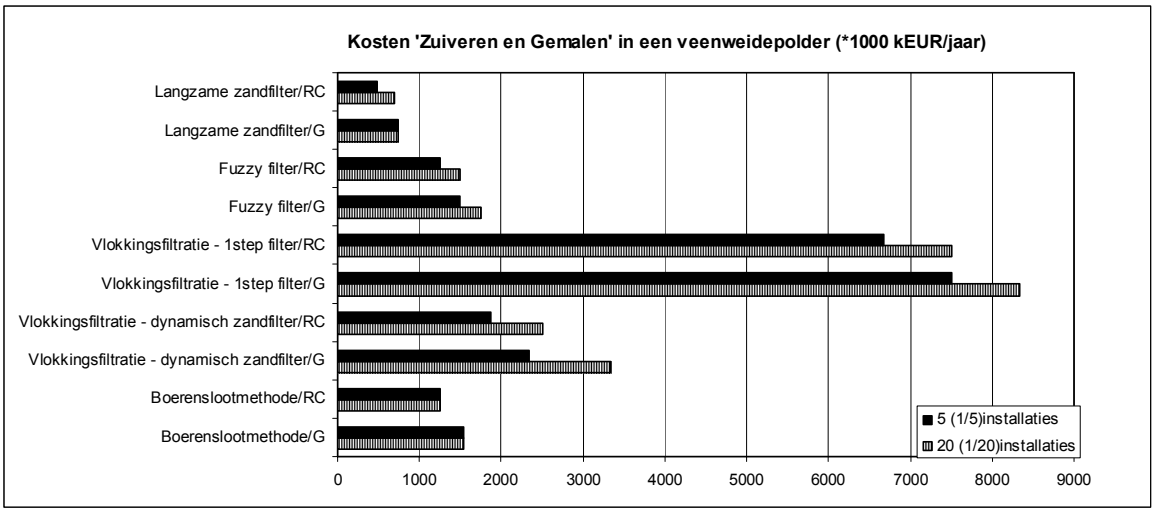
3.3 Kosten van maatregelen

Uit Schomaker (2005) blijkt dat helofytenfilters niet effectief zijn op veengronden, dus daarmee is het zinloos om helofytenfilters in te zetten in een veenweidepolder. Puridrain zal niet toegepast kunnen worden omdat er in dit type polders nauwelijks buisdrainage aanwezig is. In een veenweidepolder zijn zowel helofytenfilters als puridrain dus niet effectief of onmogelijk. We zetten de kosten van 'Zuiveren en Gemalen' in dit voorbeeld dus niet af tegen een referentiemaatregel.

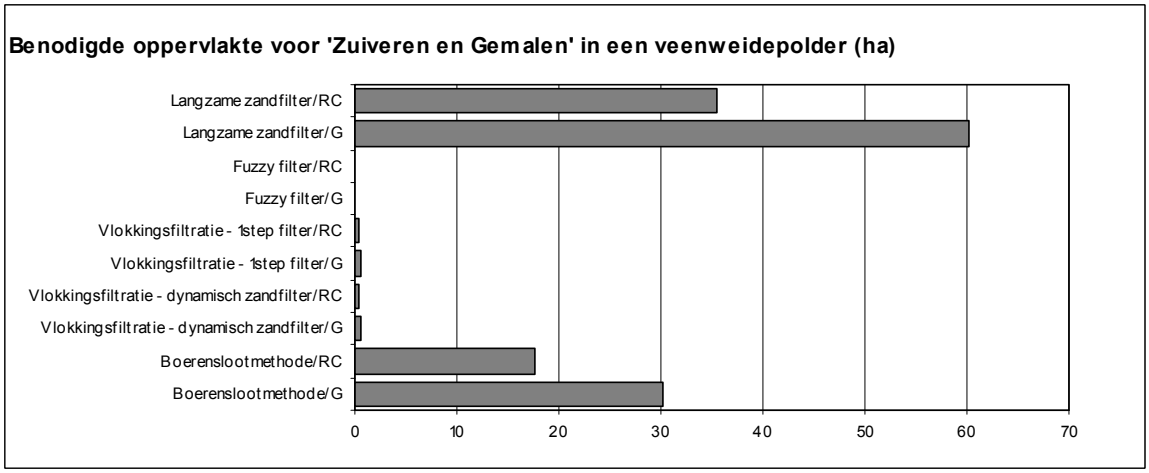
De kosten voor 'Zuiveren en Gemalen' zijn weergegeven in tabellen (bijlage B) en samengevat in Figuur 3.3. Omdat de grond niet intensief gebruikt wordt in een veenweidepolder spelen de grondprijzen (of Netto Toegevoegde Waarde per hectare per jaar, Tabel 2.1) geen doorslaggevende rol in de totale jaarlijkse kosten. Waarschijnlijk is in de Krimpenerwaard, of een andere veenweidepolder, het langzame zandfilter daarom een goede optie. Deze methode vraagt relatief veel ruimte, namelijk 35 tot 60 hectare (Figuur 3.4), maar dit ruimtebeslag is in deze polder misschien wel haalbaar. Een voordeel van deze methode is dat deze niet erg industrieel oogt waardoor deze relatief makkelijk is in te passen in het landschap.
Het fuzzy filter kent relatief lage kosten (Figuur 3.3), en het benodigde oppervlak is met ruim 100m2 relatief laag (Figuur 3.4). Hiervoor moet relatief eenvoudig ruimte gevonden kunnen worden. De installatie oogt echter wel industrieel en is daardoor moeilijker in te passen in het landschap.
De boerenslootmethode is relatief goedkoop, maar vooral ook interessant omdat hiervoor geen 'industriële' installatie gebouwd hoeft te worden. De 'boerensloot' wordt aangelegd in bestaand (of eventueel aan te leggen) oppervlaktewater. In de Krimpenerwaard is hiervoor tussen de 17 (bij een recirculatiesysteem) en 30 (bij een gemaalsysteem) hectare oppervlaktewater vereist. Dit is 0.6 -1.1 % van het totale oppervlak oppervlaktewater (2800 ha).
Als we kijken naar het rendement van de drie goedkoopste en haalbare zuiveringsmethodes – boerenslootmethode, langzame zandfilter en fuzzy filter – dan zien we dat de boerenslootmethode een rendement kent van 60-80% het langzame zandfilter een

rendement van 70-90% kent en het fuzzy filter een rendement van 20-50% (Tabel 2.3). De boerenslootmethode en het langzame zandfilter kan het water uit de Krimpenerwaard, dat een gemiddelde fosfaatconcentratie van 0. 44 mg/l kent, vrijwel zeker tot onder de norm van 0.15 mg/l fosfaat zuiveren. Of het fuzzy filter ook tot onder de norm kan zuiveren is onduidelijk en o.a. afhankelijk van in welke vorm het fosfaat in het water zit. Is een groot deel van het fosfaat organisch gebonden, dan kan het rendement 50% zijn. Ook dan wordt de norm nog niet gehaald, maar komt de concentratie in de buurt van de norm. Het fuzzy filter zou wellicht ingezet moeten worden in combinatie met een andere zuiveringsmethode, om wel een hoog genoeg rendement te halen. De rendementen van de boerensloot en het fuzzy filter geven ook mogelijkheid om de zuiveringsinstallatie wellicht iets kleiner te dimensioneren dan optimaal, waarmee kosten bespaard kunnen worden. Daarmee moet je soms – bijvoorbeeld na hevige regenval - water ongezuiverd doorlaten. De vraag is hoe erg dat is voor de waterkwaliteit, als over het algemeen het water tot onder de norm gezuiverd wordt.

Figuur 3.3: Kosten 'Zuiveren en Gemalen in een veenweidepolder.



Figuur 3.4: benodigd oppervlak voor 'Zuiveren en Gemalen' in een veenweidepolder.



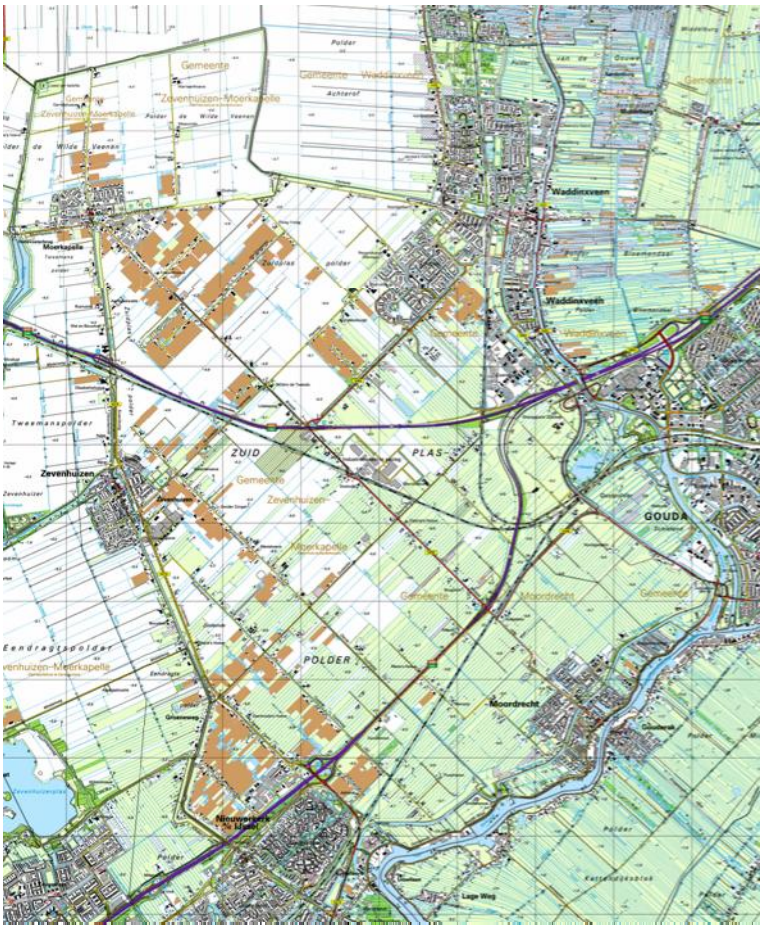
4 Voorbeeld 'typische polder met gevarieerd, intensief grondgebruik'

4.1 Gebiedsbeschrijving

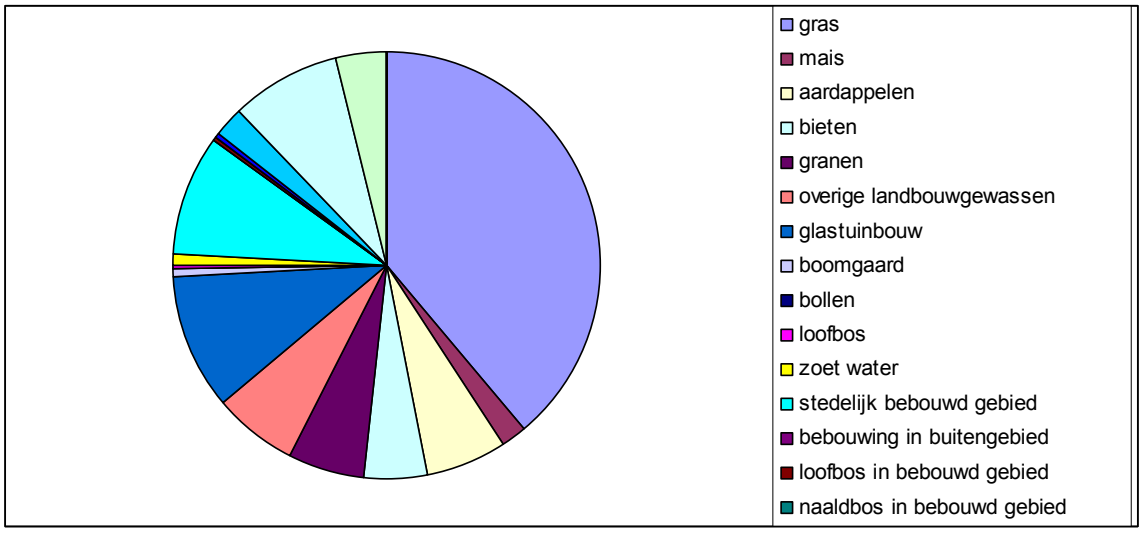
Polder de Zuidplas is een droogmakerij in de provincie Zuid-Holland, gelegen tussen de Rotte en de Hollandse IJssel In deze polder bevindt zich het Laagste punt van Nederland met 6,76 meter onder NAP. Het landgebruik in deze polder is nu nog voor een groot deel agrarisch (Figuur 4.2) maar het gebied zal een grote gedaanteverandering ondergaan. De laatste grote stadsuitbreiding van Nederland is hier gepland. In het gebied liggen al de A12 en A20, en de spoorlijnen Gouda - Den Haag en Gouda - Rotterdam.

Het is niet de bedoeling dat er een nieuwe stad wordt gebouwd, maar dat de omliggende steden kunnen uitbreiden in de polder. Behalve woningen moeten er ook bedrijven en kastuinbouw komen. Aan de noordzijde zal ter compensatie voor het verlies aan groen het nieuwe recreatiegebied Bentwoud komen. Kortom: de ruimte wordt intensief gebruikt en de druk op de ruimte wordt steeds hoger.

Figuur 4.1: topografie van Polder de Zuidplas



Figuur 4.2: landgebruik in Polder de Zuidplas



4.2 Waterkwantiteit- en kwaliteit

Polder de Zuidplas is een diepe polder waarin kwel optreedt. In Westera et al. (2006, kaart 7) is de kwel- en infiltratieflux weergegeven. Op basis van deze kaart hebben we de kwelflux per jaar voor de hele polder bepaald. De som van de kwelflux en het neerslagoverschot is het volume water dat uitgemalen moet worden waarbij inlaat verwaarloosd wordt. Er wordt 21*10^6 m3/jaar uitgemalen. Fosfaatconcentraties bij gemaal Zuidplas en gemaal Kroes zijn gemiddeld respectievelijk 0.43 mg/l en 0.37 mg/l (over de periode 1999-2009; De Boorder et al., 2010).

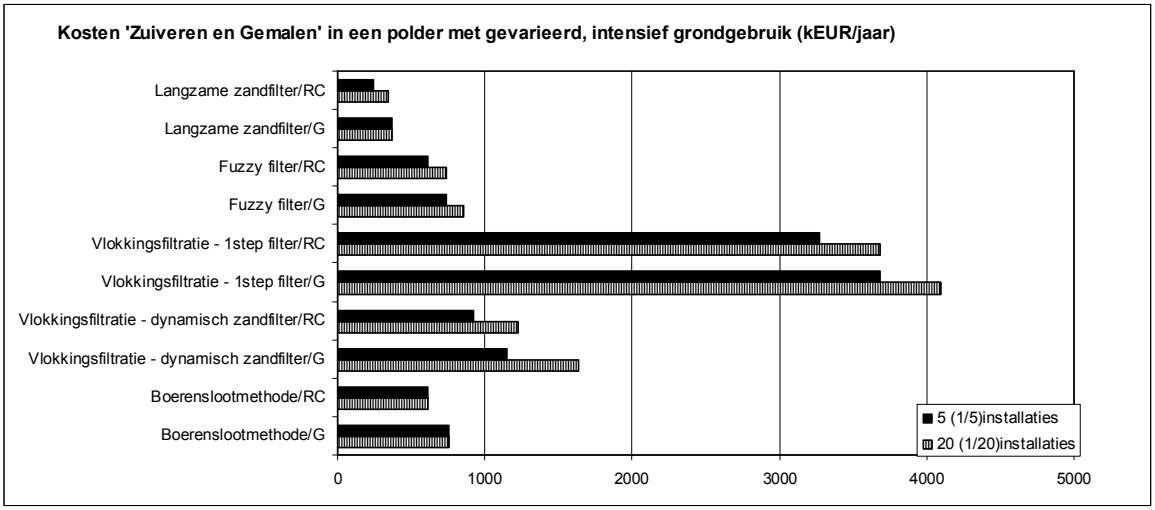
4.3 Kosten van maatregelen

In de Polder de Zuidplas zijn helofytenfilters waarschijnlijk geen optie omdat de druk op de ruimte zo hoog is, en helofytenfilters veel ruimte vragen. Wat betreft het bodemtype zou het op verschillende plekken in deze polder wel mogelijk zijn om helofytenfilters in te zetten op kleine schaal. Van deze mogelijkheid hebben wij geen kosten berekend. Puridrain is in Polder de Zuidplas wel een interessante optie, juist omdat deze maatregel geen ruimte vergt. Bovendien zijn in Polder de Zuidplas verscheidene percelen gedraineerd. We zullen voor Polder de Zuidplas de kosten van ‘Zuiveren en Gemalen’ dus vergelijken met de kosten voor puridrain.

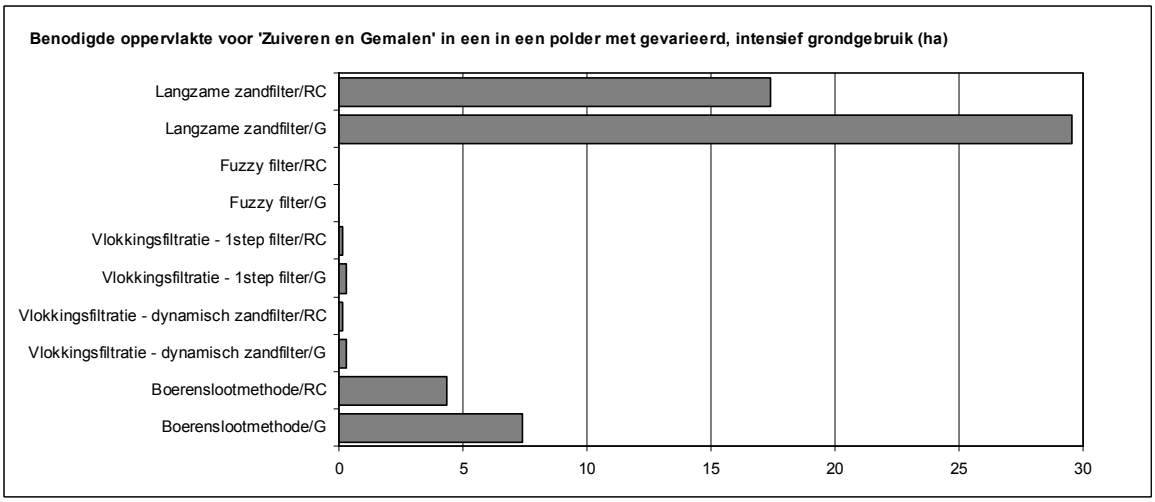
Het langzame zandfilter kent de laagste kosten (Figuur 4.3). Zeker als dit in een recirculatiesysteem zal worden ingezet op een beperkt aantal plekken in de polder, want een beperkt aantal relatief grote systemen is goedkoper dan een groter aantal relatief kleine systemen. De kosten zullen dan ongeveer 2.5 ton bedragen (Figuur 4.3). Omdat de ruimtedruk zo hoog is in deze polder lijkt het fuzzy filter de beste optie. Deze maatregel vraagt slechts 100 vierkante meter oppervlak (Figuur 4.4) en kent relatief lage kosten. Ook dit systeem vergt minder oppervlak en minder kosten wanneer het wordt ingepast in een recirculatiesysteem. De kosten bedragen dan ongeveer 6 ton. Het fuzzy filter heeft echter een relatief laag zuiveringsrendement (20-50%) waardoor dit waarschijnlijk in combinatie met een andere maatregel moet worden toegepast om KRWnormen te kunnen halen. Bijvoorbeeld in combinatie met puridrain. De kosten voor puridrain bedragen 169 kEUR per jaar per polder, als de hele polder wordt gedraineerd. Daarmee is puridrain minder duur dan alle genoemde zuiveringsmethodes bij het gemaal of in een recirculatiesysteem in deze polder met gevarieerd, intensief grondgebruik. De boerensloot is financieel ook relatief aantrekkelijk, en

met het rendement kan de KRWnorm gehaald worden. Er is echter wel een tussen de 4 en 6 hectare oppervlaktewater nodig, waarvan een groot deel in de vorm van een bezinkvijver. Het is de vraag of dit praktisch haalbaar is.

Figuur 4.3: Kosten 'Zuiveren en Gemalen in een polder met gevarieerd, intensief grondgebruik.



Figuur 4.4: Benodigd oppervlak voor 'Zuiveren en Gemalen' in een polder met gevarieerd, intensief grondgebruik.

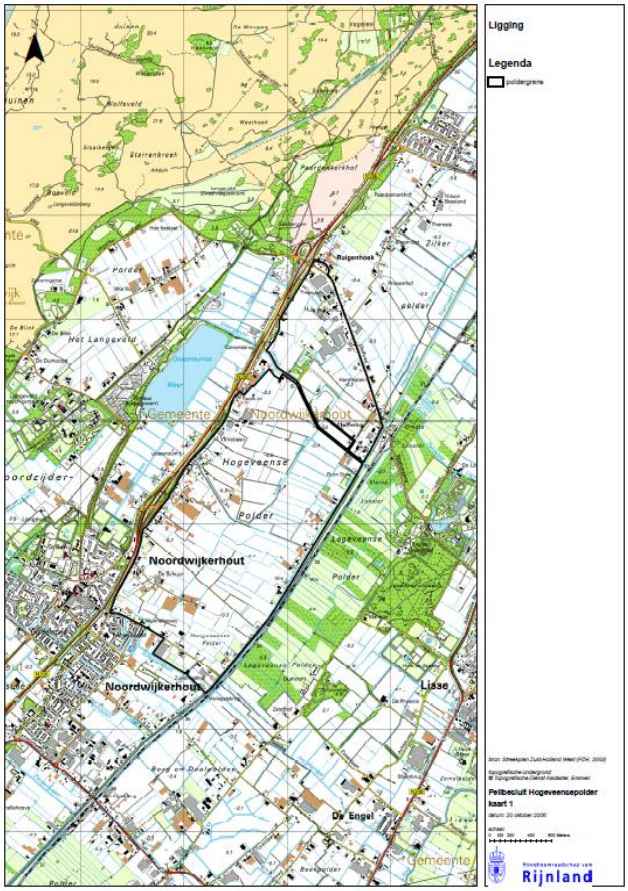


5 Voorbeeld 'typische bollenpolder'

5.1 Gebiedsbeschrijving

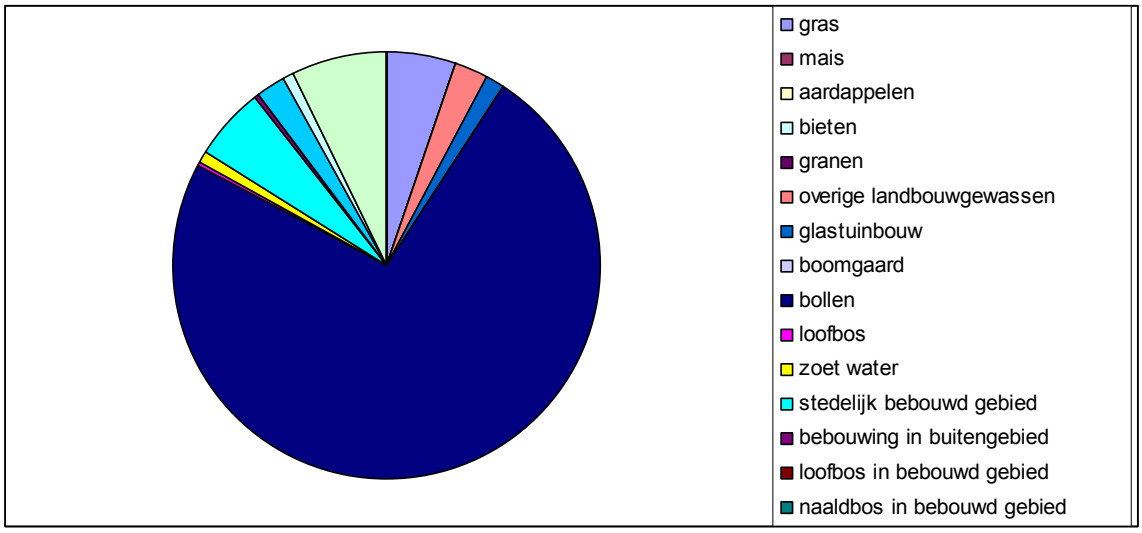
De Hogeveense Polder kan beschouwd worden als een voorbeeld van het karakteristieke cultuurlandschap van het duin- en bollengebied. Een nauwkeurig peilbeheer is van belang voor de bollenteelt. Bollen zijn gevoelig voor water en bij een paar centimeter te veel of te weinig verrotten of verdrogen de bollen. Dwars door de polder loopt het Steengrachtkanaal, dit is boezemwater, waardoor de polder wordt verdeeld in twee bemalingsgebieden. Ten westen en ten zuiden van de polder ligt een strook boezemland. Ten noorden en ten oosten van de polder liggen respectievelijk de Zilkerpolder en de Lageveense polder. Het oppervlak van de Hogeveense Polder is 5 km^2 .

Figuur 5.1: topografie van de Hogeveense Polder.



Het Streekplan Zuid-Holland West (2003) kent aan het overgrote deel van de Hogeveensepolder de functie 'bollenteeltgebied' toe (Figuur 5.2) . In de zuidwest hoek heeft een deel de functie 'stads- en dorpsgebied' (binnen de bebouwingscontour van Noordwijkerhout) en in de noordwest hoek is een klein oppervlak waaraan de functie bedrijventerrein' is toegekend (bedrijventerrein Delfweg). Omdat deze polder intensief voor bollenteelt wordt gebruikt is de Netto Toegevoegde Waarde (Tabel 2.1) van de grond in deze polder is hoog.

Figuur 5.2: landgebruik in de Hogeveense Polder.



5.2 Waterkwantiteit en -kwaliteit

In de Hogeveense Polder vindt geen uitgesproken kwel of infiltratie plaats, de kwelflux op sommige plaatsen en tijdstippen is even groot als de infiltratie op andere plaatsen en tijdstippen (Griffioen et al., 2001). Het debiet dat door de poldergemalen naar de boezem moet worden uitgemalen is dus bij benadering gelijk aan het neerslagoverschot keer het oppervlak van de polder.

In de Hogeveense Polder wordt op verschillende plaatsen de waterkwaliteit gemeten. Chardon et al. (2008) hebben de gegevens voor fosfaat geanalyseerd, hieruit blijkt dat de gemeten fosfaatconcentraties in de Hogeveense Polder variabel en hoog zijn. In 2001 bedroeg de zomergemiddeldeconcentratie zelfs 7.20 mg/l P. De laatste jaren ligt dit gemiddelde rond de 4 mg/l. De fosfaatconcentraties overschrijden de MTR (0.15 mg P/l) de laatste jaren met maar liefst een factor 30. De fosfaatconcentraties in het boezemwater liggen lager maar ook hier worden de normen overschreden. De extreem hoge fosfaatconcentraties moeten worden toegeschreven aan de bollenteelt. De mest die ten behoeve van de teelt van bolgewassen wordt opgebracht, spoelt voor het grootste gedeelte weer uit. Fosfaat komt dan in het oppervlaktewater terecht omdat het in de zandige bodem nauwelijks gebonden wordt. Ondernemers in de polder en waterbeheerders zien de noodzaak tot aanpak van de fosfaatproblematiek. Omdat de grond in deze polder intensief gebruikt wordt en de kosten en opbrengsten per hectare in de bollensector hoog zijn, zijn intensieve (en technologische) zuiveringsmethodes gewenst.

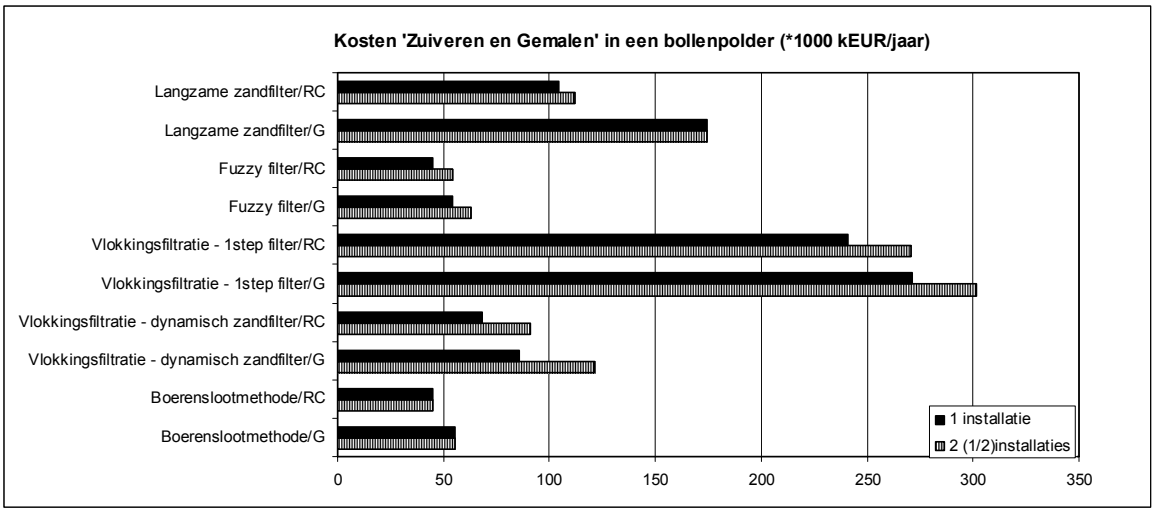
5.3 Kosten maatregelen

De grond wordt in een bollenpolder intensief gebruikt. Daarom zijn helofytenfilters waarschijnlijk geen optie want deze eisen veel ruimte. Van helofytenfilters hebben we dan ook geen kosten berekend. Puridrain is in de bollenpolder een interessante optie. De percelen zijn gedraineerd, de maatregel vergt geen ruimte en kan relatief hoge rendementen halen ook bij relatief hoge concentraties in het water (Meindertsma, 2010). We zullen voor deze bollenpolder de kosten van ‘Zuiveren en Gemalen’ vergelijken met de kosten voor puridrain.

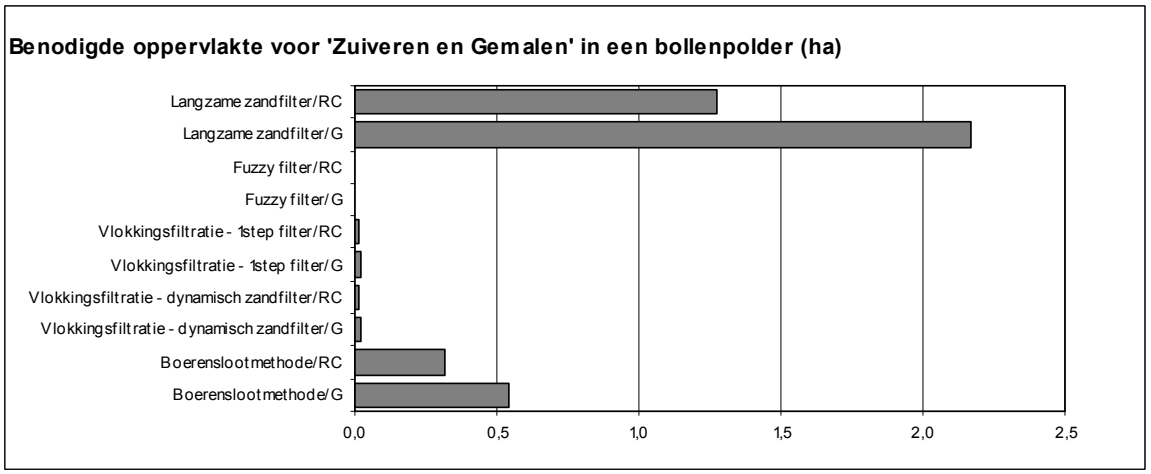
Het langzame zandfilter is in de bollenpolder relatief duur (Figuur 5.3), dit in tegenstelling tot de andere twee voorbeeldpolders. De oorzaak is het feit dat deze zuiveringsmethode veel ruimte vergt en de grond duur is. Het fuzzy filter is om deze redenen juist relatief goedkoop,

echter kan met deze methode slechts een rendement van 20-50% worden behaald waardoor de fosfaatconcentraties nog steeds ver boven de KRWnormen uitkomen. In een bollenpolder moet een hoog rendement gehaald worden om in de buurt te komen van de KRWnormen. Een hoog genoeg rendement kan alleen gehaald worden door combinaties van zuiveringsinstallaties. Een combinatie van puridrain en 'vlokkingsfiltratie – dynamisch zandfilter' of boerensloot. Dynamisch zandfilter en boerensloot zijn het minst duur van de onderzochte opties. De kosten voor puridrain bedragen echter wel 191kEUR/jaar per polder, als de hele polder wordt gedraineerd. Deze kosten zijn vergelijkbaar met de kosten voor 'vlokkingsfiltraties – 1step filter' en relatief hoog omdat er veel zuiveringsmateriaal nodig is om de hoge fosfaatconcentraties te kunnen zuiveren. Alle andere zuiveringsmethodes bij het gemaal of in een recirculatiesysteem in een bollenpolder zijn minder duur. De boerenslootmethode is het minst duur 'Vlokkingsfiltratie – dynamisch zandfilter' is ook relatief goedkoop en hiervoor is slechts tussen de 100-200m^2 nodig (Figuur 5.4).

Figuur 5.3: Kosten 'Zuiveren en Gemalen in een bollenpolder.



Figuur 5.4: Benodigd oppervlak voor 'Zuiveren en Gemalen' in een bollenpolder.



6 Discussie en conclusies

6.1 Zuiveringsrendement en kosten: waar is 'Zuiveren en Gemalen' kansrijk?

Zuiveringsrendement en kosten zijn belangrijke criteria bij de keuze voor een zuiveringsmethode. Ook ruimtebeslag en de mogelijke landschappelijke inpassing zijn belangrijke criteria waarop een zuiveringsmethode zal worden beoordeeld. Tabel 6.1 geeft een overzicht van de kansrijke zuiveringsmethodes. In veenweidegebieden zijn het langzame zandfilter, het fuzzyfilter en de boerensloot kansrijke zuiveringsmethodes. De kosten voor het langzame zandfilter zijn het laagst, waardoor dit een aantrekkelijke methode is, bovendien is het rendement relatief hoog en is de methode, ondanks het relatief grote ruimtebeslag mogelijk goed in het landschap inpasbaar doordat het geen industrieel uiterlijk heeft. Het fuzzy filter oogt wel industrieel, maar heeft daarentegen slechts weinig ruimte nodig. Eveneens zijn de kosten relatief laag, maar het rendement vermoedelijk ook. Daardoor kan met deze methode slechts tot onder de KRW-norm worden gezuiverd wanneer de fosfaatgehaltes relatief laag zijn of in organisch gebonden deeltjes aanwezig zijn. De boerensloot is landschappelijk eenvoudig inpasbaar, aangezien hiervoor bestaande waterlopen kunnen worden gebruikt. Er moet hiervoor wel een breed bezinkbekken worden gegraven, wat mogelijk praktisch niet altijd haalbaar is.

Ook in polders met gevarieerd, intensief landgebruik zijn het langzame zandfilter, het fuzzyfilter en de boerensloot het meest kansrijk. In dit poldertype is ook puridrain een aantrekkelijke optie. Vanwege het grote ruimtebeslag van het langzame zandfilter is het mogelijk dat deze zuiveringsmethode minder goed inpasbaar is omdat de ruimte in dit poldertype al zo intensief wordt gebruikt. Het fuzzyfilter en de boerensloot zijn vanuit dat oogpunt beter inzetbaar. Omdat puridrain ook mogelijk is in dit poldertype waarin relatief veel percelen gedraineerd zijn, is misschien een combinatie van puridrain met fuzzy filter of boerensloot mogelijk. Het fuzzy filter heeft het minste aantal vierkante meter nodig en is daardoor een aantrekkelijke optie. Omdat het rendement relatief laag is, kan deze methode water met hoge fosfaatconcentraties waarschijnlijk niet tot onder de KRW-norm zuiveren. In combinatie met puridrain, waarbij puridrain de fosfaatconcentraties al reduceert, is deze methode echter wellicht wel een kansrijke optie.

In een bollenpolder is de Netto Toegevoegde Waarde per hectare erg hoog, waardoor grond duur is. Zuiveringsmethodes met een groot ruimtebeslag zijn daarom erg duur en minder kansrijk. Het fuzzy filter, een dynamisch zandfilter (vlokkingsfiltratie) en de boerensloot hebben relatief weinig oppervlak nodig en zijn daardoor relatief kansrijk. Ook puridrain is in dit poldertype een kansrijke zuiveringsmethode. Omdat in bollenpolders fosfaatconcentraties vaak erg hoog zijn lijkt een combinatie van verschillende zuiveringsmethodes noodzakelijk om tot onder de norm te kunnen zuiveren. Bovendien moeten deze zuiveringsmethodes een hoog rendement kunnen halen. Het fuzzy filter lijkt daarom minder geschikt, maar dit is nooit in de praktijk beproefd. Het dynamisch zandfilter daarentegen kan van deze meest kansrijke methodes het hoogste rendement halen.

Een 1-step filter (vlokkingsfiltratie) is duur en komt daarom niet voor in de opsomming van meest kansrijke zuiveringsmethodes. De prijs wordt voornamelijk bepaald door de dure filterinstallatie. Hierbij moet echter wel opgemerkt worden dat deze techniek in principe geschikt is om zowel fosfaat, nitraat en organische microverontreinigingen (bijvoorbeeld gewasbeschermingmiddelen) te verwijderen. In situaties waarin andere stoffen dan fosfaat een rol spelen is deze techniek eventueel te overwegen.

De zuiveringsmethode in een recirculatiesysteem is vaak minder duur dan wanneer deze bij een gemaalsysteem moeten worden ingepast. Het is echter ook mogelijk dat het rendement bij recirculatie lager is, maar hierover is nog geen kennis. Het rendement zou lager kunnen zijn bij recirculatie omdat juist het water met relatief hoge fosfaatconcentraties in natte periodes ongezuiverd de zuiveringsinstallatie moet passeren omdat er teveel water is. In periodes met minder water aanvoer kan het water daarentegen meerdere keren gezuiverd worden. Maar bij afnemende fosfaatconcentratie in het water neemt het rendement ook af (Voort et al., 2010).

Als we in deze studie spreken over rendement bedoelen we daarmee de afname van de fosfaatconcentratie in het polderwater dat uitgeslagen op de boezem. Uiteindelijk heeft 'Zuiveren en Gemalen' een verbeterde boezemwaterkwaliteit tot doel. Om inzicht te krijgen in de boezemwaterkwaliteit zijn vrachten naast concentraties van belang. In deze studie is gekozen om consequent over concentraties te spreken (De Boorder et al., 2010), omdat verlaging van concentraties ook verlaging van vrachten betekent bij gelijkblijvende waterfluxen. Dit laatste is de situatie als er niet op de waterhuishouding wordt ingegrepen om de waterkwaliteit te verbeteren.

Tabel 6.1: de haalbaarheid van verschillende zuiveringsmethodes per poldertype. De kansrijke methodes voor 'Zuiveren en Gemalen' zijn beoordeeld op kosten, ruimtebeslag, rendement en landschappelijke inpasbaarheid.

Poldertype	Helofytenfilter	Puridrain	Zuiveren en Gemalen de kansrijke methodes	kosten	ruimtebeslag	rendement	landschappelijke inpassing
Veenweide	-	-	Langzame zandfilter	++	-	+	+
			Fuzzy filter	+	++	-	-
			Boerensloot	+	+	+/-	++
Gevarieerd, intensief	-/?	+	Langzame zandfilter	++	-	+	+
			Fuzzy filter	+	++	-	-
			Boerensloot	+	+	+/-	++
Bollen	-/?	+	Fuzzy filter	+	++	-	-
			Vlokkingsfiltratie - dynamisch zandfilter	+/-	+	+	-
			Boerensloot	+	+	+/-	++

6.2 Onzekerheid in kostenberekening

De kosten van de verschillende zuiveringsmethodes zoals gepresenteerd in deze rapportage zijn uiteraard met een zekere onzekerheid omgeven en moeten daarom voorzichtig geïnterpreteerd worden. De orde-grootteverschillen die met deze studie worden aangeduid zijn echter zeker waardevolle kennis.

Een belangrijke onzekerheid in de kostenberekening is de compensatie voor verlies van inkomsten als gevolg van grondgebruiksverandering. De Netto Toegevoegde Waarde (NTW) zoals gepresenteerd in Tabel 2.1 kan behoorlijk fluctueren. De jaarlijkse kosten kunnen hierdoor dus sterk beïnvloed worden en zijn dan ook sterk afhankelijk van de afspraken die met ondernemers over compensatie worden gemaakt.

Slib dat uit het fuzzy filter komt moet kunnen neerslaan in een bassin, of sliblagune. Dit eist een bepaalde oppervlakte grond. De kosten hiervoor zijn niet meegenomen in de berekening. Dit is met opzet niet gedaan omdat het slib uit een fuzzy filter tegelijkertijd ook juist geld op kan brengen als het hergebruikt zal worden. Juist het slib uit deze zuiveringsmethode is geschikt omdat hiervoor geen vlokkingsmiddel is gebruikt.

Zuiveren in een recirculatiesysteem is meestal een goedkopere optie dan zuiveren bij het gemaal. Hierbij moet wel bedacht worden dat er geen kosten berekend zijn voor de extra energiekosten die het rondpompen van water in een recirculatiesysteem vergen.

6.3 Inpassing 'Zuiveren en Gemalen' in beleid

Of een zuiveringsmethode daadwerkelijk zal worden toegepast is afhankelijk van meer factoren dan kosten, ruimtebeslag, rendement en maatschappelijke inpasbaarheid. Ondermeer is van belang of een gebied op het moment in ontwikkeling is. Als er plannen worden gemaakt in een bepaald gebied is het wellicht mogelijk daarbij aan te sluiten. Daarnaast speelt de discussie omtrent het afwentelen van waterkwaliteitsproblematiek een belangrijke rol: wie veroorzaakt het probleem en wie moet het probleem oplossen/betalen voor de oplossing? Idealiter willen we het water zuiveren bij de bron. In het geval van de in deze studie beschouwde fosfaatproblematiek, is de landbouw de voornaamste bron van het fosfaat. Het is echter de vraag of het (financieel) haalbaar of zinvol is om aan de bron te zuiveren. 'Zuiveren en Gemalen' richt zich op het zuiveren van water in het watersysteem, daar waar het water van polderwater naar boezemwater gaat. Als het gaat om het verbeteren van de boezemwaterkwaliteit is het belangrijk te bepalen wat men over heeft voor een bepaalde boezemwaterkwaliteit. Hierbij moet men zich altijd realiseren dat de boezem uit vele bronnen (waaronder andere polders) gevoed wordt, dus dat het probleem dan in groter verband dan op polderschaal bestudeerd moet worden. Als gevolg van verbeterde boezemwaterkwaliteit kan ook de kwaliteit van het rivierwater en de Noordzee, waar het boezemwater uiteindelijk in uitkomt, verbeteren. In deze studie hebben we de kosten inzichtelijk gemaakt op de schaal van voorbeeldpolders. Het is goed mogelijk dat in de toekomst de vraagstelling op een andere schaal speelt. Deze studie kan dan goed als input dienen.

Aan de financiering van de zuiveringsinstallaties kan door de verschillende partijen bijgedragen worden: het Rijk, de waterschappen en de ondernemers. Daarnaast zijn er wellicht subsidiestromen mogelijk vanuit de EU of vanuit gemeentes voor bijvoorbeeld plattelandsontwikkeling. Wat hierin de gerechtvaardigde financier is, zal voorlopig onderwerp van discussie blijven, en hangt samen met de bovengenoemde discussie over de afwenteling van de fosfaatproblematiek.

Wanneer in een gebied 'Zuiveren en Gemalen' een serieuze optie wordt geacht, moeten uiteraard kosten en verwachte effectiviteit in beeld worden gebracht. Deze studie kan daarbij als leidraad dienen. De in deze studie beschreven kostenberekeningsmethode kan worden gevolgd waarbij dan de gebiedsspecifieke parameters moeten worden gebruikt.

7 Referenties

Antheunisse, A.M., Hefting, M.M., Bos E.J. (2008). Moerasbufferstroken langs watergangen; haalbaarheid en functionaliteit in Nederland. Stowa-rapport 2008-07

Bolt, F.J.E. van der, Boekel, E.M.P.M. van, Clevering, O.A., Dijk, W. van, Hoving, I.E., Kselik, R.A.L., Klein, J.J.M. de, Leenders, T.P., Linderhof, V.G.M., Massop, H.T.L., Mulder, H.M., Noij, G.J., Os, E.A. van, Polman, N.B.P., Renaud, L.V., Reinhard, S., Schoumans, O.F., Walvoort, D.J.J. (2008). Ex-ante evaluatie landbouw en KRW : effect van voorgenomen en potentieel aanvullende maatregelen op de oppervlaktewaterkwaliteit voor nutriënten. Alterra-rapport 1678.

Boorder, N., de, Griffioen, J. , Twisk, W. (2010). Zuiveren en Gemalen: Een Logische Combinatie?. Rapport I: Gegevens inventarisatie ten behoeve van ontwerpaspecten. Deltares, rapportno. 1202057-001

Buma, J., Griffioen, J. (2010). Zuiveren en Gemalen: Een Logische Combinatie?. Rapport III: Ruimtebeslag en ruimtelijke inpassing van het zuiveringssysteem. Deltares, rapportno. 1202057-003

Chardon, W.J., Reijers, N., Dam, A.M., van (2008). Mogelijkheden voor toepassing van fosfaatfilters in de bloembollenteelt. Alterra-rapport 1714.

Griffioen, J., Louw, P., Hendriks, R.F.A., Boogaard, H.L. (2001). De achtergrondbelasting van het oppervlaktewater in westelijk Nederland met nutriënten en chloride. Proceedings 13e nationaal symposium BodemBreed, 2001, blz. 53-54.

Kroes, J.G., Schaap, J.D., Bolt, F.J.E. van, Löschner-Wolleswinkel, R.J., Roelsma, J., Schoumans, O.F., Siderius, C., Tol-Leenders, T.P. van (2008) Systeemanalyse voor het stroomgebied de Krimpenerwaard - Fase 3. Alterra-rapport 1766.

Meindertsma, W. (2010). Toelichting Afwegingsinstrument Puridrain. Deltares-rapport ##

MNP (2008). Kwaliteit voor Later – Ex ante evaluatie kaderrichtlijn water. ISBN 978-90-6960-203-5.

Reinhard, A.J., Linderhof, V.G.M., Michels, R., Polman, N.B.P. (2008). Landbouwkosten van aanvullende KWR-maatregelen : achtergrondstudie voor de Ex Ante Evaluatie. LEI-rapport 2008-025.

Schomaker A.H.H.M. (2005). Waterharmonica: de natuurlijke schakel tussen waterketen en watersysteem. Stowa-rapport 2005-18.

Voort, J.W., Wind, D., Baars, E. (2010). Zuiveren en Gemalen: Een Logische Combinatie?. Rapport II: Technische en financiële haalbaarheidsstudie. Waternet, (Deltares-)rapportno. 1202057-002.

Werkgroep nutriënten Rijn-West (2010). Advies Werkgroep Nutriënten Rijn-West – werkdocument.

Westera, H., Casimir, T., Kwadijk, F. (2006). Waterkansenkaart Zuidplaspolder. 13/99064981/TC.

Internet:
www.boerderij.nl
www.kadaster.nl
www.lei.nl

A Annuïteitenfuncties

Een annuïteit is het vaste bedrag dat periodiek betaald (of ontvangen) wordt gedurende een bepaalde periode.
De parameters van een annuïteit zijn:

- J het periodiek te betalen bedrag (aflossing + rente)
- T het totaal af te lossen bedrag (startbedrag, totale contante waarde van de termijnen)
- n het aantal termijnen
- i de rentevoet (als fractie, dus percentage gedeeld door 100) voor de betreffende periode (dit is een rentevoet per jaar van (1 + i)1 / p − 1, met p de periode in jaren). De rentevoet moet voor onderstaande formules groter dan nul zijn; als de rentevoet nul is geldt T = nJ.

$$J = \frac{i}{1-(1+i)^{-n}}T$$

B Kosten van zuiveringsinstallaties in 'typische veenweidepolder'

aantal gemalen per polder	*5*	*20*	*-*
oppervlak van de polder	*139*	*139*	*km2*
debiet: uit te malen per jaar	41700000	41700000	*m3/jaar*
DEBIET PER ZUIVERINGSINSTALLATIE			
uit te malen per jaar	*8340000*	*2085000*	*m3/jaar*
pompuren per jaar	*2000*	*2000*	*uur/jaar*
gemiddelde afvoer per uur	*4170*	*1043*	*m3/uur*
gemiddelde afvoer per minuut	*70*	*17*	*m3/min*
KOSTEN GRONDGEBRUIKSVERANDERING			
kosten per ha grondgebruikverandering per jaar	2000	2000	EUR/ha.jaar
Boerenslootmethode	**bij gemaal**	piekfactor	1,7
OPPERVLAK			
oppervlaktebelasting	0,2	0,2	m3/h.m2
benodigd oppervlak per polder	30	30	ha
benodigd oppervlak t.o.v. totaal opp. polder	0,22	0,22	%
KOSTEN			
investerings- + exploitatiekosten per kuub	3,7	3,7	EURct/m3
investerings- + exploitatiekosten per zuiveringsinstallatie	309	77	kEUR/jaar
investerings- + exploitatiekosten per polder	1543	1543	kEUR/jaar
kosten verandering grondgebruik per polder	0	0	kEUR/jaar
totale kosten per jaar	**1543**	**1543**	**kEUR/jaar**
Boerenslootmethode	**recirculatie**	piekfactor	1
OPPERVLAK			
oppervlaktebelasting	0,2	0,2	*m3/h.m2*
benodigd oppervlak per polder	18	18	ha
benodigd oppervlak t.o.v. totaal opp. polder	0,13	0,13	%
KOSTEN			
investerings- + exploitatiekosten per kuub	3,0	3,0	*EURct/m3*
investerings- + exploitatiekosten per zuiveringsinstallatie	250	63	kEUR/jaar
investerings- + exploitatiekosten per polder	1251	1251	kEUR/jaar
kosten verandering grondgebruik per polder	0	0	kEUR/jaar
totale kosten per jaar	**1251**	**1251**	**kEUR/jaar**
Vlokkingsfiltratie - dynamisch zandfilter	**bij gemaal**	piekfactor	1,7
OPPERVLAK			
oppervlaktebelasting	10	10	*m3/h.m2*
benodigd oppervlak per polder	0,6	0,6	ha
benodigd oppervlak t.o.v. totaal opp. polder	0,004	0,004	%
KOSTEN			
investerings- + exploitatiekosten per kuub	5,6	8	*EURct/m3*
investerings- + exploitatiekosten per zuiveringsinstallatie	467	167	kEUR/jaar
investerings- + exploitatiekosten per polder	2335	3336	kEUR/jaar
kosten verandering grondgebruik per jaar	1,2	1,2	kEUR/jaar
totale kosten per jaar	**2336**	**3337**	**kEUR/jaar**
Vlokkingsfiltratie - dynamisch zandfilter	**recirculatie**	piekfactor	1
OPPERVLAK			
oppervlaktebelasting	10	10	m3/h.m2
benodigd oppervlak per polder	0,4	0,4	ha
benodigd oppervlak t.o.v. totaal opp. polder	0,003	0,003	%
KOSTEN			
investerings- + exploitatiekosten per kuub	4,5	6	EURct/m3
investerings- + exploitatiekosten per zuiveringsinstallatie	375	125	kEUR/jaar
investerings- + exploitatiekosten per polder	1877	2502	kEUR/jaar
kosten verandering grondgebruik per jaar	0,71	0,71	kEUR/jaar
totale kosten per jaar	**1877**	**2503**	**kEUR/jaar**

Vlokkingsfiltratie - 1step filter	**bij gemaal**	piekfactor	1,7
OPPERVLAK			
oppervlaktebelasting	10	10	*m3/h.m2*
benodigd oppervlak per polder	0,6	0,6	ha
benodigd oppervlak t.o.v. totaal opp. polder	0,004	0,004	%
KOSTEN			
investerings- + exploitatiekosten per kuub	18	20	*EURct/m3*
investerings- + exploitatiekosten per zuiveringsinstallatie	1501	417	kEUR/jaar
investerings- + exploitatiekosten per polder	7506	8340	kEUR/jaar
kosten verandering grondgebruik per jaar	1,2	1,2	kEUR/jaar
totale kosten per jaar	**7507**	**8341**	**kEUR/jaar**
Vlokkingsfiltratie - 1step filter	**recirculatie**	piekfactor	1
OPPERVLAK			
oppervlaktebelasting	10	10	m3/h.m2
benodigd oppervlak per polder	0,4	0,4	ha
benodigd oppervlak t.o.v. totaal opp. polder	0,003	0,003	%
KOSTEN			
investerings- + exploitatiekosten per kuub	16	18	EURct/m3
investerings- + exploitatiekosten per zuiveringsinstallatie	1334	375	kEUR/jaar
investerings- + exploitatiekosten per polder	6672	7506	kEUR/jaar
kosten verandering grondgebruik per jaar	0,71	0,71	kEUR/jaar
totale kosten per jaar	**6673**	**7507**	**kEUR/jaar**
Fuzzy filter	**bij gemaal**	piekfactor	1,7
OPPERVLAK			
oppervlaktebelasting	100	100	*m3/h.m2*
benodigd oppervlak per polder	0,06	0,06	ha
benodigd oppervlak t.o.v. totaal opp. polder	0,0004	0,0004	%
KOSTEN			
investerings- + exploitatiekosten per kuub	3,6	4,2	*EURct/m3*
investerings- + exploitatiekosten per zuiveringsinstallatie	300	88	kEUR/jaar
investerings- + exploitatiekosten per polder	1501	1751	kEUR/jaar
kosten verandering grondgebruik per jaar	0,12	0,12	kEUR/jaar
totale kosten per jaar	**1501**	**1752**	**kEUR/jaar**
Fuzzy filter	**recirculatie**	piekfactor	1
OPPERVLAK			
oppervlaktebelasting	100	100	m3/h.m2
benodigd oppervlak per polder	0,04	0,04	ha
benodigd oppervlak t.o.v. totaal opp. polder	0,0003	0,0003	%
KOSTEN			
investerings- + exploitatiekosten per kuub	3,0	3,6	EURct/m3
investerings- + exploitatiekosten per zuiveringsinstallatie	250	75	kEUR/jaar
investerings- + exploitatiekosten per polder	1251	1501	kEUR/jaar
kosten verandering grondgebruik per jaar	0,07	0,07	kEUR/jaar
totale kosten per jaar	**1251**	**1501**	**kEUR/jaar**
Langzame zandfilter	**bij gemaal**	piekfactor	1,7
OPPERVLAK			
oppervlaktebelasting	0,1	0,1	*m3/h.m2*
benodigd oppervlak per polder	60	60	ha
benodigd oppervlak t.o.v. totaal opp. polder	0,43	0,43	%
KOSTEN			
investerings- + exploitatiekosten per kuub	1,5	1,5	*EURct/m3*
investerings- + exploitatiekosten per zuiveringsinstallatie	125	31	kEUR/jaar
investerings- + exploitatiekosten per polder	626	626	kEUR/jaar
kosten verandering grondgebruik per jaar	121	121	kEUR/jaar
totale kosten per jaar	**746**	**746**	**kEUR/jaar**
Langzame zandfilter	**recirculatie**	piekfactor	1
OPPERVLAK			
oppervlaktebelasting	0,1	0,1	m3/h.m2
benodigd oppervlak per polder	35	35	ha
benodigd oppervlak t.o.v. totaal opp. polder	0,26	0,26	%
KOSTEN			
investerings- + exploitatiekosten per kuub	1,0	1,5	EURct/m3
investerings- + exploitatiekosten per zuiveringsinstallatie	83	31	kEUR/jaar
investerings- + exploitatiekosten per polder	417	626	kEUR/jaar
kosten verandering grondgebruik per jaar	71	71	kEUR/jaar
totale kosten per jaar	**488**	**696**	**kEUR/jaar**

C Kosten van zuiveringsinstallaties in 'typische polder met gevarieerd, intensief grondgebruik'

aantal gemalen per polder	*5*	*20*	*-*
oppervlak van de polder	*47*	*47*	*km2*
debiet: uit te malen per jaar	20449289	20449289	*m3/jaar*
DEBIET PER ZUIVERINGSINSTALLATIE			
uit te malen per jaar	*4089858*	*1022464*	*m3/jaar*
pompuren per jaar	*2000*	*2000*	*uur/jaar*
gemiddelde afvoer per uur	*2045*	*511*	*m3/uur*
gemiddelde afvoer per minuut	*34*	*9*	*m3/min*
KOSTEN GRONDGEBRUIKSVERANDERING			
kosten per ha grondgebruikverandering per jaar	2000	2000	EUR/ha.jaar
Boerenslootmethode	**bij gemaal**	piekfactor	1,7
OPPERVLAK			
oppervlaktebelasting	0,4	0,4	m3/h.m2
benodigd oppervlak per polder	7	7	ha
benodigd oppervlak t.o.v. totaal opp. polder	0,16	0,16	%
KOSTEN			
investerings- + exploitatiekosten per kuub	3,7	3,7	EURct/m3
investerings- + exploitatiekosten per zuiveringsinstallatie	151	38	kEUR/jaar
investerings- + exploitatiekosten per polder	757	757	kEUR/jaar
kosten verandering grondgebruik per polder	0	0	kEUR/jaar
totale kosten per jaar	**756,623693**	**756,623693**	**kEUR/jaar**
Boerenslootmethode	**recirculatie**	piekfactor	1
OPPERVLAK			
oppervlaktebelasting	0,4	0,4	*m3/h.m2*
benodigd oppervlak per polder	4	4	ha
benodigd oppervlak t.o.v. totaal opp. polder	0,09	0,09	%
KOSTEN			
investerings- + exploitatiekosten per kuub	3,0	3,0	*EURct/m3*
investerings- + exploitatiekosten per zuiveringsinstallatie	123	31	kEUR/jaar
investerings- + exploitatiekosten per polder	613	613	kEUR/jaar
kosten verandering grondgebruik per polder	0	0	kEUR/jaar
totale kosten per jaar	**613,47867**	**613,47867**	**kEUR/jaar**
Vlokkingsfiltratie - dynamisch zandfilter	**bij gemaal**	piekfactor	1,7
OPPERVLAK			
oppervlaktebelasting	10	10	*m3/h.m2*
benodigd oppervlak per polder	0,3	0,3	ha
benodigd oppervlak t.o.v. totaal opp. polder	0,006	0,006	%
KOSTEN			
investerings- + exploitatiekosten per kuub	5,6	8	*EURct/m3*
investerings- + exploitatiekosten per zuiveringsinstallatie	229	82	kEUR/jaar
investerings- + exploitatiekosten per polder	1145	1636	kEUR/jaar
kosten verandering grondgebruik per jaar	0,6	0,6	kEUR/jaar
totale kosten per jaar	**1146**	**1637**	**kEUR/jaar**
Vlokkingsfiltratie - dynamisch zandfilter	**recirculatie**	piekfactor	1
OPPERVLAK			
oppervlaktebelasting	10	10	m3/h.m2
benodigd oppervlak per polder	0,2	0,2	ha
benodigd oppervlak t.o.v. totaal opp. polder	0,004	0,004	%
KOSTEN			
investerings- + exploitatiekosten per kuub	4,5	6	EURct/m3
investerings- + exploitatiekosten per zuiveringsinstallatie	184	61	kEUR/jaar
investerings- + exploitatiekosten per polder	920	1227	kEUR/jaar
kosten verandering grondgebruik per jaar	0,35	0,35	kEUR/jaar
totale kosten per jaar	**921**	**1227**	**kEUR/jaar**

Vlokkingsfiltratie - 1step filter	**bij gemaal**	piekfactor	1,7
OPPERVLAK			
oppervlaktebelasting	10	10	*m3/h.m2*
benodigd oppervlak per polder	0,3	0,3	ha
benodigd oppervlak t.o.v. totaal opp. polder	0,006	0,006	%
KOSTEN			
investerings- + exploitatiekosten per kuub	18	20	*EURct/m3*
investerings- + exploitatiekosten per zuiveringsinstallatie	736	204	kEUR/jaar
investerings- + exploitatiekosten per polder	3681	4090	kEUR/jaar
kosten verandering grondgebruik per jaar	0,6	0,6	kEUR/jaar
totale kosten per jaar	**3681**	**4090**	**kEUR/jaar**
Vlokkingsfiltratie - 1step filter	**recirculatie**	piekfactor	1
OPPERVLAK			
oppervlaktebelasting	10	10	m3/h.m2
benodigd oppervlak per polder	0,2	0,2	ha
benodigd oppervlak t.o.v. totaal opp. polder	0,004	0,004	%
KOSTEN			
investerings- + exploitatiekosten per kuub	16	18	EURct/m3
investerings- + exploitatiekosten per zuiveringsinstallatie	654	184	kEUR/jaar
investerings- + exploitatiekosten per polder	3272	3681	kEUR/jaar
kosten verandering grondgebruik per jaar	0,35	0,35	kEUR/jaar
totale kosten per jaar	**3272**	**3681**	**kEUR/jaar**
Fuzzy filter	**bij gemaal**	piekfactor	1,7
OPPERVLAK			
oppervlaktebelasting	100	100	*m3/h.m2*
benodigd oppervlak per polder	0,03	0,03	ha
benodigd oppervlak t.o.v. totaal opp. polder	0,0006	0,0006	%
KOSTEN			
investerings- + exploitatiekosten per kuub	3,6	4,2	*EURct/m3*
investerings- + exploitatiekosten per zuiveringsinstallatie	147	43	kEUR/jaar
investerings- + exploitatiekosten per polder	736	859	kEUR/jaar
kosten verandering grondgebruik per jaar	0,06	0,06	kEUR/jaar
totale kosten per jaar	**736**	**859**	**kEUR/jaar**
Fuzzy filter	**recirculatie**	piekfactor	1
OPPERVLAK			
oppervlaktebelasting	100	100	m3/h.m2
benodigd oppervlak per polder	0,02	0,02	ha
benodigd oppervlak t.o.v. totaal opp. polder	0,0004	0,0004	%
KOSTEN			
investerings- + exploitatiekosten per kuub	3,0	3,6	EURct/m3
investerings- + exploitatiekosten per zuiveringsinstallatie	123	37	kEUR/jaar
investerings- + exploitatiekosten per polder	613	736	kEUR/jaar
kosten verandering grondgebruik per jaar	0,03	0,03	kEUR/jaar
totale kosten per jaar	**614**	**736**	**kEUR/jaar**
Langzame zandfilter	**bij gemaal**	piekfactor	1,7
OPPERVLAK			
oppervlaktebelasting	0,1	0,1	*m3/h.m2*
benodigd oppervlak per polder	30	30	ha
benodigd oppervlak t.o.v. totaal opp. polder	0,63	0,63	%
KOSTEN			
investerings- + exploitatiekosten per kuub	1,5	1,5	*EURct/m3*
investerings- + exploitatiekosten per zuiveringsinstallatie	61	15	kEUR/jaar
investerings- + exploitatiekosten per polder	307	307	kEUR/jaar
kosten verandering grondgebruik per jaar	59	59	kEUR/jaar
totale kosten per jaar	**366**	**366**	**kEUR/jaar**
Langzame zandfilter	**recirculatie**	piekfactor	1
OPPERVLAK			
oppervlaktebelasting	0,1	0,1	m3/h.m2
benodigd oppervlak per polder	17	17	ha
benodigd oppervlak t.o.v. totaal opp. polder	0,37	0,37	%
KOSTEN			
investerings- + exploitatiekosten per kuub	1,0	1,5	EURct/m3
investerings- + exploitatiekosten per zuiveringsinstallatie	41	15	kEUR/jaar
investerings- + exploitatiekosten per polder	204	307	kEUR/jaar
kosten verandering grondgebruik per jaar	35	35	kEUR/jaar
totale kosten per jaar	**239**	**342**	**kEUR/jaar**

D Kosten van zuiveringsinstallaties in 'typische bollenpolder'

aantal gemalen per polder	*1*	*2*	*-*
oppervlak van de polder	*5*	*5*	*km2*
debiet: uit te malen per jaar	1500000	1500000	*m3/jaar*
DEBIET PER ZUIVERINGSINSTALLATIE			
uit te malen per jaar	*1500000*	*750000*	*m3/jaar*
pompuren per jaar	*2000*	*2000*	*uur/jaar*
gemiddelde afvoer per uur	*750*	*375*	*m3/uur*
gemiddelde afvoer per minuut	*13*	*6*	*m3/min*
KOSTEN GRONDGEBRUIKSVERANDERING			
kosten per ha grondgebruikverandering per jaar	70000	70000	EUR/ha.jaar
Boerenslootmethode	**bij gemaal**	piekfactor	1,7
OPPERVLAK			
oppervlaktebelasting	0,4	0,4	m3/h.m2
benodigd oppervlak per polder	0,5	0,5	ha
benodigd oppervlak t.o.v. totaal opp. polder	0,11	0,11	%
KOSTEN			
investerings- + exploitatiekosten per kuub	3,7	3,7	EURct/m3
investerings- + exploitatiekosten per zuiveringsinstallatie	55,5	27,75	kEUR/jaar
investerings- + exploitatiekosten per polder	55,5	55,5	kEUR/jaar
kosten verandering grondgebruik per polder	0	0	kEUR/jaar
totale kosten per jaar	**55,5**	**55,5**	**kEUR/jaar**
Boerenslootmethode	**recirculatie**	piekfactor	1
OPPERVLAK			
oppervlaktebelasting	0,4	0,4	*m3/h.m2*
benodigd oppervlak per polder	0,3	0,3	ha
benodigd oppervlak t.o.v. totaal opp. polder	0,06	0,06	%
KOSTEN			
investerings- + exploitatiekosten per kuub	3,0	3,0	*EURct/m3*
investerings- + exploitatiekosten per zuiveringsinstallatie	45	22,5	kEUR/jaar
investerings- + exploitatiekosten per polder	45	45	kEUR/jaar
kosten verandering grondgebruik per polder	0	0	kEUR/jaar
totale kosten per jaar	**45**	**45**	**kEUR/jaar**
Vlokkingsfiltratie - dynamisch zandfilter	**bij gemaal**	piekfactor	1,7
OPPERVLAK			
oppervlaktebelasting	10	10	*m3/h.m2*
benodigd oppervlak per polder	0,02	0,02	ha
benodigd oppervlak t.o.v. totaal opp. polder	0,004	0,004	%
KOSTEN			
investerings- + exploitatiekosten per kuub	5,6	8	*EURct/m3*
investerings- + exploitatiekosten per zuiveringsinstallatie	84	60	kEUR/jaar
investerings- + exploitatiekosten per polder	84	120	kEUR/jaar
kosten verandering grondgebruik per jaar	1,5	1,5	kEUR/jaar
totale kosten per jaar	**86**	**122**	**kEUR/jaar**
Vlokkingsfiltratie - dynamisch zandfilter	**recirculatie**	piekfactor	1
OPPERVLAK			
oppervlaktebelasting	10	10	m3/h.m2
benodigd oppervlak per polder	0,01	0,01	ha
benodigd oppervlak t.o.v. totaal opp. polder	0,003	0,003	%
KOSTEN			
investerings- + exploitatiekosten per kuub	4,5	6	EURct/m3
investerings- + exploitatiekosten per zuiveringsinstallatie	67,5	45	kEUR/jaar
investerings- + exploitatiekosten per polder	67,5	90	kEUR/jaar
kosten verandering grondgebruik per jaar	0,89	0,89	kEUR/jaar
totale kosten per jaar	**68**	**91**	**kEUR/jaar**

Vlokkingsfiltratie - 1step filter	**bij gemaal**	piekfactor	1,7
OPPERVLAK			
oppervlaktebelasting	10	10	*m3/h.m2*
benodigd oppervlak per polder	0,02	0,02	ha
benodigd oppervlak t.o.v. totaal opp. polder	0,004	0,004	%
KOSTEN			
investerings- + exploitatiekosten per kuub	18	20	*EURct/m3*
investerings- + exploitatiekosten per zuiveringsinstallatie	270	150	kEUR/jaar
investerings- + exploitatiekosten per polder	270	300	kEUR/jaar
kosten verandering grondgebruik per jaar	1,5	1,5	kEUR/jaar
totale kosten per jaar	**272**	**302**	**kEUR/jaar**
Vlokkingsfiltratie - 1step filter	**recirculatie**	piekfactor	1
OPPERVLAK			
oppervlaktebelasting	10	10	m3/h.m2
benodigd oppervlak per polder	0,01	0,01	ha
benodigd oppervlak t.o.v. totaal opp. polder	0,003	0,003	%
KOSTEN			
investerings- + exploitatiekosten per kuub	16	18	EURct/m3
investerings- + exploitatiekosten per zuiveringsinstallatie	240	135	kEUR/jaar
investerings- + exploitatiekosten per polder	240	270	kEUR/jaar
kosten verandering grondgebruik per jaar	0,89	0,89	kEUR/jaar
totale kosten per jaar	**241**	**271**	**kEUR/jaar**
Fuzzy filter	**bij gemaal**	piekfactor	1,7
OPPERVLAK			
oppervlaktebelasting	100	100	*m3/h.m2*
benodigd oppervlak per polder	0,002	0,002	ha
benodigd oppervlak t.o.v. totaal opp. polder	0,0004	0,0004	%
KOSTEN			
investerings- + exploitatiekosten per kuub	3,6	4,2	*EURct/m3*
investerings- + exploitatiekosten per zuiveringsinstallatie	54	31,5	kEUR/jaar
investerings- + exploitatiekosten per polder	54	63	kEUR/jaar
kosten verandering grondgebruik per jaar	0,15	0,15	kEUR/jaar
totale kosten per jaar	**54**	**63**	**kEUR/jaar**
Fuzzy filter	**recirculatie**	piekfactor	1
OPPERVLAK			
oppervlaktebelasting	100	100	m3/h.m2
benodigd oppervlak per polder	0,0013	0,0013	ha
benodigd oppervlak t.o.v. totaal opp. polder	0,0003	0,0003	%
KOSTEN			
investerings- + exploitatiekosten per kuub	3,0	3,6	EURct/m3
investerings- + exploitatiekosten per zuiveringsinstallatie	45	27	kEUR/jaar
investerings- + exploitatiekosten per polder	45	54	kEUR/jaar
kosten verandering grondgebruik per jaar	0,09	0,09	kEUR/jaar
totale kosten per jaar	**45**	**54**	**kEUR/jaar**
Langzame zandfilter	**bij gemaal**	piekfactor	1,7
OPPERVLAK			
oppervlaktebelasting	0,1	0,1	*m3/h.m2*
benodigd oppervlak per polder	2,2	2,2	ha
benodigd oppervlak t.o.v. totaal opp. polder	0,43	0,43	%
KOSTEN			
investerings- + exploitatiekosten per kuub	1,5	1,5	*EURct/m3*
investerings- + exploitatiekosten per zuiveringsinstallatie	22,5	11,25	kEUR/jaar
investerings- + exploitatiekosten per polder	22,5	22,5	kEUR/jaar
kosten verandering grondgebruik per jaar	152	152	kEUR/jaar
totale kosten per jaar	**174**	**174**	**kEUR/jaar**
Langzame zandfilter	**recirculatie**	piekfactor	1
OPPERVLAK			
oppervlaktebelasting	0,1	0,1	m3/h.m2
benodigd oppervlak per polder	1,3	1,3	ha
benodigd oppervlak t.o.v. totaal opp. polder	0,26	0,26	%
KOSTEN			
investerings- + exploitatiekosten per kuub	1,0	1,5	EURct/m3
investerings- + exploitatiekosten per zuiveringsinstallatie	15	11,25	kEUR/jaar
investerings- + exploitatiekosten per polder	15	22,5	kEUR/jaar
kosten verandering grondgebruik per jaar	89	89	kEUR/jaar
totale kosten per jaar	**104**	**112**	**kEUR/jaar**