

Waterkansen in het SGR2

Potenties voor realisatie van de wateropgaven

J.W.J. van der Gaast

H.Th.L. Massop

J. van Os

L.C.P.M. Stuyt

P.J.T. van Bakel

C. Kwakernaak

Alterra-rapport 558

Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte, Wageningen, 2002

REFERAAT

J.W.J. van der Gaast, H.Th.L. Massop, J. van Os, L.C.P.M. Stuyt, P.J.T. van Bakel en C. Kwakernaak, 2002. *Waterkansen in het SGR2. Bouwstenen voor realisatie van de wateropgaven*. Wageningen, Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte. Alterra-rapport 558. 88 blz. 15 fig.; 29 tab.; 26 ref.

In het Structuurschema Groene Ruimte 2 (SGR2) is een belangrijke plaats ingeruimd voor water; voor 8 landschapsregio's en 17 deelstroomgebieden worden waterdoelstellingen en bijbehorende ruimteclaims gespecificeerd. Het ministerie van LNV heeft Alterra verzocht deze beleidskeuzes nader te onderbouwen en uit te werken naar aard, ligging en consequenties. In een landsdekkende analyse zijn hiertoe gegevens en bestaande kennis volgens een transparant en verifieerbaar protocol samengebracht. Doel hiervan was om een globaal landsdekkend beeld te krijgen van de kansrijkdom van ingrepen in het watersysteem ter realisering van beleidsthema's als vasthouden, bergen, beekherstel en waterconservering. De resultaten van de analyses zijn beschikbaar in de vorm van landsdekkende kaarten en cijfers en verdiepen het globale inzicht in de regionaal gedifferentieerde kansen om wateropgaven te realiseren.

Trefwoorden: SGR2, WB21, hydrologie, ruimtelijke ordening, wateropgaven, vasthouden, bergen, afvoeren, waterconservering, vernatting.

ISSN 1566-7197

Dit rapport kunt u bestellen door €24,30 over te maken op banknummer 36 70 54 612 ten name van Alterra, Wageningen, onder vermelding van Alterra-rapport 558. Dit bedrag is inclusief BTW en verzendkosten.

© 2002 Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte,
Postbus 47, NL-6700 AA Wageningen.
Tel.: (0317) 474700; fax: (0317) 419000; e-mail: postkamer@alterra.wag-ur.nl

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

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

Inhoud

Woord vooraf	5
Samenvatting	7
1 Inleiding	11
2 Begrippenkader	13
2.1 Afvoeren	15
3 De kansrijkdom van waterstrategieën	17
3.1 Vasthouden	18
3.1.1 Definitie	18
3.1.2 Oplossingsrichting	18
3.1.3 De kansrijkdom van oplossingen	19
3.1.3.1 Weerstand vergroten	19
3.1.3.2 Het vermogen om vast te houden beter benutten	19
3.1.4 De kansrijkdom van 'Vasthouden'	22
3.2 Bergen	24
3.2.1 Definitie	25
3.2.2 Oplossingsrichting	25
3.2.3 De kansrijkdom van oplossingen	26
3.2.4 De kansrijkdom van 'Bergen'	27
3.3 Piekreductie (combinatie van 'vasthouden' en 'bergen')	29
3.4 Conserveren van water; bestrijding van verdroging	33
3.4.1 Definitie	33
3.4.2 Oplossingsrichting	34
3.4.3 Kansrijkdom van 'conserveren' in het grond- en oppervlaktewater	39
3.4.4 Integratie tot één conserveringskansenkaart	43
3.5 Beekherstel (hermeanderen)	46
3.5.1 2.2.1. Definitie	46
3.5.2 Oplossingsrichting	46
3.5.3 De kansrijkdom van oplossingen	46
3.6 Waterkwaliteit in relatie tot waterbeheersmaatregelen	49
3.6.1 Nutriënten	49
3.6.2 Gewasbeschermingsmiddelen	50
3.6.3 Gebiedsvreemd water	51
4 Kosten van de maatregelen	53
4.1 Vasthouden	54
4.2 Bergen	57
4.3 Conserveren	59
4.4 Beekherstel	63
4.5 Veranderingen nat- en droogteschade landbouw	64
Literatuur	69

Aanhangsels

1	Gehanteerde begrippen	71
2	Uitwerking en combinatie van maatregelen	73
3	Uitgangspunten van de schatting van kosten van maatregelen	83

Woord vooraf

In het kader van het Nationaal Bestuursakkoord Water moeten provincies, waterschappen en gemeenten gebiedsvisies opstellen voor de 17 deelstroomgebieden in ons land. Deze visies moeten concreet aangeven hoe de waterhuishouding en de ruimtelijke inrichting beter kunnen worden afgestemd op de verwachte veranderingen in klimaat, bodemdaling en de voortschrijdende verharding van het landoppervlak. Dit moet uitmonden in afspraken over wateropgaven en ruimtelijke en hydrologische taakstellingen. Het Structuurschema Groene Ruimte 2 (SGR2) biedt hiervoor een ruimtelijk kader. Gelet op haar nauwe betrokkenheid bij bovenstaande ontwikkelingen heeft het Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij Alterra verzocht een nadere onderbouwing te geven van het door haar te voeren watergericht ruimtelijk beleid in het SGR2, deel 3. Dit onderzoek dat is uitgevoerd in opdracht van de Directie Groene Ruimte en Recreatie van het Ministerie (LNV-GRR) voorziet in deze behoefte.

Nog zeer onlangs heeft Alterra ervaring opgedaan met vergelijkbare analyses, zij het van meer beschrijvende aard. Op verzoek van de Directie Noordwest van LNV is voor de deelstroomgebieden Noorderkwartier, Amstelland en IJsselmeerpolders een zogenoemde Bouwsteen Water opgesteld. Deze *quick scan* geeft voor elke landschapsregio de huidige en verwachte knelpunten in de waterhuishouding in relatie tot het ruimtegebruik. Tevens is geadviseerd hoe invulling te geven aan de kwantiteitstrits uit WB21 en de kwaliteitstrits uit de Vijno, en zijn voor elke landschapsregio de consequenties voor inrichting en beheer van de ruimte beschreven. Aansluitend heeft Alterra, samen met het LEI, een workshop bij LNV voorbereid over watermaatregelen in het SGR2, met als uitgangspunt de ruimteclaims voor water uit de Vijfde Nota Ruimtelijke Ordening (deel a). Voor elke claim is globaal aangegeven welke ruimtelijke maatregelen effectief zijn voor de aanpak van waterhuishoudkundige knelpunten en hoeveel ruimte en kosten deze vergen. De resultaten hiervan zijn vastgelegd in een ongepubliceerd werkdocument.

In het onderhavige project, 'Waterkansen in het SGR2', zijn de in genoemd werkdocument vastgelegde berekeningen nader gekwantificeerd. Hierbij is gebruik gemaakt van diverse bronnen met gedetailleerde, landsdekkende gegevens m.b.t. landschapkenmerken, en is gewerkt met een nieuw verifieerbaar protocol waarin expertkennis is vertaald in zogenaamde 'waarderingstabellen'. De resultaten zijn beschikbaar in kaarten en in cijfers, gespecificeerd per landschapsregio en per deelstroomgebied.

Het project werd gekenmerkt door een intensief communicatietraject met opdrachtgever en betrokkenen. Er zijn startworkshops georganiseerd met de regiodirecties van LNV, samen met vertegenwoordigers van enkele beleidsdirecties van LNV en van regionale autoriteiten. Tijdens deze bijeenkomsten zijn voorstellen gedaan voor een meer duurzaam functionerend watersysteem in de betreffende deelstroomgebieden. Hiervan is gebruik gemaakt bij de maatregelanalyses. De resultaten van de analyses zijn besproken op eindworkshops waarbij naast genoemde directies tevens verte-

genwoordigers van provincies, waterschappen en de Dienst Landelijk Gebied waren uitgenodigd, en zijn naar aanleiding van de gemaakte opmerkingen bijgesteld. De begeleidingscommissie van het onderzoek werd gevormd door de leden van het 'Wateroverleg' van het Ministerie van LNV.

Dit onderzoek heeft het karakter van een verkenning. De resultaten konden daarom door deskundigen met regionale gebiedskennis genuanceerd worden, en dat is door de deelnemers aan de workshops in ruime mate gedaan. Hun opbouwende kritiek heeft substantieel bijgedragen aan de totstandkoming van het uiteindelijke resultaat. De onderzoekers zijn de deelnemers aan de workshops en de leden van de begeleidingscommissie erkentelijk voor hun stimulerende inbreng in het project.

Samenvatting

De Directie Groene Ruimte en Recreatie van het ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij (LNV-GRR) heeft Alterra verzocht een globale regionaal-hydrologische analyse uit te voeren ten behoeve van het door haar te voeren watergericht ruimtelijk beleid in het Structuurschema Groene Ruimte 2 (SGR2), deel 3. Het doel was de ontwikkeling van globale, landsdekkende kaartbeelden van de kansrijkdom van ingrepen in het waterbeheer ter realisering van de beleidsthema's vasthouden, bergen, beekherstel en waterconservering. Voor 12 landschapsregio's en 17 deelstroomgebieden is geanalyseerd welke ruimtelijke maatregelen effectief kunnen zijn bij de aanpak van waterhuishoudkundige knelpunten, en hoeveel ruimte en kosten deze bij benadering vergen. Er is gebruik gemaakt van bestaande landsdekkende gegevens over de gebiedskenmerken bodemtype, bergingscapaciteit van de bodem en het oppervlaktewater, maaiveldhoogte en -helling, de dichtheid van waterlopen en de aanwezigheid van kwel of wegzijging. De analyse die grotendeels met behulp van GIS-bestanden en -technieken wordt uitgevoerd, wordt gekenmerkt door een nieuw, eenduidig en verifieerbaar protocol. Hierin spelen zogenoemde 'waarderingstabellen' een centrale rol. In deze tabellen wordt de kansrijkdom van ingrepen in het waterbeheer (i.c. vasthouden, bergen, beekherstel en waterconservering) gekoppeld aan landschapskenmerken. De kansrijkdom van maatregelen is op grond van relevante kenmerken gewaardeerd met een cijfer dat varieert van 0 tot 10. Er zijn kaarten ontwikkeld voor de kansrijkdom van de beleidsthema's vasthouden, bergen, conservering in het grondwater, conservering in het oppervlaktewater en beekherstel. De kaarten 'vasthouden' en 'bergen' zijn samengevoegd tot de kaart 'piekreductie', en de kaarten 'conservering in het grondwater' en 'conservering in het oppervlaktewater' tot de kaart 'waterconservering'. Tevens zijn voor elke landschapsregio en elk deelstroomgebied hectares gespecificeerd die gekoppeld zijn aan de kansrijkdom-klassen. Aansluitend is onderzocht of, en zo ja, hoe maatregelen kunnen worden gecombineerd ('gestapeld') bij de realisatie van waterstrategieën, en of maatregelen elkaar al dan niet uitsluiten.

In verkennende zin is aandacht besteed aan enkele aspecten van waterkwaliteit in relatie tot maatregelen gericht op de aanpak van waterkwantiteitsproblemen. Het betreft de aspecten nutriënten stikstof en fosfaat, gewasbeschermingsmiddelen, het percentage gebiedsvreemd water en het chloridegehalte. Tenslotte zijn schattingen gemaakt van de kosten van maatregelen en de nat- en droogteschade in de landbouw die bij implementatie van deze maatregelen mag worden verwacht.

De kaarten in dit rapport dragen het risico in zich om verkeerd geïnterpreteerd worden. De kaarten hebben een generiek, landsdekkend karakter en zijn bedoeld voor vergelijkingen op landelijke schaal. Zij geven informatie over de *potentie* die locaties hebben om een rol te spelen bij de invulling van bepaalde wateropgaven. De kaarten geven *niet* aan of ergens sprake is van een probleem, en ook niet of daar in het watersysteem ingegrepen zou moeten worden. Zij mogen daarom niet als evaluatiemiddel worden gebruikt. De kaarten zijn wellicht niet altijd even herkenbaar en dat is ge-

ven de gehanteerde procedure en schaal niet verwonderlijk. Anderzijds kunnen de kaarten een nieuw inzicht verschaffen in de kansrijkdom van maatregelen waar deze niet werd vermoed, en kunnen gemaakte keuzes in een nieuw daglicht worden gesteld. Bovendien kunnen de kaarten een structurerende werking hebben bij pogingen om de 17 deelstroomgebiedsvisionen, die autonoom tot stand komen, in kwantitatieve zin onder één noemer te krijgen.

De getoonde waarderingen zijn indicatief en gebaseerd op expert-judgement. Dit geldt tevens voor de in dit rapport gepresenteerde tabellen met het ruimtebeslag per waterhuishoudkundige ingreep in hectares. Deze ruimteclaims zijn gekwantificeerd zonder dat een analyse kon worden uitgevoerd van de *effectiviteit* van de voorgestelde maatregelen. Deze effectiviteit is immers afhankelijk van plaatselijke omstandigheden die, zelfs binnen een deelstroomgebied, sterk kunnen variëren. Bovendien kan elke ingreep in het watersysteem door middel van verschillende maatregelen worden gerealiseerd, en is de keuze van een maatregel, net als de effectiviteit, gekoppeld aan de plaatselijke omstandigheden. De grondwatertrap (Gt) speelt in de analyses een belangrijke rol. Omdat gewerkt moest worden met gegevens die voor een deel enigszins gedateerd zijn (niet-geactualiseerde Gt's) kon de verdroging niet overal worden verdisconteerd en zijn de kaarten qua bergingsmogelijkheden in de bodem daarom wellicht aan de pessimistische kant.

De resultaten worden in globale termen geanalyseerd. De kaarten en tabellen verschaffen inzicht in de mogelijkheden om aan wateropgaven te voldoen, en in regionale verschillen tussen deze mogelijkheden. Het 'vasthouden' van water is vooral mogelijk aan gebieden met weinig of geen helling; deze komen vooral in laag-Nederland maar ook op de oostelijk gelegen zandgebieden voor. De analyse van de mogelijkheid om water te bergen is gebaseerd op de Waterbergingskansenkaart (IPO/WB21), die echter nader is geclassificeerd op grond van de dichtheid van het netwerk van waterlopen. Locale beheerders kunnen de waarderingen altijd nader nuanceren. De mogelijkheden om aan de in het SGR2 gespecificeerde hectareclaims voor de wateropgave 'piekreductie' te voldoen zijn in voldoende mate aanwezig; zeker in de zeeleigebieden. Op de zandgebieden is dit ook het geval, zij het dat de ingrepen goeddeels gericht moeten zijn op aanpassing van de landbouw aan nattere omstandigheden en niet op functieverandering. De mogelijkheden om aan de wateropgave 'waterconservering' te voldoen lijken ook aanwezig, zeker in de laagveengebieden, maar ook in bijvoorbeeld droogmakerijen en zandgebieden.

De kosten van maatregelen hebben bij de waardering van de kansrijkdom van maatregelen geen rol gespeeld. Gegeven het verkennende karakter van deze studie zijn in dit onderzoek slechts investeringskosten en schades in beschouwing genomen. Substantiële investeringskosten voor de beleidsoptie 'vasthouden' (dempen van greppels; aanpassingen in de detailontwatering; debietreducerende kunstwerken) zijn alleen nodig in vrij afwaterende gebieden. Bij een grotere dichtheid aan waterlopen zijn hogere investeringen noodzakelijk. De kosten voor de beleidsoptie 'bergen' kunnen aanzienlijk oplopen, vooral in hellende gebieden met een grote dichtheid aan A-waterlopen. De kosten bestaan bij zwak-hellende gebieden voor ongeveer de helft uit plaatsing van stuwen die de afvoer vertragen, en voor de andere helft uit kosten voor

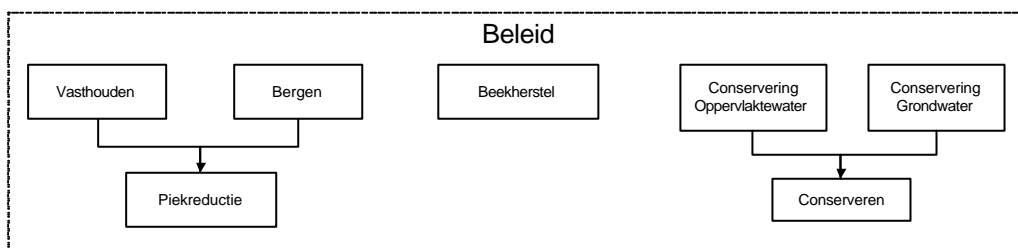
herprofilering van de waterlopen. Bij sterker hellende gebieden nemen de kosten voor stuwen een groter aandeel in beslag. De investeringskosten voor 'conserveren' zijn in bemalen gebieden lager dan die in vrij afwaterende gebieden. Vooral sterk hellende gebieden komen in deze kaart duidelijk naar voren. Naarmate er meer A-waterlopen zijn en de hellingklasse sterker is zijn per ha meer stuwen nodig om de waterafvoer te vertragen. Voor verschillende beleidsopties is aandacht geschonken aan globale indicaties van de toename van nat- en droogteschade in de landbouw. Conserveren kan leiden tot een afname van de droogteschade in de zomer.

De hier gehanteerde aanpak, waarin bestaande kennis in een eenduidig en verifieerbaar protocol operationeel is gemaakt heeft het mogelijk gemaakt om met een betrekkelijk geringe inspanning veel informatie te integreren en deze op aanschouwelijke wijze te communiceren. De kwaliteit van het ontwikkelde materiaal kan echter worden verbeterd door de kwalitatieve waarderingen zoveel mogelijk te vervangen door 'harde cijfers', uitgedrukt in bijvoorbeeld mm waterschijf. Daarnaast zou de ontwikkelde systematiek als structurerend element een belangrijke rol kunnen spelen in een kwantitatieve vergelijkende analyse van de 17 onderling uiteenlopende deelstroomgebiedsvisionen die momenteel worden opgesteld (consequenties, haalbaarheid, kosten/baten en dergelijke).

Met het oog op afspraken over samenwerking in het water- en ruimtebeleid in het kader van het Nationaal Bestuursakkoord Water zijn ook andere instanties betrokken geweest bij dit onderzoek (provincies, waterschappen en gemeenten, Staatsbosbeheer, de Vereniging Natuurmonumenten en de Dienst Landelijk Gebied). Er zijn regionale workshops georganiseerd waar de (voorlopige) resultaten zijn gepresenteerd. De door derden geleverde commentaren hebben bij de totstandkoming van het uiteindelijk resultaat een rol van betekenis gespeeld.

1 Inleiding

Het staat inmiddels wel vast dat het klimaat, ook in noordwest-Europa, de komende decennia zal veranderen. We krijgen te maken met nattere winters, drogere zomers en een stijgende zeespiegel. Zowel de strijd tegen water als de strijd om water zal heviger worden. Daarmee zal ook de neiging sterker worden om de oplossing van deze problemen bij 'de burens' te zoeken: meer water afvoeren om de eigen streek droog te houden, en meer water aanvoeren om het eigen watertekort te aan te vullen. Het waterbeleid in de 21e eeuw (Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 2000) stelt zich echter ten doel om de huidige en toekomstige problemen in de waterhuishouding als gevolg van klimaatverandering, bodemdaling en zeespiegelrijzing binnen stroomgebieden zelf op te lossen en niet af te wentelen op andere gebieden. Om hieraan inhoud te geven is heeft de Commissie Waterbeheer 21^e Eeuw (WB21) onder andere de trits *vasthouden-bergen-afvoeren* voorgesteld, die nu als een van de uitgangspunten voor beleid is gekozen. Daarmee wordt een prioriteitsvolgorde aangeduid voor een structurele aanpak van waterproblemen. Meer water vasthouden 'in de haarvaten' heeft tot doel om piekafvoeren in beken en rivieren af te vlakken; tevens hoeft er minder water geborgen of afgevoerd te worden. Waterconservering heeft tot doel de bestrijding van de verdroging en vermindering van de waterschaarste in de toekomst. Dit beleid is in gang gezet met het Nationaal Onderzoeksplan Verdroging. Waterconservering en water vasthouden kunnen in veel gevallen gecombineerd worden. Water conserveren en water bergen kan in zandgebieden onder meer worden gerealiseerd in het kader van de Reconstructie van de zandgebieden. Een watermaatregel die in dit kader specifieke aandacht krijgt is beekherstel (hermeandering en herprofilering) ten behoeve van het natuur- en landschapsbeleid. Figuur 1 bevat de onderdelen van het ruimtelijk waterbeleid die in dit rapport aan de orde komen.



Figuur 1 De onderdelen van de analyse

In **Hoofdstuk 2** wordt het begrippenkader behandeld dat bij de analyses uitgangspunt is geweest. Er circuleren inmiddels vele definities van begrippen als 'vasthouden', 'bergen', 'conserveren' en 'vernatten', en dat scheidt onduidelijkheid. In dit project is daarom getracht de begrippen zo bondig mogelijk te formuleren.

In **Hoofdstuk 3** worden de methode en de resultaten van de analyse van de kansrijkdom van maatregelen besproken. De kansrijkdom wordt gepresenteerd in de vorm van landsdekkende kaarten van Nederland. Er zijn kaarten beschikbaar voor de kansrijkdom van *vasthouden*, *bergen*, *conservering in het grondwater*, *conservering in het opper-*

vlaktewater en *beekherstel*. De kaarten *vasthouden* en *bergen* zijn samengevoegd tot de kaart *piekreductie*, en de kaarten *conservering in het grondwater* en *conservering in het oppervlaktewater* zijn samengevoegd tot de kaart *waterconservering*. Voor alle 8 landschapsregio's en 17 deelstroomgebieden worden arealen (ha) gegeven, gerubriceerd naar kansrijkdom (10 klassen). Hoofdstuk 2 eindigt met een korte schets van relevante waterkwaliteitsaspecten, in relatie tot maatregelen die getroffen kunnen worden in het kader van de aanpak van waterkwantiteitsproblemen.

Hoofdstuk 4 geeft de resultaten weer van de berekeningen van kosten verbonden aan de te treffen maatregelen per beleidsthema. Het betreft globale indicaties van investeringskosten en van veranderingen in de nat- en droogteschade in de landbouw.

Beperking

Het werken met kaartbeelden kan verhelderend zijn, maar er is altijd het risico van onjuiste interpretatie. Dit geldt ook voor de in dit rapport gepresenteerde kaarten. Alle kaarten geven de *potentie* die locaties hebben om een rol te spelen bij de invulling van bepaalde wateropgaven. Zij geven informatie over de effectiviteit van maatregelen waarmee in het watersysteem kan worden ingegrepen. De kaarten geven *niet* aan of ergens sprake is van een probleem, en ook niet of daar daadwerkelijk in het watersysteem ingegrepen zou moeten worden. Zij mogen daarom niet als evaluatiemiddel worden gebruikt.

De kaarten hebben een generiek, landsdekkend karakter en zijn bedoeld voor vergelijkingen op landelijke schaal. Omdat er een *quick scan*-analyse is uitgevoerd, zijn de getoonde waarderingsindicaties (expert-judgement). Dit geldt tevens voor de in dit rapport gepresenteerde tabellen met ruimteclaims in hectares. Deze ruimteclaims zijn gekwantificeerd zonder dat een analyse kon worden uitgevoerd naar de *effectiviteit* van de voorgestelde maatregelen. Deze effectiviteit is immers afhankelijk van plaatselijke omstandigheden die, zelfs binnen een deelstroomgebied, sterk kunnen variëren. Bovendien kan elke ingreep in het watersysteem door middel van verschillende maatregelen worden gerealiseerd, en is de keuze van een maatregel, net als de effectiviteit, gekoppeld aan de plaatselijke omstandigheden.

2 Begrippenkader

In dit rapport wordt onderstaand begrippenkader gehanteerd.

Vasthouden	
Doelstelling	Reductie van afvoerpieken in het middentraject en aan de uitgang van regionale watersystemen.
Hydrologisch concept	Opslag van het neerslagoverschot aan de bron (bovenstrooms gelegen regio) van een watersysteem waar de neerslag valt en het waterschap geen beheerstaak heeft..
Waterhuishoudkundige maatregelen (niet uitputtend)	'Boerenstuwjes', verlagen van slootbodems en scheppen van meer niet-afvoerhogend oppervlaktewater.
Effect(en)	Kortstondige verhoging van de oppervlakte- en grondwaterstand.
Frequentie (aantal/jaar)	Jaarlijks.
Duur	Enkele dagen.

Volgens bovenstaande definitie, die in beheerstechnische zin helder is en aansluit bij de normering voor inundatie die momenteel wordt ontwikkeld, spreken we van 'vasthouden' zolang het water zich bevindt op en rond percelen die in beheer zijn bij een locale beheerder (doorgaans agrariërs). Zodra het water deze percelen heeft verlaten en zich bevindt in leidingen die door een waterschap worden beheerd spreken we van 'bergen'. Een waterbeheerder die *in een peilbeheerste regio* maatregelen neemt om water te bergen heeft echter ook invloed op de omvang van het *vasthouden* van water. De door hem getroffen maatregelen hebben in de meeste peilbeheerste situaties immers een uitstralingseffect in bovenstroomse richting, omdat de oppervlaktewaterstand in een detailontwateringssysteem beïnvloed wordt door de oppervlaktewaterstand in A-waterlopen.

Een waterbeheerder kan daarom wel degelijk maatregelen nemen, gericht op vasthouden. Hij doet dit door gebruik te maken van zijn 'benedenstroomse invloed', namelijk door de relatie tussen de oppervlaktewaterstand en de afvoer in de door hem beheerste leidingen zó te ontwerpen dat de waterstand alleen bij hoge afvoeren oploopt. Het gevolg is dat de vrije afwatering uit het detailontwateringssysteem tijdens deze hoge waterstanden wordt gestremd. Hierdoor loopt de waterstand in het detailontwateringssysteem extra op (ten opzichte van de normale verhoging die hoort bij hogere afvoeren), met als gevolg extra berging in het detailontwateringssysteem en stremming van de ontwatering. Dit heeft op zijn beurt weer tot gevolg dat grondwaterstanden extra oplopen waardoor er meer water in en op de bodem zal worden vastgehouden.

In peilbeheerste gebieden kan de waterbeheerder dus invloed uitoefenen op de omvang van vasthouden. Daarom ook is het moeilijk in deze gebieden onderscheid te maken in maatregelen voor vasthouden en bergen, terwijl de definitie helder is. Het instellen van een maalstop heeft volgens bovenstaande redenering vrijwel altijd in-

vloed op de omvang van zowel vasthouden als bergen. Om misverstanden te voorkomen hanteren we hier daarom onderstaande definitie van 'Bergen'.

Bergen (piekberging; retentie)	
Doelstelling	Reductie van afvoerpieken aan de uitgang van regionale watersystemen.
Hydologisch concept	Opslag van water tussen bron en uitgang van een watersysteem, in A-waterlopen (primaire waterlopen), reservoirs, gebieden die via deze waterlopen passief of actief met (extra) water kunnen worden gevuld en gebieden waar de stand van het oppervlaktewater via A-waterlopen (primaire waterlopen) kan worden beïnvloed.
Waterhuishoudkundige maatregelen (niet uitputtend)	Maalstop, herprofilen van waterlopen en aanleg van bergingsgebieden.
Effect(en)	Kortstondige vergroting van de hoeveelheid oppervlaktewater in A-waterlopen (primaire waterlopen), oeverstroken en aangrenzende, inundeerbare gebieden.
Frequentie (aantal/jaar)	Jaarlijks.
Duur	Enkele dagen.

De hydrologische interactie tussen 'vasthouden' en 'bergen' is van essentieel belang bij het uitwerken van maatregelen voor 'vasthouden' en 'bergen' en is afhankelijk van de beheersbaarheid van de waterlopen. In ons land zijn vier typen beheersbaarheid te onderscheiden; de interactie tussen 'vasthouden' en 'bergen' is hieraan gekoppeld; zie Tabel 1.

Tabel 1 Mogelijke interacties tussen 'vasthouden' en 'bergen', gerelateerd aan de beheersbaarheid van waterlopen

	peilbeheerst gebied	niet-peilbeheerst gebied
bemalen gebied	de afwatering geschiedt via gemalen of andere wateropvoerkunstwerken; oppervlaktewaterstanden in niet door het waterschap beheerde waterlopen worden substantieel beïnvloed door de peilen in A-waterlopen	de afwatering geschiedt via gemalen of andere wateropvoerkunstwerken; oppervlaktewaterstanden in niet door het waterschap beheerde waterlopen worden niet of nauwelijks beïnvloed door de peilen in A-waterlopen
vrij afwaterend gebied	de afwatering vindt plaats onder vrij verval (geen toevoer van externe energie); oppervlaktewaterstanden in niet door het waterschap beheerde waterlopen worden substantieel beïnvloed door de peilen in A-waterlopen	de afwatering vindt plaats onder vrij verval (geen toevoer van externe energie); oppervlaktewaterstanden in niet door het waterschap beheerde waterlopen worden niet of nauwelijks beïnvloed door de peilen in A-waterlopen

In de definitie van wel- of niet-peilbeheerst wordt een relatie gelegd met het peil in A-waterlopen. Het is dus vooral een beheerstechnische definitie. De omvang van het peilbeheerst gebied kan onder invloed van variaties in de peilen van de A-waterlopen nogal variëren. Het is in zulke gevallen lastig om de omvang (ruimtelijke verbreiding) van het peilbeheerste gebied nauwkeurig vast te stellen.

In peilbeheerste gebieden kan de wateropgave ‘vasthouden’ voor een deel worden gerealiseerd dankzij hydrologische maatregelen die door waterbeheerders worden getroffen. In niet-peilbeheerste gebieden zijn de mogelijkheden voor vasthouden alleen te realiseren door hydrologische maatregelen op ‘perceelsniveau’. Hét voorbeeld is de particuliere onderbemaling. Het onderbemalen gebied is bij uitstek peilbeheerst maar wordt niet beïnvloed door peilen in A-waterlopen. Vasthouden kan in zulke situaties alleen worden gerealiseerd door een onderbemalingsstop (en dit is daarmee ook de ultieme vorm van vasthouden).

In vrij afwaterende, niet-peilbeheerste gebieden zijn de mogelijkheden van actief vasthouden beperkter en afhankelijk van o.a. de terreinhelling en mogelijkheden tot stremming van de detailont- en -afwatering. Een goed voorbeeld van de mogelijkheden is het gebruiken van de zogenoemde LOP-stuwtdjes die op grote schaal in Noord-Brabant en Limburg zijn geplaatst. Deze kunnen actief worden ingezet door tijdens perioden met hoge afvoeren de stuw ‘op te trekken’. Een passieve vorm van vasthouden kan worden gerealiseerd door deze stuwtdjes zodanig te ontwerpen en te dimensioneren dat ze bij hoge afvoeren gaan stremmen waarbij met name stuwtdjes met een opening de prettige eigenschap hebben dat het debiet boven een drempelwaarde recht evenredig is met de wortel uit het verschil tussen boven- en benedenstroomse oppervlaktewaterstand.

2.1 Afvoeren

Afvoeren is het passief (vrije lozing) of actief (via gemalen) buiten het stroomgebied afvoeren van het water.

Onderstaande definities van ‘conserveren’ en ‘vernatten’ zijn van toepassing op het Nederlandse waterbeheer.

Conserveren	
Doelstelling	Periodieke verbetering van de (standplaats)condities voor de landbouw en/of terrestrische en/of aquatische natuur in een perceel of peilvak, inclusief omgeving, door middel van actief waterbeheer.
Hydrologisch concept	Tijdelijke vertraging van de afstroming uit een watersysteem (perceel, peilvak) door tijdelijke aanpassing van de ontwateringskarakteristiek (ontwateringsbasis; drainageweerstand).
Waterhuishoudkundige maatregelen (niet uitputtend)	Aangepast stuw- en peilbeheer.
Effect(en)	Tijdelijke verhoging van de oppervlakte- en grondwaterstand.
Frequentie (aantal/jaar)	Jaarlijks.
Duur	Enkele maanden.

Vernatten	
Doelstelling	Structurele verbetering van de (standplaats)condities voor de landbouw en/of terrestrische en/of aquatische natuur in een perceel of peilvak, inclusief omgeving, door middel van inrichtingsmaatregelen.
Hydrologisch concept	Structurele vertraging van de afstroming uit een watersysteem (perceel, peilvak) door permanente aanpassing van de ontwateringskarakteristiek (ontwateringsbasis; drainageweerstand).
Waterhuishoudkundige maatregelen (niet uitputtend)	Verhogen van slootbodems, dempen van waterlopen en/of verwijderen buisdrainage.
Effect(en)	Structurele verhoging van de oppervlakte- en grondwaterstand.
Frequentie (aantal/jaar)	n.v.t.
Duur	Permanent.

Aanhangsel 1 bevat een overzichtelijke samenvatting van de hierboven gehanteerde definities van de begrippen *vasthouden*, *bergen*, *conserveren* en *vernatten*., die hierdoor vergeleken kunnen worden.

In dit rapport worden veel waterhuishoudkundige maatregelen behandeld waarmee wateropgaven kunnen worden gerealiseerd. In de praktijk zal er naar worden gestreefd om maatregelen, bedoeld voor verschillende wateropgaven, zo mogelijk te combineren ('stapelen'). Tijdens dit project is de voorkeur uitgesproken om hydrologische ingrepen niet te combineren omdat dit de resultaten van de analyses zou verstoren en omdat het doen van uitspraken over combinatiemogelijkheden van waterhuishoudkundige maatregelen in een landsdekkende analyse niet erg zinvol is. Analyse van kansen voor stapeling van maatregelen is immers alleen goed mogelijk indien men over gedetailleerde gebiedskennis beschikt; een dergelijke analyse is daarom voorbehouden aan hen die over zulke regionale kennis beschikken. In Aanhangsel 2 is niettemin een eerste verkenning beschreven van combinatiemogelijkheden van maatregelen.

3 De kansrijkdom van waterstrategieën

In dit hoofdstuk wordt voor de beleidsthema's 'vasthouden', 'bergen', 'conserveren' en 'beekherstel' beschreven welke analyse en procedure is gevolgd bij het opstellen van de desbetreffende kansenkaart. Na definitie van het beleidsthema worden waterhuishoudkundige ingrepen geformuleerd waarmee het beoogde doel kan worden bereikt. Bij elke ingreep wordt een pakket maatregelen gespecificeerd dat één of meerdere inrichtings- en beheersmaatregelen omvat, gespecificeerd voor zowel hoog- als laag-Nederland. Het inzicht in de *kansrijkdom* van maatregelen wordt verkregen in een procedure waarin zogenoemde waarderingstabellen worden ontwikkeld.

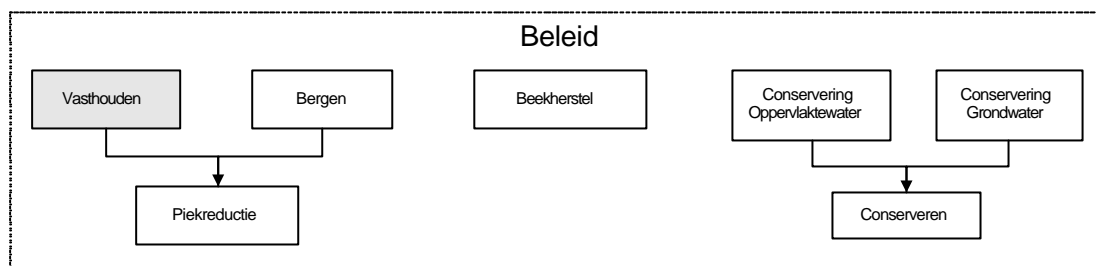
Het concept van 'Waarderingstabellen'

Om de kansrijkdom waarmee wateropgaven op een zekere locatie gerealiseerd kunnen worden te kunnen beoordelen moet een waarderingssysteem worden gebruikt waarin maatregelpakketten worden gekoppeld aan landschapskenmerken. Zo'n systeem is hier ontwikkeld, en wel in de vorm van *waarderingstabellen*. Deze tabellen vormen de kern van de gevolgde aanpak. Om zulke tabellen te kunnen ontwikkelen is informatie geclassificeerd die besloten ligt in landsdekkende geografische databestanden. Afhankelijk van de verwachting in hoeverre een beoogde beleidsdoelstelling met een maatregelpakket kan worden gerealiseerd, zijn in de tabellen waarderingen toegekend tussen 0 (nihil) en 10 (meest kansrijk). Deze waarderingen hebben een kwalitatief karakter (expert-judgement); de effecten van maatregelen op bijvoorbeeld piekreductie en geconserveerde hoeveelheden water konden in het kader van dit project niet kwantitatief (i.c. in mm) worden uitgedrukt.

De getallen in de waarderingstabellen zijn een maat voor de verwachte *kansrijkdom van pakketten van mogelijke maatregelen*. Deze kansrijkdom hangt onmiskenbaar samen een aantal abiotische factoren, waarvan sommige door maatregelen relatief eenvoudig beïnvloed kunnen worden en andere niet of nauwelijks. Bij het opstellen van de waarderingstabellen is nadrukkelijk rekening gehouden met de mogelijkheden om abiotische factoren te beïnvloeden. De tabellen geven daarom *potenties* voor het vasthouden, bergen, conserveren of hermeanderen van water in een regio door het treffen van ruimtelijke maatregelen, en mogen niet gebruikt worden om de *huidige* situatie te evalueren.

In deze studie zijn waarderingen gebaseerd op landschapskenmerken. Andere overwegingen, zoals die welke samenhangen met beleid en bestuur, effecten op de ruimtelijke ordening of de waardering van het landschap hebben in de analyse geen rol gespeeld.

3.1 Vasthouden



3.1.1 Definitie

Vasthouden	
Doelstelling	Reductie van afvoerpieken in het middentraject en aan de uitgang van regionale watersystemen.
Hydrologisch concept	Opslag van het neerslagoverschot aan de bron (bovenstrooms gelegen regio) van een watersysteem waar de neerslag valt en het waterschap geen beheerstaak heeft..
Waterhuishoudkundige maatregelen (niet uitputtend)	Maalstop, 'boerenstuwjes', verlagen van slootbodems en schep-pen van meer niet-afvoerhogend oppervlaktewater.
Effect(en)	Kortstondige verhoging van de oppervlakte- en grondwaterstand.
Frequentie (aantal/jaar)	Jaarlijks.
Duur	Enkele dagen.

Vasthouden heeft betrekking op het *stremmen van de afvoer* van relatief kleine gebieden (ca. 100 ha).

3.1.2 Oplossingsrichting

In Tabel 2 zijn de belangrijkste waterhuishoudkundige maatregelen gegeven waarmee stremming van de afvoer kan worden gerealiseerd.

Tabel 2 Maatregelen rond het beleidsthema Vasthouden

doelstelling	waterhuishoudkundige ingreep	maatregel en bijbehorend onderdeel van, c.q. fysisch proces in het hydrologische systeem	aard en locatie van de maatregel B = beheersmaatregel I = inrichtingsmaatregel	
			laag-NL (peilbeheerst)	hoog-NL (vrij afwaterend)
Vasthouden	vertragen van de afvoer	extensiveren van het onderhoud van waterlopen	B	B
		infiltratieverhogende grondbewerking	B	B
		beheer van 'boerenstuw-tjes'		B
		tijdelijke maalstop van kleine gemalen	B	
		aanleg van kleine debietreducerende kunstwerken (stuw-tjes, duikers) in tertiaire en secundaire waterlopen ('knijpen' van de detailafwatering)		I
		dempen van greppels	I	I
	vergroten van het bergend vermogen	realisatie van meer oppervlaktewater (niet-afvoer- verhogend)	I	I
		verlaging van peil in tertiaire en secundaire waterlopen	B	
		verdiepen van bodem van secundaire en tertiaire waterlopen		I

3.1.3 De kansrijkdom van oplossingen

Vasthouden van water is op twee manieren te realiseren. Deze twee hoofdmaatregelen komen naar voren aan de hand van de volgende vragen:

- hoe kun je de stromingsweerstand vergroten?
- wat zijn de potentiële mogelijkheden om water vast te houden bij de bron?

3.1.3.1 Weerstand vergroten

Er zijn verschillende typen maatregelen denkbaar om de weerstand langs het traject dat het water naar de uitgang van regionale watersystemen volgt te vergroten. Uitgaande van het afvoerproces zijn de maatregelen op te splitsen in het stremmen van de afvoer naar het ontwateringssysteem en het stremmen van de afvoer in het ontwateringssysteem. De eerste heeft voornamelijk betrekking op het vergroten van de drainageweerstand, waardoor de berging in de bodem en op maaiveld wordt aangesproken. Het stremmen van de afvoer in het ontwateringsstelsel heeft betrekking op het beheer (onderhoud) en inrichtingsmaatregelen die stremming tot doel hebben.

3.1.3.2 Het vermogen om vast te houden beter benutten

Water kan worden vastgehouden in de bodem, in het oppervlaktewatersysteem en op het maaiveld. Het vergroten van het vasthoudend vermogen kan worden gerealiseerd

met zowel inrichtings- als beheersmaatregelen. Bij inrichtingsmaatregelen kan gedacht worden aan herprofilering van waterlopen; bij beheersmaatregelen aan peilbeheer. Maatregelen die gericht zijn op het verhogen van de weerstand kunnen de mogelijkheden om meer water vast te houden zowel positief als negatief beïnvloeden. Het verhogen van de weerstand heeft tot gevolg dat de ontwatering wordt gestremd. In gebieden waar de bodemberging niet volledig wordt benut heeft deze maatregel een positief effect. Ook de maaiveldberging wordt bij verhoging van de drainageweerstand eerder aangesproken. Bij extreme neerslaghoeveelheden kan het verhogen van de drainageweerstand echter een averechts effect hebben; bij overschrijding van een bepaalde drempelwaarde werken de maatregelen niet meer en leiden zij juist tot een verhoging van de afvoerpiek. Ook de voorgeschiedenis bij extreme neerslagsituaties is bepalend voor de nog beschikbare bergingscapaciteit in de bodem.

Om de kansrijkdom van de verschillende maatregelen op landelijke schaal te kunnen beoordelen is gebiedsdekkende informatie in de vorm van geografische databestanden nodig. Van een aantal landsdekkende databestanden zijn afgeleide bestanden en kaarten gemaakt die zijn gebruikt om de kansrijkdom voor het vasthouden van water te bepalen. Het betreft de volgende kaarten en bestanden:

1. meer water vasthouden in de bodem: afgeleid uit de bodemkaart;
2. meer water vasthouden in het oppervlaktewater: een kaart met de dichtheid van het netwerk van waterlopen, afgeleid uit het Top10-vector bestand;
3. meer water vasthouden op het maaiveld: een hellingkaart, afgeleid uit de maaiveldhoogtekaart.

De invloed van kwel is buiten beschouwing gelaten omdat vasthouden van water betrekking heeft op relatief korte perioden, waarbij de kwel in het totale waterbezwaar geen substantieel aandeel heeft. Bovendien kan kwel geheel of gedeeltelijk worden onderdrukt in natte perioden met zeer hoge freatische grondwaterstanden.

Ad 1. Berging in de bodem

De bergingskaart geeft een schatting van de bergingscapaciteit voor water in de bodem. Deze capaciteit is berekend op grond van de GVG (=Gemiddelde Voorjaars-Grondwaterstand) en het bodemtype (21 bodemfysische eenheden) waarbij wordt aangenomen dat er geen sprake is van capillaire opstijging of infiltratie. De berekeningen zijn uitgevoerd met het computersimulatieprogramma CAPSEV (Wesseling, 1991).

Ad 2. Dichtheid van het netwerk van waterlopen

De dichtheid van het netwerk van waterlopen in een regio is een essentieel gegeven bij de analyse van perspectieven voor het vasthouden van water. De drainageweerstand is in hoge mate afhankelijk van de dichtheid van het netwerk van waterlopen. Bij een grote dichtheid is het eenvoudig om de drainageweerstand te vergroten door het dempen of afdammen van een gedeelte van de waterlopen. Ook de berging in het oppervlaktewater wordt in hoge mate beïnvloed door de dichtheid van het waterloopenstelsel. Bij de bepaling van de dichtheid en de analyse van de bergingsmogelijkhe-

den in het oppervlaktewater is het netwerk van het secundaire en tertiaire waterlopen¹ meegenomen. De informatie is ontleend aan het Top10-vectorbestand.

Ad 3. Helling van het maaiveld

De geschiktheid van het maaiveld om water te bergen wordt voor een deel bepaald door de maaiveldhelling. In hellende gebieden zijn de mogelijkheden doorgaans gering. Vooral in hellende gebieden is de ruwheid van het maaiveldoppervlak een belangrijke factor. Het grondgebruik is meestal bepalend voor het microreliëf en daarmee voor de ruwheid van het maaiveld. In bos- en natuurgebieden kunnen de bergingsmogelijkheden wegens lokale laagten ondanks een regionale helling toch aanzienlijk zijn. Akkerbouw heeft in het algemeen een grotere bergingscapaciteit aan het maaiveld dan grasland. Door veranderingen in het grondgebruik kan het microreliëf en daarmee de ruwheid (bergingscapaciteit) worden beïnvloed. Toch is het grondgebruik geen eenduidige maat voor de mogelijkheden voor berging op het maaiveld. Sommige vormen van grondgebruik gaan gepaard met inrichtingsmaatregelen die de relatie met de ruwheid en/of de helling teniet doen. In hellende gebieden heeft ook de grondwaterstroming invloed op de mogelijkheid om water te bergen. De grondwaterstroming is immers gerelateerd aan de Gt die (mede) de berging bepaalt. Als de Gt door ontwatering is veranderd van bijvoorbeeld Gt III naar Gt VI is er sprake van een grotere slootdichtheid met mogelijk kwel. In gebieden met veel sloten zijn de mogelijkheden om maatregelen te nemen om water vast te houden groter dan in gebieden met weinig sloten.

Natuurgebieden hebben van nature relatief veel microreliëf (rabattenbos, glooiingen van dekzand). Extra bergingsmogelijkheden kunnen worden gecreëerd door de aanleg van dammen of damwanden (bijvoorbeeld rond hoogveengebieden), waardoor de relatie tussen de helling en de bergingsmogelijkheden minder eenduidig en vanzelfsprekend wordt.

Stedelijk gebied heeft door een relatief groot aandeel aan verhard oppervlak (weinig berging) een groot effect op afvoerpieken. Door stedelijk gebied af te koppelen en optimaal gebruik te maken van de beschikbare bodem- en oppervlaktewaterberging kan het verhogende effect op piekafvoeren gereduceerd worden. Ook glastuinbouw neemt een aparte plaats in de relatie grondgebruik-piekafvoer. Het grote areaal aan glas vermindert de bodemberging en verhoogt daarmee de piekafvoer. Ook in dergelijke gebieden kunnen maatregelen worden getroffen om de piekafvoer te verlagen. Hierbij kan gedacht worden aan overdimensionering van bergingsbassins in combinatie met overlagen die de afvoerpiek kunnen verminderen. Bij deze constructie hebben de bergingsbassins een tweeledige functie, namelijk waterconservering ten behoeve van de glastuinbouw en piekberging.

¹ Binnen een afwateringseenheid wordt onderscheid gemaakt tussen drie categorieën van waterlopen:

- primaire waterlopen (beken, kanalen en sloten; breedte ≥ 3 m);
- secundaire waterlopen (watervoerende sloten; breedte < 3 m);
- tertiaire waterlopen (greppels en droogvallende waterlopen);

3.1.4 De kansrijkdom van 'Vasthouden'

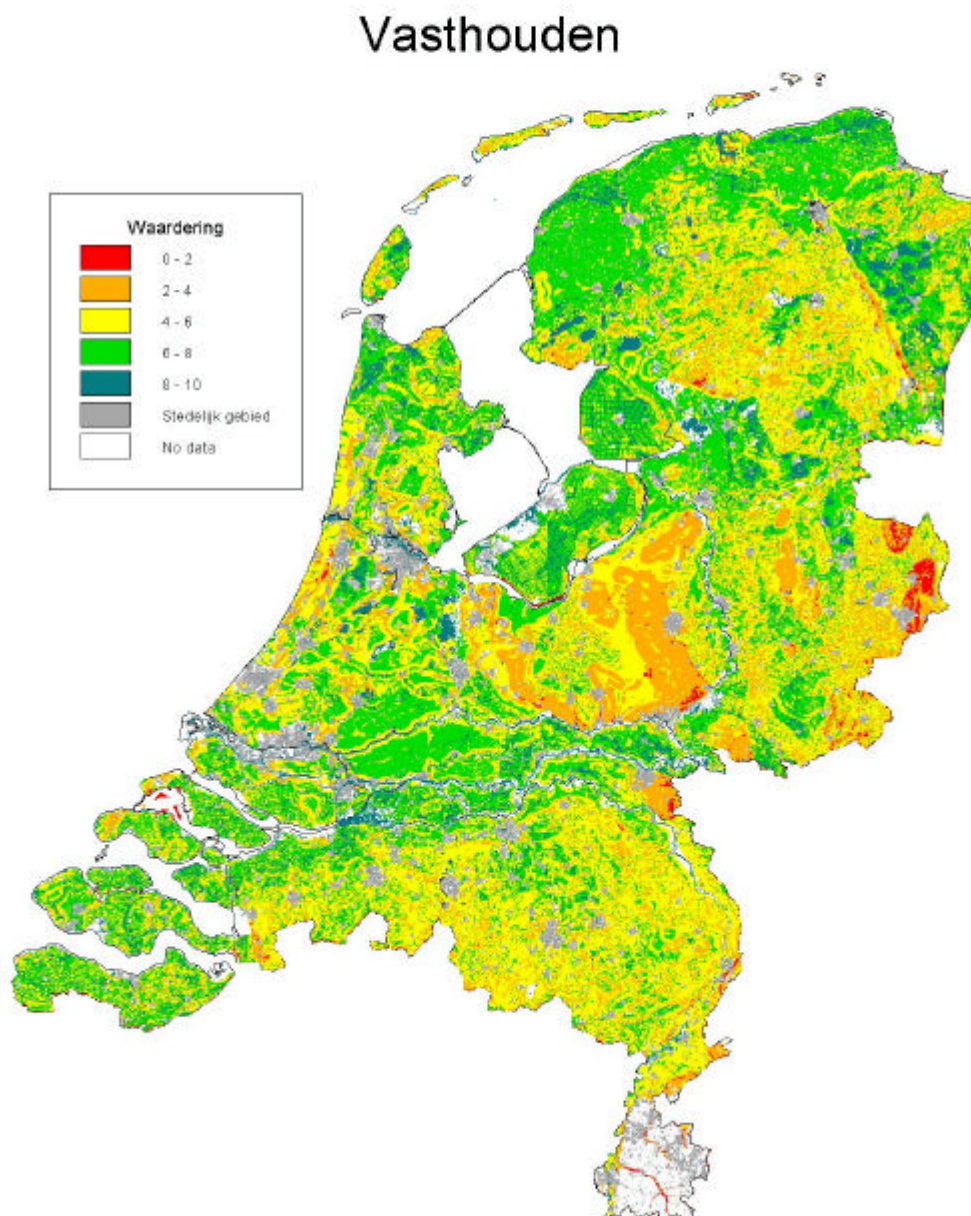
Bij het inschatten van de kansrijkdom van maatregelen om aan wateropgaven te kunnen voldoen is gebruik gemaakt van diverse bronnen met gedetailleerde, landsdekende gegevens over landschapkenmerken en is gewerkt met een nieuw verifieerbaar protocol waarin expertkennis is vertaald in zogenaamde 'waarderingstabellen'. Dit protocol wordt hier voor de beleidsdoelstelling 'vasthouden' beschreven, maar de procedures bij de analyse van de kansrijkdom van 'bergen', 'conserveren' en 'beekherstel' verlopen analoog.

De kansrijkdom om water 'vast te houden' wordt afgeleid uit gegevens, afkomstig van kaarten (bestanden) die informatie bevatten over de drie verschillende vormen van berging die hier in het geding zijn: een bodembergingskaart, een hellingkaart en een oppervlaktewaterkaart. De oppervlaktewaterkaart bevat informatie over grote open wateren, en primaire, secundaire en tertiaire waterlopen. Deze kaart is als uitgangspunt gebruikt voor een schatting van de berging in waterlopen in mm, waarbij kennis is toegepast van regioafhankelijke standaardprofielen van waterlopen, inclusief de bijbehorende drooglegging (Van der Gaast en Van Bakel, 1997). Locale verschillen, zoals die tussen veenweidegebieden in Zuid-Holland-Utrecht resp. Friesland zijn hierin overigens niet meegenomen. Naast open water, waarvoor een waardering van 10 is aangehouden, is de berging in het oppervlaktewater in vier klassen geïntegreerd. De bodembergingskaart en de hellingkaart zijn geïntegreerd in drie klassen. Vervolgens zijn alle waarderingen geïntegreerd in één tabel, waarbij de helling, die representatief wordt geacht voor de maaiveldberging, dubbel is meegewogen. Het grondgebruik is niet in de waarderingstabel meegenomen, maar bepaalde vormen van grondgebruik kunnen de kansrijkdom van waterberging sterk beïnvloeden. Alle waarderingstabellen zijn dus gebaseerd op het huidige grondgebruik. Het hier beschreven analysekader heeft geresulteerd in een 'waarderingstabel' die de kansrijkdom van het 'vasthouden' van water geeft als functie van de helling, de bodemberging en de berging in het oppervlaktewater; zie Tabel 3.

Tabel 3 Waarderingstabel 'vasthouden'

bodemberging	berging oppervlaktewater	helling		
		gering (< 0.025°)	gemiddeld (0.025° - 0.25°)	groot (>0.25°)
n.v.t.	open water	10	10	10
groot (> 50 mm)	groot > 20 mm	10	8	6
	vrij groot 10-20 mm	9	7	5
	vrij klein 5-10 mm	8	6	4
	klein < 5 mm	7	5	3
gemiddeld	groot > 20 mm	9	7	5
	vrij groot 10-20 mm	8	6	4
	vrij klein 5-10 mm	7	5	3
	klein < 5 mm	6	4	2
gering (< 20 mm)	groot > 20 mm	8	6	4
	vrij groot 10-20 mm	7	5	3
	vrij klein 5-10 mm	6	4	2
	klein < 5 mm	5	3	1

De gegevens uit de hierboven beschreven kaarten c.q. bestanden zijn tenslotte getoetst aan de waarderingscijfers in Tabel 3, waarna een landsdekkende kaart is samengesteld waarop de kansrijkdom van 'vasthouden' is weergegeven; zie Figuur 2. Stedelijk gebied is op deze en volgende kaarten grijs gekleurd en niet in de analyses opgenomen omdat hier doorgaans niet kan worden beschikt over gegevens over de bodemopbouw en de Gt.

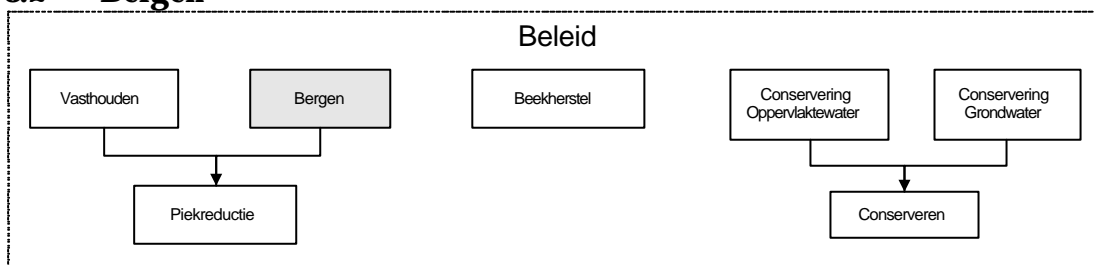


Figuur 2 Landsdekkende kaart met de kansrijkdom van het 'vasthouden' van water

De kwaliteit van deze en volgende kaarten wordt uiteraard bepaald door de gebruikte gegevens. De kaart 'vasthouden' is gebaseerd op gegevens over de huidige Gt's die momenteel bij Alterra in een landsdekkend GIS beschikbaar zijn. Deze Gt's zijn gekoppeld aan de Bodemkaart van Nederland. Een groot aantal opnames van de Gt dateren uit de periode 1960-1980. Sommige kaartbladen moeten met hoge urgentie geactualiseerd worden, en dit proces is in volle gang. Resultaat van een en ander is echter dat effecten van de voortschrijdende verdroging lang niet in alle hier gebruikte Gt's zijn verdisconteerd. Bij gedateerde kaartbladen is daarom sprake van een structurele, regioafhankelijke onderschatting van de bodemberging waardoor de kaart wellicht een te pessimistisch beeld geeft van de kansrijkdom van 'vasthouden'.

Bij het interpreteren van deze en volgende kaarten moet de hier gehanteerde definitie van de beleidsdoelstelling steeds goed in de gaten worden gehouden (zie ook Aanhangel 1). Volgens deze definitie is 'vasthouden' opslag van het neerslagoverschot aan de bron (bovenstrooms gelegen regio) van een watersysteem waar de neerslag valt en het waterschap geen beheerstaak heeft. Daarom is de relatie tussen de maai-veldhoogte en het boezempeil of dat van bijvoorbeeld A-waterlopen bij 'vasthouden' niet relevant. Op de kaart zijn vlakke gebieden groen gekleurd, ook in zandgebieden, omdat zij wegens het ontbreken van een helling voor 'vasthouden' goed geschikt zijn. Veel hogere gronden hebben wegens de helling een lage waardering gekregen (oranje). De rode gebieden in o.a. oost-Twente hebben een lage waardering wegens de grotere helling en het ontbreken van bergingscapaciteit (ondiepe watervoerende pakketten). In Zuidelijk Flevoland lopen onnatuurlijke begrenzingen van waarderingen: dit is te wijten aan verschillende kaartbladen, i.c. verschillende opnames van dezelfde parameter.

3.2 Bergen



3.2.1 Definitie

Bergen (piekberging; retentie)	
Doelstelling	Reductie van afvoerpieken aan de uitgang van regionale watersystemen.
Hydologisch concept	Opslag van water tussen bron en uitgang van een watersysteem, in A-waterlopen (primaire waterlopen), reservoirs, gebieden die via deze waterlopen passief of actief met (extra) water kunnen worden gevuld en gebieden waar de stand van het oppervlaktewater via A-waterlopen (primaire waterlopen) kan worden beïnvloed.
Waterhuishoudkundige maatregelen (niet uitputtend)	Maalstop; herprofilen van waterlopen en aanleg van bergingsgebieden.
Effect(en)	Kortstondige vergroting van de hoeveelheid oppervlaktewater in A-waterlopen (primaire waterlopen), oeverstroken en aangrenzende, inundeerbare gebieden.
Frequentie (aantal/jaar)	Jaarlijks.
Duur	Enkele dagen.

Onder berging wordt verstaan de tijdelijke opslag van water bij neerslagpieken die nodig is wanneer de bodemberging en/of de afvoercapaciteit tekort schieten. De analyse is beperkt tot reguliere maatregelen onder maatgevende omstandigheden; calamiteitenberging is niet aan de orde. In hoog-Nederland is deze vorm van berging vooral mogelijk in de midden- en benedenloop van de waterlopen en aangrenzende lage terreingedeelten. In laag-Nederland is retentie mogelijk in waterlopen en de relatief laag gelegen delen van polders.

3.2.2 Oplossingsrichting

In Tabel 4 zijn maatregelen gespecificeerd waarmee de piekberging (retentie) in principe kan worden gerealiseerd.

Tabel 4 Maatregelen rond het beleidsthema bergen

No.	Doelstelling	waterhuishoudkundige ingreep	Maatregel en bijbehorend onderdeel van, c.q. fysisch proces in het hydrologische systeem	aard en locatie van de maatregel B = beheersmaatregel I = inrichtingsmaatregel	
				laag-NL (peilbeheerst)	hoog-NL (vrij afwaterend)
2	Bergen (piekberging; retentie)	vertragen van de afvoer	Extensiveren van het onderhoud van primaire waterlopen	B	B
			'knippen' van primaire waterlopen door installatie van schuifstuwen		I
			Tijdelijke maalstop	B	
			Tijdelijke verhoging van stuwen		B
		vergroten van het bergend vermogen	Herprofilering van waterlopen	I	I
			Ontkaden	I	I ²
			Afgraven van het maaiveld	I	I
			Aanleg van piekbergingsgebieden	I	I

3.2.3 De kansrijkdom van oplossingen

De mogelijkheden om water te bergen zijn gerelateerd aan de volgende vragen:

1. hoe groot is het wateraanbod?
2. wat zijn de potentiële bergingsmogelijkheden?
3. hoe kan de stromingsweerstand worden vergroot?

Om deze vragen te kunnen beantwoorden en de kansrijkdom van de verschillende maatregelen op landelijke schaal te kunnen inschatten is gebiedsdekkende informatie nodig in de vorm van geografische bestanden. De volgende informatie is gebruikt:

1. de cumulatieve afvoer (Knaapen et al., 2001);
2. de Waterbergingskansenkaart (Arcadis et al., 2000);
3. de dichtheid van het netwerk van waterlopen.

De dichtheid van het netwerk van waterlopen waarin berging aan de orde is betreft vooral de secundaire en primaire waterlopen die in beheer zijn bij respectievelijk de waterschappen (beekjes, A-waterlopen) en de provincie of het rijk (beken, kanalen en rivieren). De dichtheid is ontleend aan het Top10-vectorbestand. Uit het onderzoek van Van der Gaast en van Bakel (1997) komt naar voren dat er een relatie bestaat tussen het percentage A-waterlopen en het *totale* aantal waterlopen. Deze relatie is gebruikt bij de bepaling van de dichtheid van het netwerk van waterlopen. Het percentage A-waterlopen is afgeleid uit het WIS. De verkregen kaart met dichtheden wordt representatief geacht voor de aspecten berging en stremming van de afvoer. Een hoge dichtheid aan waterlopen biedt veel mogelijkheden om water in het afwateringssysteem te bergen. Ook de mogelijkheden tot stremming in het oppervlaktewatersysteem per oppervlakte-eenheid wordt in hoge mate door de dichtheid van de waterlopen bepaald.

² Incidenteel.

3.2.4 De kansrijkdom van 'Bergen'

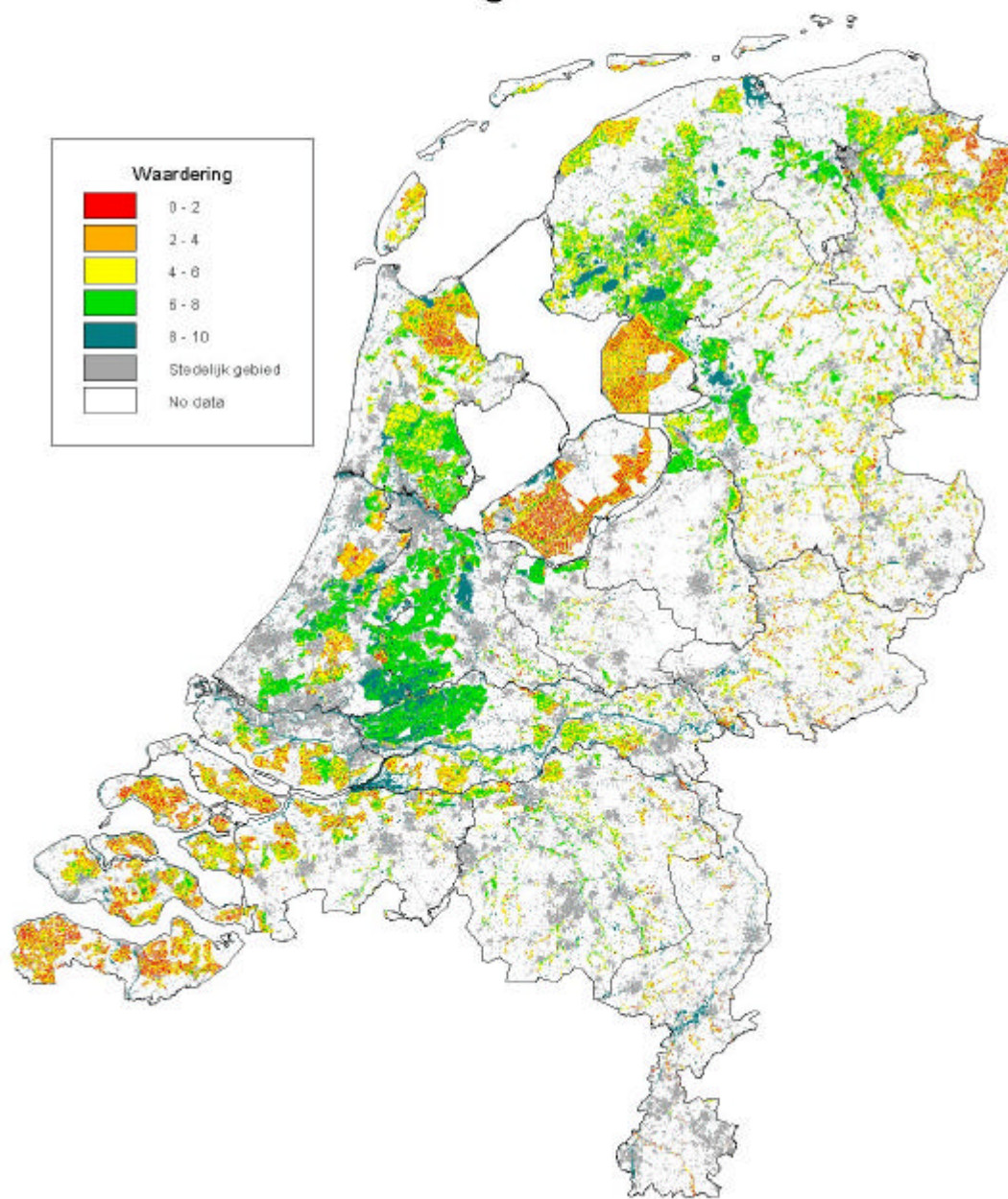
Analoog aan de systematiek die bij het 'vasthouden' van water is gehanteerd, is de kansrijkdom van 'bergen' afgeleid uit gebiedskenmerken. Op basis van expertkennis is informatie uit geografische bestanden geclassificeerd waarna deze in een waarderingstabel is gecombineerd. Afhankelijk van het te verwachten effect varieert de kansrijkdom voor 'bergen' van 0 tot 10. De kansrijkdom wordt bepaald door de dichtheid van waterlopen; deze kan door inrichtings- of beheersmaatregelen worden beïnvloed. Bij een grote dichtheid aan waterlopen zijn er veel mogelijkheden om zowel oppervlaktewaterberging als maaiveldberging van naastliggende gebieden aan te spreken. Een grote dichtheid aan waterlopen wordt daardoor hoger gewaardeerd dan een kleine dichtheid. Analoog aan de bepaling van de berging in waterlopen bij 'vasthouden', ook hier gebruik gemaakt van informatie over regioafhankelijke standaardprofielen van waterlopen, inclusief de bijbehorende drooglegging (Van der Gaast en Van Bakel, 1997). Integratie van de informatie heeft geresulteerd in een waarderingstabel (Tabel 5) die de kansrijkdom voor het bergen van water in of vanuit de waterlopen weergeeft. Omdat de drooglegging impliciet in deze analyse is meegenomen bestaat het risico dat de berging in het oppervlaktewater in het hellende deel van Nederland wordt overschat; niet alle waterlopen zijn hier immers beheersbaar waardoor de kans bestaat dat een gedeelte van de potentiële berging niet benut kan worden. Dit geldt overigens ook voor de beschikbare bodemberging.

Tabel 5 Waarderingstabel 'Bergen'

Water-bergings-kansenkaart IPO/WB21	slootafstand A-watergangen	waardering
wel	<150 m	10
	150-300 m	8
	300-600 m	6
	600-1000 m	4
	>1000 m	2
niet	n.v.t.	0

De gegevens uit de hierboven beschreven kaarten c.q. bestanden zijn getoetst aan de waarderingscijfers in Tabel 5, waarna een landsdekkende kaart is samengesteld waarop de kansrijkdom van 'vasthouden' is weergegeven; zie Figuur 3.

Bergen

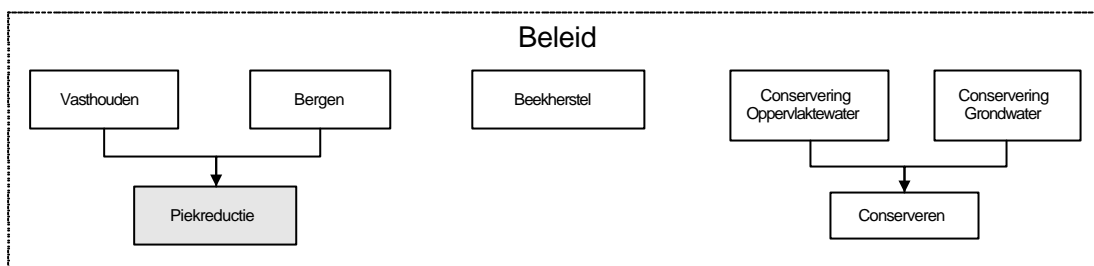


Figuur 3 Landsdekkende kaart met de kansrijkdom van het 'bergen' van water

De basis van Figuur 3 is de Waterbergingskansenkaart die onder regie van het IPO werd ontwikkeld (Duel et al., 2000) en aansluitend in het kader van WB21 werd aangepast (Arcadis et al., 2000). Deze kaarten kenden echter geen indeling in waarderingsklassen; deze is er in het kader van dit project aan toegevoegd door ook de dichtheid van het netwerk van waterlopen in de analyse mee te nemen. Gegeven de koppeling van de bergingsmogelijkheid aan de dichtheid van waterlopen is het niet

verwonderlijk dat de mogelijkheden om water te bergen in laag-Nederland aanzienlijk groter zijn dan in hoog-Nederland. De waardering kan op korte afstand sterk variëren. Er is echter geen rekening gehouden met maaiveldhoogteverschillen, noch met de 'fase' in het WIS³. Een lokale beheerder kan de waardering wellicht nuanceren.

3.3 Piekreductie (combinatie van 'vasthouden' en 'bergen')



De kaarten met kansrijkdom over 'vasthouden' (Figuur 2; pagina 23) en 'bergen' (Figuur 3; pagina 28) hebben beiden tot doel om een bijdrage te leveren aan de reductie van afvoerpieken aan de uitgang van regionale watersystemen. Om een beeld te krijgen van de kansrijkdom van deze twee groepen waterhuishoudkundige maatregelen, gericht op reductie van piekafvoeren, is de informatie uit deze kaarten samengevoegd tot de kaart 'kansrijkdom piekreductie'. De ingreep 'vasthouden' heeft betrekking op de bovenstrooms gelegen haarvaten van het systeem, terwijl 'bergen' plaatsvindt tussen bron en uitgang van een watersysteem, in grotere waterlopen. Bij de integratie is aan beide kaarten dezelfde wegingsfactor toegekend; zie Tabel 6. De uiteindelijke waardering varieert, net zoals bij de overige kaarten, tussen 0 en 10; zie Tabel 7.

Tabel 6 Wegingsfactoren voor piekafvoer-reducerende ingrepen

beleidsdoel / ingreep	wegingsfactor
'vasthouden'	1
'bergen, (piekberging; retentie)	1

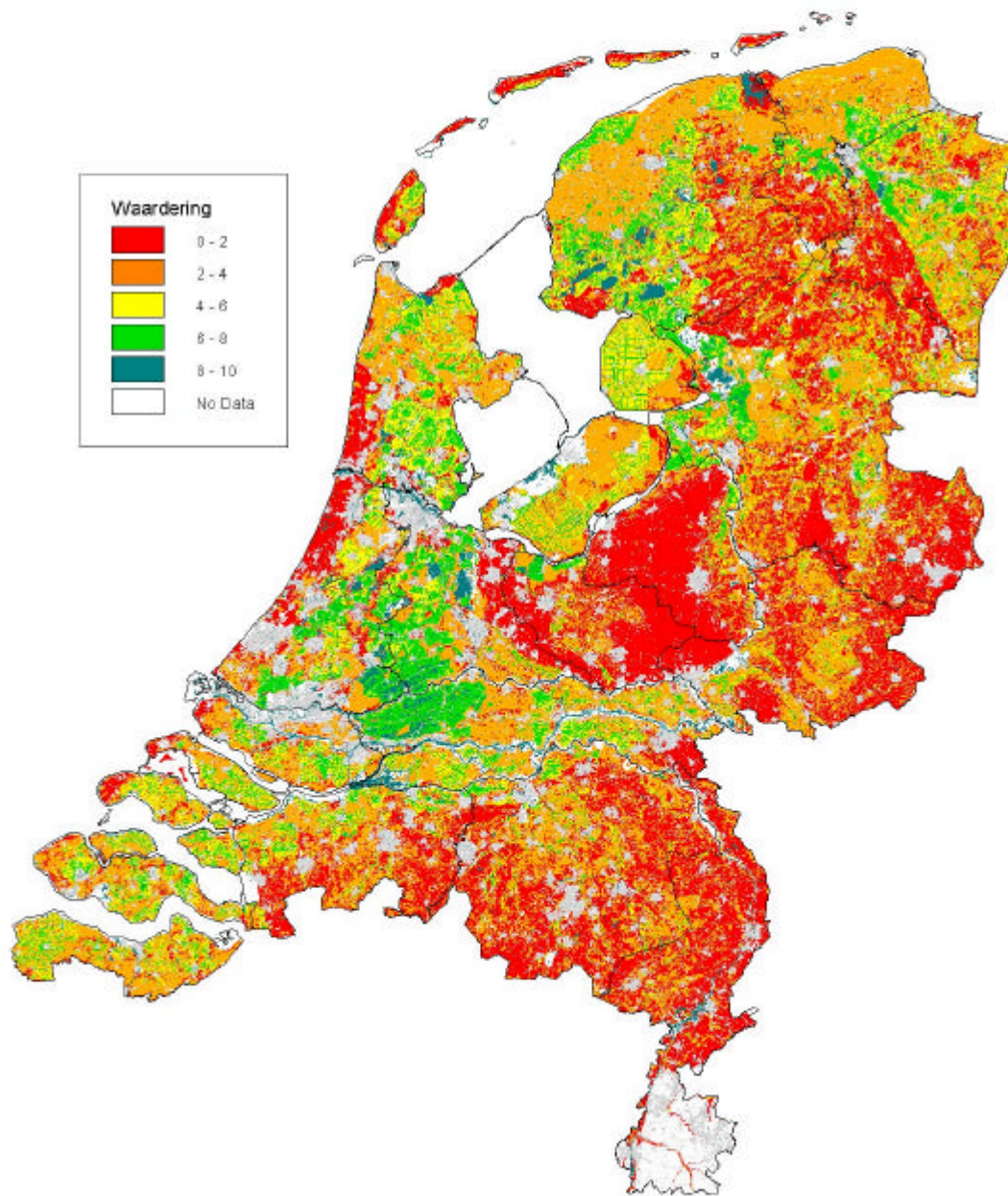
³ Het begrip 'fase' in het WIS wordt als volgt gedefinieerd: *het aantal elementen dat het water vanuit een bepaald element moet passeren (inclusief het element zelf) voordat de lozing op het hoofdwater plaatsvindt*. In deze systematiek is aan hoofdwaters (in laag-Nederland de boezems) fase 0 toegekend, aan de direct op de boezem uitwaterende / uitmalende polders fase 1, aan polders die op fase 1 uitmalen wordt fase 2 toegekend, enzovoort.

Tabel 7 Gradatie in de kansrijkdom van piekberging

waardering 'bergen'	waardering 'vasthouden'										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	0	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5
1	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5
2	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6
3	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6	6.5
4	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6	6.5	7
5	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6	6.5	7	7.5
6	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6	6.5	7	7.5	8
7	3.5	4	4.5	5	5.5	6	6.5	7	7.5	8	8.5
8	4	4.5	5	5.5	6	6.5	7	7.5	8	8.5	9
9	4.5	5	5.5	6	6.5	7	7.5	8	8.5	9	9.5
10	5	5.5	6	6.5	7	7.5	8	8.5	9	9.5	10

De samengestelde kaart 'kansrijkdom piekreductie' is afgebeeld in Figuur 4 en de informatie over oppervlakten meer of minder kansrijke gebieden per regio in Tabel 8. In deze tabel ontbreken arealen met grote open wateren, waaronder meren.

Piekreductie



Figuur 4 Integrale kaart met de kansrijkdom van piekreductie ('vasthouden' en 'bergen' gecombineerd)

Daar waar geen sprake is van waterberging wordt de waardering voor het vasthouden van water gehalveerd en schuiven de kleuren, ten opzichte van die in Figuur 2, op naar oranje en rood. De kansrijkdom van piekreductie wordt besproken aan de hand van de informatie in Tabel 8.

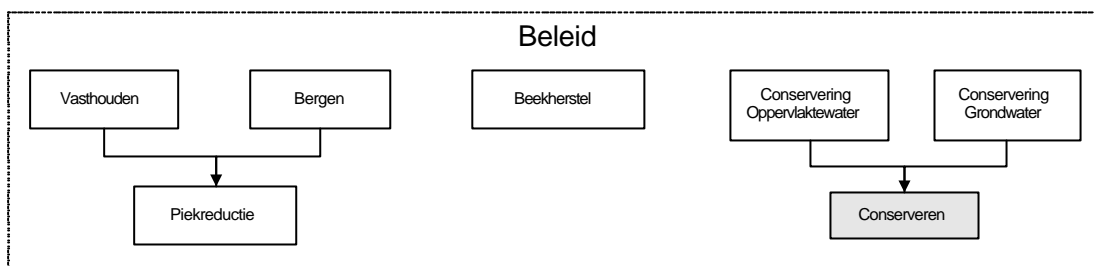
Tabel 8 Kansrijkdom voor Piekreductie ('vasthouden' en 'bergen' gecombineerd) in hectares, uitgesplitst per landschapsregio (boven) en per deelstroomgebied (onder)

Landschapsregio waardering →	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	totaal (ha)
Duinen en strandwallen	781	17338	33094	6444	275	381	294	19	0	0	0	58625
Zeekleigebied	1044	6988	45700	169775	188713	39456	53756	61369	30531	875	0	598206
Water	969	1463	3425	669	13	25	6	0	0	0	0	6569
Pleistocene gebieden	1519	31494	175450	101250	17731	13906	18188	11163	2050	263	13	373025
Laagveengebied	94	8063	30225	40975	16063	11250	42606	52613	21556	11313	0	234756
Stedelijk gebied	56	2588	2363	513	344	488	169	19	0	0	0	6538
Hoogveen(ontginnings)landschap	219	1531	8306	42381	35125	10375	11438	14969	7025	763	6	132138
Zandgebied	2838	58775	375481	270869	68056	26000	24931	13781	4006	556	31	845325
Droogmakerijen	244	3631	17013	53950	46538	29263	29675	29988	13875	1263	44	225481
Rivierengebied	144	5631	33475	82781	54250	10000	16206	25344	25888	3050	6	256775
Stuwwallen	7775	121706	62975	1006	431	544	156	6	0	0	0	194600
Krijt en Löss	450	1825	594	181	144	88	13	0	0	0	0	3294
totaal (ha)	16131	261031	788100	770794	427681	141775	197438	209269	104931	18081	100	2935331

Deelstroomgebied waardering →	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	totaal (ha)
Achterhoek	1125	31169	60875	49200	20350	5244	4388	2894	831	31	0	176106
Amstelland	275	14850	19806	24063	11419	2475	7644	17688	13413	2750	0	114381
Oost Groningen – Drenthe	444	8131	43894	47800	30669	16394	17700	17106	7400	656	6	190200
Friesland	438	11681	64988	81431	65694	14113	37531	33994	10681	363	0	320913
Gelderse Vallei	644	27950	38850	17288	4319	1363	1769	2556	1525	531	0	96794
IJsselmeerpolder	244	1413	9131	34238	29956	17881	14738	11913	4375	763	44	124694
Limburg	1588	20106	82050	31619	6319	1875	1163	331	69	0	0	145119
Noord Holland	188	6713	25906	35550	29419	14306	22938	20556	7713	444	0	163731
Oost Brabant	413	13875	127156	92506	19063	7263	8363	5581	1906	144	0	276269
Rivierengebied	294	6844	13194	41169	30938	6100	10331	18588	18856	6050	6	152369
Vecht	7419	37606	136119	122444	50263	17725	21950	20263	10438	1706	25	425956
Veluwe	300	53569	41594	15544	3831	1525	2556	2775	1263	38	0	122994
West Brabant	569	5388	49931	49531	18288	5556	6450	6719	2369	294	6	145100
West Groningen – Drenthe	50	1606	22100	37181	37800	3325	5556	7000	5175	169	13	119975
Zeeland	694	3575	14950	45519	38388	15350	17594	17856	4238	231	0	158394
Zuid Holland	219	13519	28813	25475	15256	6263	10094	15044	11606	3900	0	130188
Zuid Hollandsche Eilanden	375	2844	8713	20088	15719	5019	6675	8406	3075	13	0	70925
totaal (ha)	15275	260838	788069	770644	427688	141775	197438	209269	104931	18081	100	2934106

Uit de cijfers kan worden afgeleid dat piekreductie in zeekleigebieden (hectareclaim SGR2 49.000 ha) gemakkelijk te realiseren is; een kleine 93.000 ha van de zeekleigebieden heeft een waardering van 7 à 10. In de zandgebieden is het beeld minder rooskleurig. Bij een claim van 286.000 ha (SGR2) staan ca. 115.000 ha met een waardering van 4 à 10. De oppervlakteclaim van 286 000 ha is echter goeddeels te realiseren door aanpassing van de landbouw naar nattere omstandigheden; het resterende oppervlak waar echt sprake is van functieverandering is veel kleiner: 6000 ha. De situatie is dus minder ongunstig dan zij in eerste instantie lijkt.

3.4 Conserveren van water; bestrijding van verdroging



3.4.1 Definitie

Conserveren	
Doelstelling	Periodieke verbetering van de standplaatscondities voor de landbouw en/of terrestrische en/of aquatische natuur in een perceel of peilvak, inclusief omgeving, door middel van actief waterbeheer.
Hydrologisch concept	Tijdelijke vertraging van de afstroming uit een watersysteem (perceel, peilvak) door tijdelijke aanpassing van de ontwateringskarakteristiek (ontwateringsbasis; drainageweerstand).
Waterhuishoudkundige maatregelen (niet uitputtend)	Aangepast stuw- en peilbeheer.
Effect(en)	Tijdelijke verhoging van de oppervlakte- en grondwaterstand.
Frequentie (aantal/jaar)	Jaarlijks.
Duur	Enkele maanden.

Conserveren betekent het vasthouden van gebiedseigen water in perioden met een neerslagoverschot (winter en voorjaar) om hierover te kunnen beschikken in perioden met een tekort aan water (groeiseizoen). Conservering vindt vooral plaats in de bovenlopen ('haarvaten') van watersystemen. Dit in tegenstelling tot vernatten: een structurele ingreep waarmee een permanente verbetering van (standplaats)condities voor landbouw en natuur wordt nagestreefd; zie - voor de volledigheid - onderstaande definitie.

Vernatten	
Doelstelling	Structurele verbetering van de standplaatscondities voor de landbouw en/of terrestrische en/of aquatische natuur in een perceel of peilvak, inclusief omgeving, door middel van inrichtingsmaatregelen.
Hydrologisch concept	Structurele vertraging van de afstroming uit een watersysteem (perceel, peilvak) door permanente aanpassing van de ontwateringskarakteristiek (ontwateringsbasis; drainageweerstand).
Waterhuishoudkundige maatregelen (niet uitputtend)	Verhogen van slootbodems en/of het dempen van waterlopen.
Effect(en)	Structurele verhoging van de oppervlakte- en grondwaterstand.
Frequentie (aantal/jaar)	n.v.t.
Duur	Permanent.

3.4.2 Oplossingsrichting

In Tabel 9 zijn waterhuishoudkundige ingrepen en maatregelen gespecificeerd waarmee conservering kan worden gerealiseerd.

Tabel 9 Maatregelen rond het beleidsthema conserveren

doelstelling	waterhuishoudkundige ingreep	maatregel en bijbehorend onderdeel van, c.q. fysisch proces in het hydrologische systeem	aard en locatie van de maatregel	
			laag-NL (peilbeheerst)	hoog-NL (vrij afwaterend)
Bestrijding van verdroging en droogteschade	vertragen van de afvoer in het groeiseizoen (vasthouden)	aanleg van stuwen met verstelbare kruinhoogte in secundaire en tertiaire waterlopen ⁴		I
		aanleg van stuwen met verstelbare kruinhoogte in primaire (A-) waterlopen		I
		beheer van 'boerenstuwjes'		B
		operationeel beheer van stuwen in A-waterlopen		B
		aanleg van gemalen met instelbaar aanslagpeil in secundaire en tertiaire waterlopen	I	
		aanleg van gemalen met instelbaar aanslagpeil in primaire waterlopen	I	
		operationeel beheer van gemalen in secundaire en tertiaire waterlopen	B	
		operationeel beheer van gemalen in primaire waterlopen	B	
		verdampingsreducerend landgebruik en -bewerking ⁵	B	B
	toename van het bergend vermogen	aanleg van seizoensbergingsgebieden	I	I
		realisatie van meer oppervlaktewater (niet-afvoerhogend)	I	I
		realisatie van meer oppervlaktewater (niet-afvoerhogend)	I	I

kansrijkdom van oplossingen

De mogelijkheid om in de huidige situatie op een bepaalde locatie water te conserveren en deze functie in de toekomst te versterken wordt bepaald door de volgende vragen:

1. is er water beschikbaar?
2. hoe groot is de bergingscapaciteit voor water?
3. hoe effectief zijn eventuele conserveringsmaatregelen?
4. hoe goed kan het water worden vastgehouden (het 'weglekeffect')?

⁴ De kosten zijn sterk afhankelijk van de variabiliteit van de maaiveldveldhoogte binnen huidige peilvakken en in mindere mate van de terreinhelling. In het kader van dit verkennende onderzoek kunnen de kosten daarom niet worden bepaald.

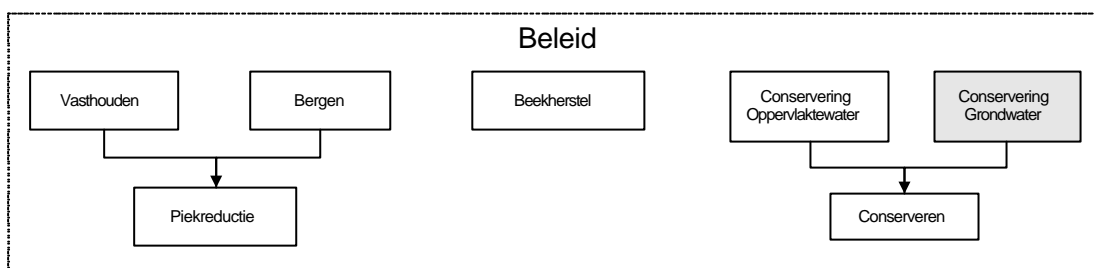
⁵ Bevordert het vasthouden van water, maar niet het vertragen van de afvoer in het groeiseizoen.

Ad 1 De beschikbaarheid van water

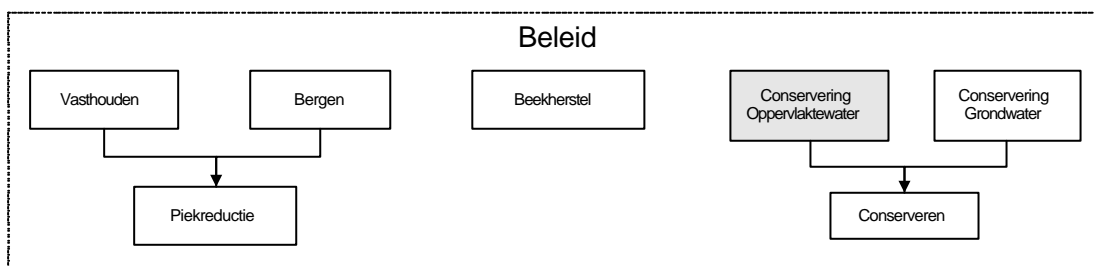
Om water te kunnen conserveren moet dit uiteraard beschikbaar zijn. Gebiedsneerslag is in dit geval de belangrijkste bron. Hoewel er landelijk verschillen zijn in de jaarlijkse hoeveelheid neerslag wordt hierin geen onderscheid gemaakt en wordt de neerslag als een constante aanvoerbron beschouwd. Een andere bron is kwel, terwijl wegzijging naar het grondwater (infiltratie) de beschikbaarheid van water in een gebied vermindert. De mogelijkheid om water via het oppervlaktewaterstelsel aan te voeren geeft extra mogelijkheden om de waterlopen op peil te houden.

Ad 2. De bergingscapaciteit

Water kan worden geborgen in de bodem, in het oppervlaktewater en aan het maaiveld. Bij waterconservering is vooral de opslag in de bodem en in de waterlopen van belang; daarnaast bieden sommige gebieden mogelijkheden om water tijdelijk op te slaan in retentiebekkens.



De hoeveelheid water die in de bodem kan worden opgeslagen is afhankelijk van de bergingscapaciteit van de bodem en de grondwaterstand⁶. De bergingscapaciteit van de bodem voor water is berekend op grond van de GVG (Gemiddelde Voorjaars-Grondwaterstand) en het bodemtype (21 bodemfysische eenheden), waarbij wordt aangenomen dat er geen sprake is van capillaire opstijging of infiltratie. De berekeningen zijn gemaakt met het simulatieprogramma CAPSEV (Wesseling, 1991).

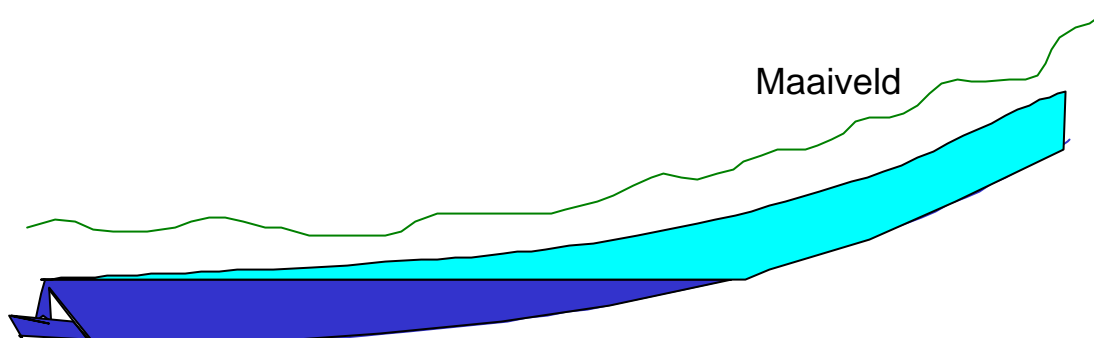


De bergingscapaciteit van waterlopen wordt bepaald door de dichtheid van het netwerk (de totale lengte per oppervlakte-eenheid), de vorm en de afmetingen (breed of smal) en door de beheersbaarheid. De beheersbaarheid van waterlopen is van belang in hellende gebieden in hoog-Nederland. Als in het voorjaar de afvoer terugloopt zal zich een min of meer horizontale waterspiegel instellen. Omdat de waterlopen het

⁶ De grondwaterstand wordt veelal gekarakteriseerd door de Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand (GHG) en de Gemiddeld Laagste Grondwaterstand (GLG). Combinaties van GHG en GLG vormen grondwaterdiepteklassen die grondwatertrappen of Gt's worden genoemd.

maaiveld volgen zullen bij een horizontale waterspiegel waterlopen droogvallen en is waterconservering slechts in een beperkt gebied mogelijk; zie Figuur 5.

De mogelijkheden voor waterconservering zijn laag-Nederland (Holocene ondergrond) en hoog-Nederland (Pleistocene ondergrond) verschillend. In laag-Nederland zijn er meestal door hoge grondwaterstanden weinig mogelijkheden voor bodemberging (bijv. het veenweidegebied) of is dit zelfs ongewenst. In hoog-Nederland is het percentage open water veelal beperkt, zodat de mogelijkheden voor oppervlaktewaterberging gering zijn.



Figuur 5 Verhanglijn van een waterloop voor een droge (blauw) en een natte situatie (groen) (Massop et al., 1997)

Ad 3. De effectiviteit van conserveringsmaatregelen

Het effect dat met conserveringsmaatregelen wordt beoogd is tijdelijke vertraging van de afstroming uit een watersysteem (perceel, peilvak). Conserveringsmaatregelen worden genomen in oppervlaktewatersystemen, door middel van aangepast stuw- en peilbeheer. De effectiviteit van zulke maatregelen is echter afhankelijk van de invloed en het uitstralingseffect van veranderingen in oppervlaktewaterpeilen op grondwaterstromingen en omgekeerd. Deze invloed is gerelateerd aan de geohydrologie, de dichtheid van waterlopen (i.c. de drainageweerstand) en het landgebruik. Ook hier zijn er verschillen tussen hoog- en laag-Nederland. In laag-Nederland is de mate van interactie tussen grond- en oppervlaktewater beperkt vergeleken met die in hoog-Nederland.

De ruimtelijke beïnvloeding van ingrepen op de freatische grondwaterstand in de omgeving is bepaald met behulp van analytische oplossingen die zijn ontleend aan Mazure (1936) (Van der Gaast en Stuyt, 2000). Bij het gebruik van deze oplossingen wordt uitgegaan van berekeningen volgens het principe van superpositie van effecten, en wordt voor de stationaire stromingssituatie gerekend. In een landsdekkende verkenning is het uitstralingseffect van waterhuishoudkundige ingrepen bepaald voor een fictief, nat natuurgebied met een straal van 1000 m en een peilverschil van 1 m met de omgeving. Dit fictieve natuurgebied is per kilometervak van een regelmatig rooster 'wandeland' over Nederland gelegd om relatieve verschillen in uitstralingseffecten op de omgeving te kunnen bepalen. De hieruit ontwikkelde 'interactiekaart', afkomstig uit de 'Aquarel'-studie (Van Bakel et al., 1999) geeft indicaties van de invloed en het uitstralingseffect van veranderingen in oppervlaktewaterpeilen op grondwaterstanden. Op de kaart is voor elk kilometervak de afstand gespecificeerd

waarop nog 5% (i.c. 5 cm) van de ingreep op de freatische grondwaterstand over is. Aan deze afstand, die een element vormt in de waardering van de potentie van 'waterconservering in het grondwater', wordt in Tabel 10 gerefereerd als 'interactie met de omgeving'.

Ad 4. Het weglekeffect

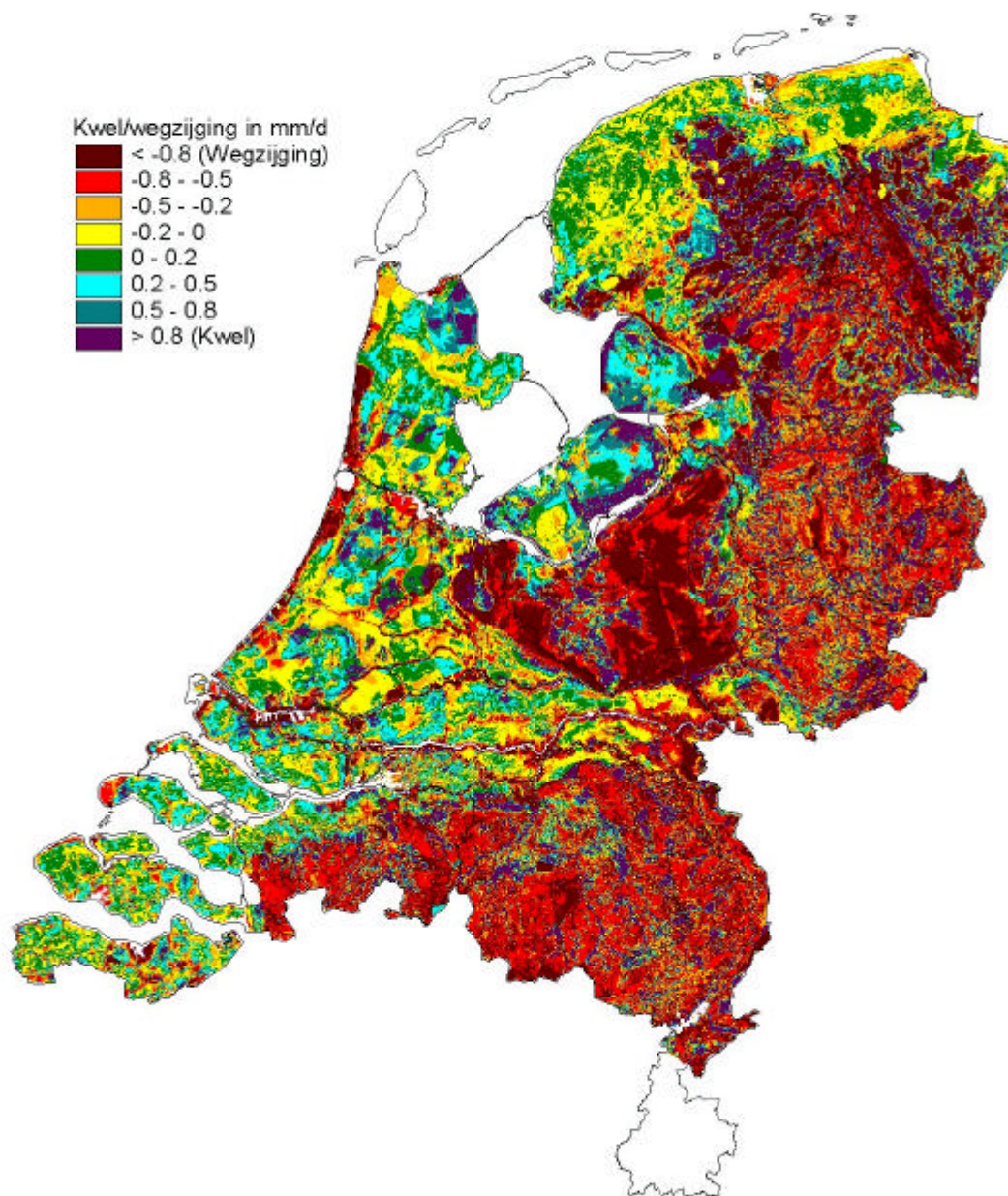
De aanwezigheid van kwel of wegzijging (zie de kwelkaart⁷; Figuur 6) heeft invloed op de kansrijkdom van waterconservering (Kroon et al., 2000). Bij waterconservering wordt het peil in waterlopen gedurende winter en voorjaar opgezet waardoor de grondwaterstanden ten opzichte van de omgeving zullen stijgen. Als dit in kwelgebieden gebeurt betekent dit dat het potentiaalverschil met het intrekgebied van het kwelwater kleiner wordt waardoor de kwelintensiteit terugloopt. Omgekeerd betekent conservering in wegzijgingsgebieden een toename van de kwelstroom in het kwelgebied dat door dit wegzijgingsgebied wordt gevoed. Door conservering zal grondwater dus in sterkere mate 'weglekken' naar de omgeving (wegzijging) of zal minder grondwater toestromen (afname van de kwel). De mate waarin dit gebeurt wordt echter sterk beïnvloed door de geohydrologische eigenschappen (kD - en c -waarden) en de geïnduceerde stijghoogteverschillen (Van der Gaast en Stuyt, 2000).

Om de kansrijkdom van conserveringsmaatregelen op landelijke schaal te kunnen beoordelen en aansluitend in een waardering te kunnen uitdrukken is, gegeven bovenstaande analyse, landsdekkende informatie nodig over

1. kwel en wegzijging;
2. de bergingcapaciteit voor water in de bodem;
3. de dichtheid van het netwerk van waterlopen;
4. de helling van het maaiveld;
5. de ondergrond; Holocene of Pleistoceen;
6. de interactie tussen oppervlaktewater en grondwater.

Deze informatie is in de vorm van geografische bestanden - 'kaarten' - beschikbaar.

⁷ Dit bestand, inclusief beschrijving en aanvullende informatie, is te downloaden van de internet-site 'GIS bestanden van de werkgroep consensus Hydrologie', opgesteld door de GeoDesk, afdeling Centrum voor Geo-informatie van Wageningen UR: <http://geodesk.girs.wau.nl/stone/stone.htm>.



Figuur 6 Kwelkaart van Nederland Zuid-Limburg en de waddeneilanden ontbreken omdat voor deze gebieden geen kwel- en/of wegzijgingsgegevens beschikbaar zijn.

3.4.3 Kansrijkdom van 'conserveren' in het grond- en oppervlaktewater

Bovenstaande analyse leert dat de aanwezigheid van kwel, een grote bergingscapaciteit en een geringe interactie met de naaste omgeving ('weglekken') gunstige indicatoren zijn voor de mogelijkheid tot waterconservering. Deze wordt in het Pleistocene en het Holocene deel van Nederland echter op verschillende manieren ingevuld. In het Pleistocene ('hoge') deel is sprake van relatief weinig oppervlaktewater en vindt de conservering vooral plaats in het grondwater⁸. In het Holocene ('lage') deel is veel meer oppervlaktewater aanwezig, zodat hier de nadruk op conservering in het oppervlaktewater wordt gelegd. Na classificatie van de zes bovengenoemde bestanden of kaarten zijn deze daarom in twee waarderingstabellen gecombineerd; één voor conservering in het grondwater (Tabel 10) en één voor conservering in het oppervlaktewater (Tabel 11).

Tabel 10 Waarderingstabel 'waterconservering in het grondwater'

kwel/ wegzijing	Holocene (H) Pleistoceen (P)	bodemberging								
		gering (< 20 mm)			gemiddeld			groot (> 50 mm)		
		interactie met de omgeving								
		klein <750	matig	groot 1500	klein <750	matig	groot 1500	klein <750	matig	groot 1500
Wegzijing (< -0.5 mm/d)	H	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	P	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Intermediair	H	4	3	2	6	5	4	8	7	6
	P	3	2	1	5	4	3	7	6	5
Kwel (> 0.2 mm/d)	H	8	7	6	9	8	7	10	9	8
	P	7	6	5	8	7	6	9	8	7

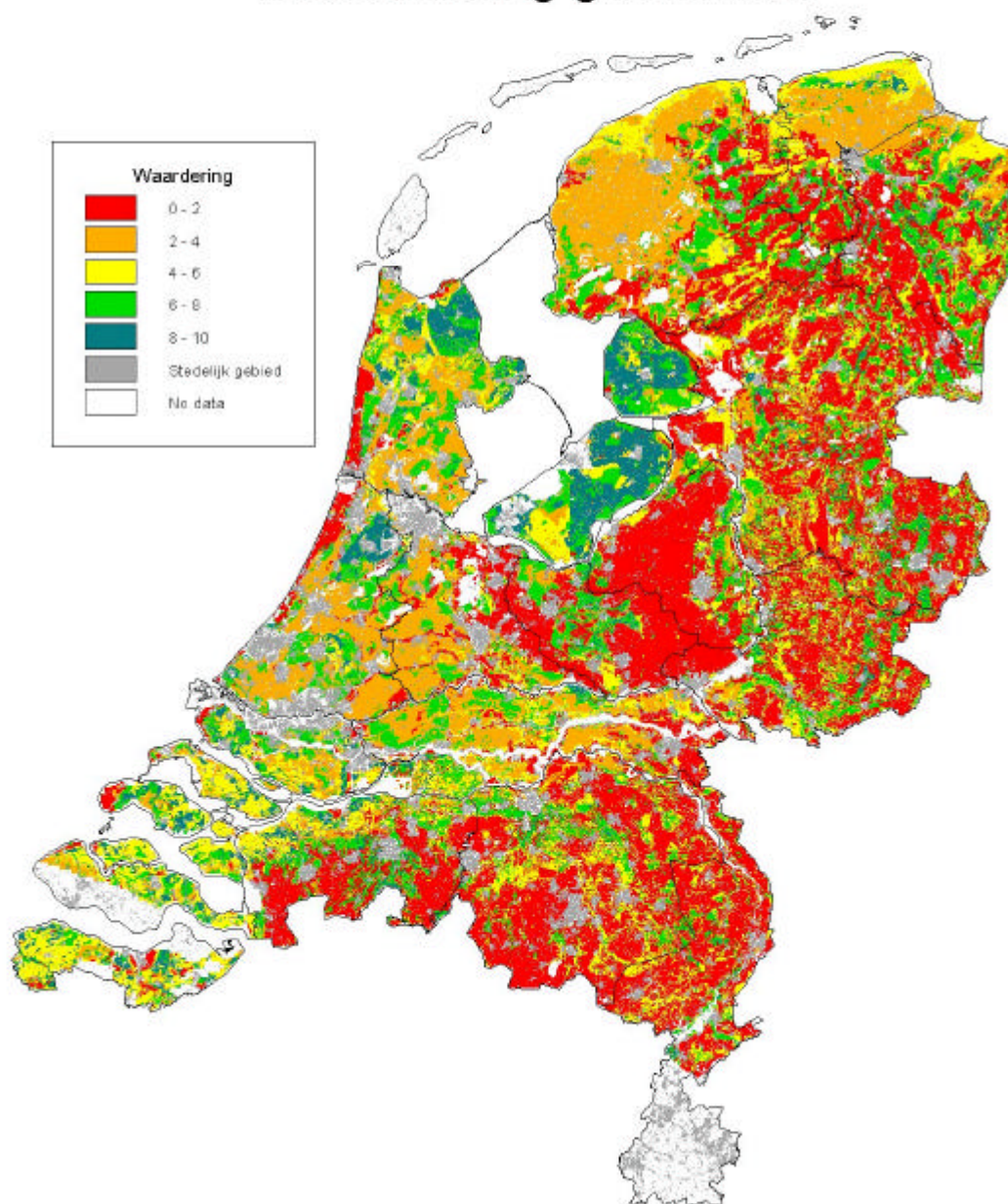
Tabel 11 Waarderingstabel 'waterconservering in het oppervlaktewater'

afstand van waterlopen	helling		
	gering (< 0.025°)	gemiddeld (0.025°-0.25°)	groot (>0.25°)
open water	10	10	10
klein < 75 m	10	8	6
vrij klein 75 - 150 m	8	6	4
vrij groot 150-300 m	6	4	2
groot > 300 m	4	2	0

De gegevens uit de hierboven beschreven kaarten c.q. bestanden zijn getoetst aan de waarderingcijfers in Tabel 10 respectievelijk Tabel 11, waarna landsdekkende kaarten zijn samengesteld waarop de kansrijkdom van 'conserveren in het grondwater' en 'conserveren in het oppervlaktewater' is weergegeven; zie Figuur 7 en Figuur 8.

⁸ Een uitzondering hierop vormt het veenkoloniale gebied met de relatief brede wijken.

Conservering grondwater

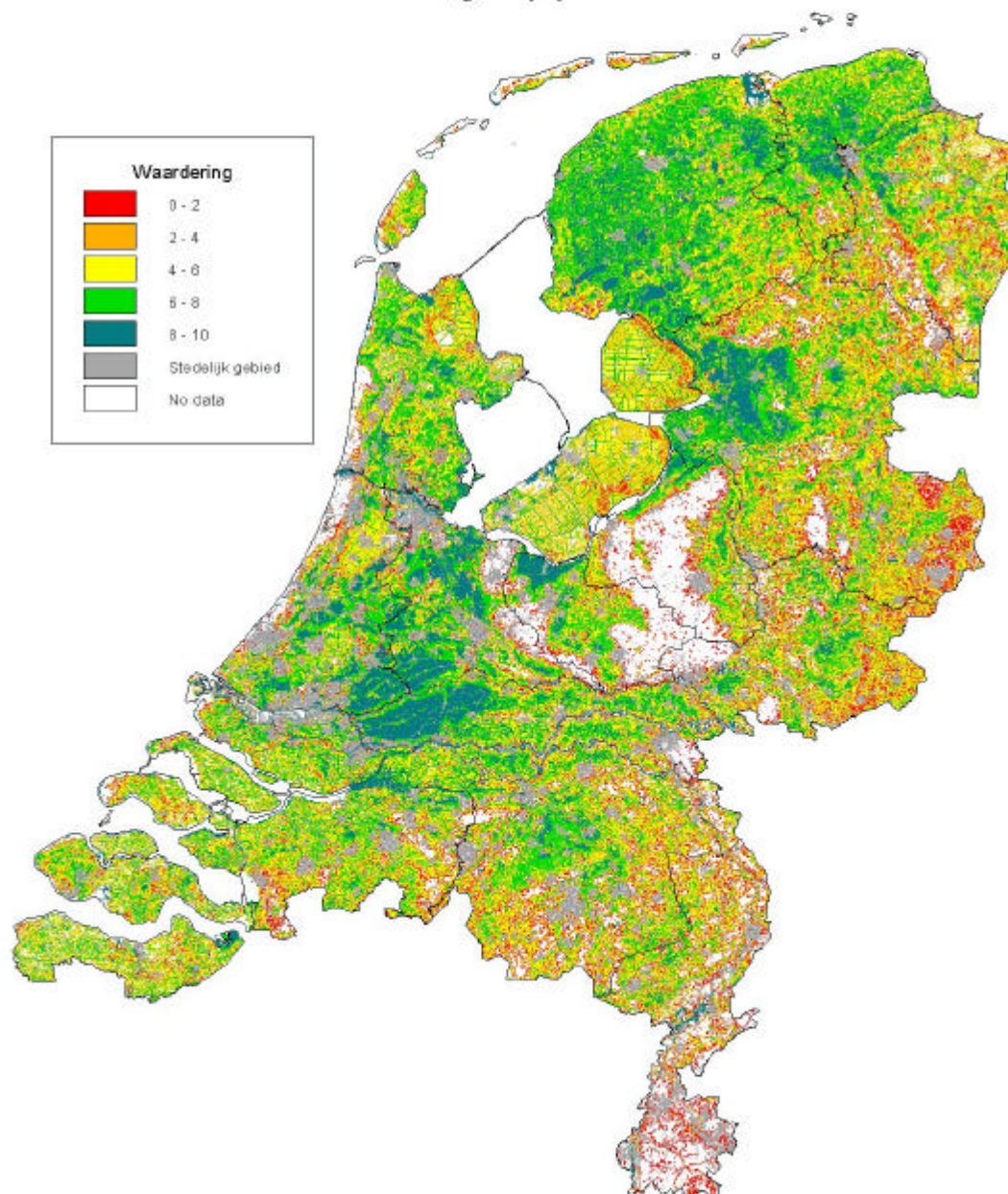


Figuur 7 Landsdekkende kaart met de kansrijkdom van 'conservering in grondwater'

Figuur 7 kan moeilijk op grond van louter 'expert judgement' worden geïnterpreteerd. De waarderingsniveaus kunnen alleen worden verklaard door Figuur 7 te vergelijken met de onderliggende kaarten waarin verklarende variabelen als kwel/wegzijing landsdekkend en op dezelfde schaal zijn weergegeven. Uit discussies met deskundigen over de voorlopige resultaten is gebleken dat bij interpretatie al deze kaarten be-

schikbaar moeten zijn. Op het eerste gezicht geeft de kaart voor hoog-Nederland een nogal pessimistisch beeld. Dit geldt met name voor gebieden waar sprake is van (sterke) wegzijging (zie Figuur 6). In de meeste gebieden met sterke wegzijging (Gt VII* en Gt VIII) is conservering echter niet aan de orde, omdat het neerslagoverschot in deze gebieden praktisch geheel via de diepere ondergrond wordt afgevoerd. Op zichzelf is dit een gunstig effect omdat de hoeveelheid grondwater plaatselijk wordt vermeerderd, maar de doelstelling van conserveren, namelijk het ter plekke profiteren van gebiedseigen water, wordt niet bereikt. Gebieden met sterke wegzijging zijn daarom, ondanks een grote bergingscapaciteit, voor conservering minder geschikt en geven de kaart een hoger 'roodgehalte' dan wellicht verwacht zou worden; een kwestie van concepten en uitgangspunten. Als in de gebieden met lage waardering wegens wegzijging sprake is van wateraanvoer verhoogt dit de mogelijkheid om te conserveren. Bij deze studie is wateraanvoer echter buiten beschouwing gelaten omdat wateraanvoer geen ruimtelijke maatregel is en omdat het niet strookt met het beginsel om problemen binnen het eigen stroomgebied op te lossen (niet afwentelen). De waarderingen worden immers bepaald door geohydrologische parameters die op korte afstand sterk uiteen lopen en die zich, op landsdekkende schaal, moeilijk lenen voor 'intuïtieve' interpretatie. Op sommige locaties (waddeneilanden, Zeeland, Zuid-Limburg) waren onvoldoende geohydrologische gegevens beschikbaar om een analyse uit te voeren.

Conservering oppervlaktewater



Figuur 8 Landsdekkende kaart met de kansrijkdom van 'conservering in oppervlaktewater'

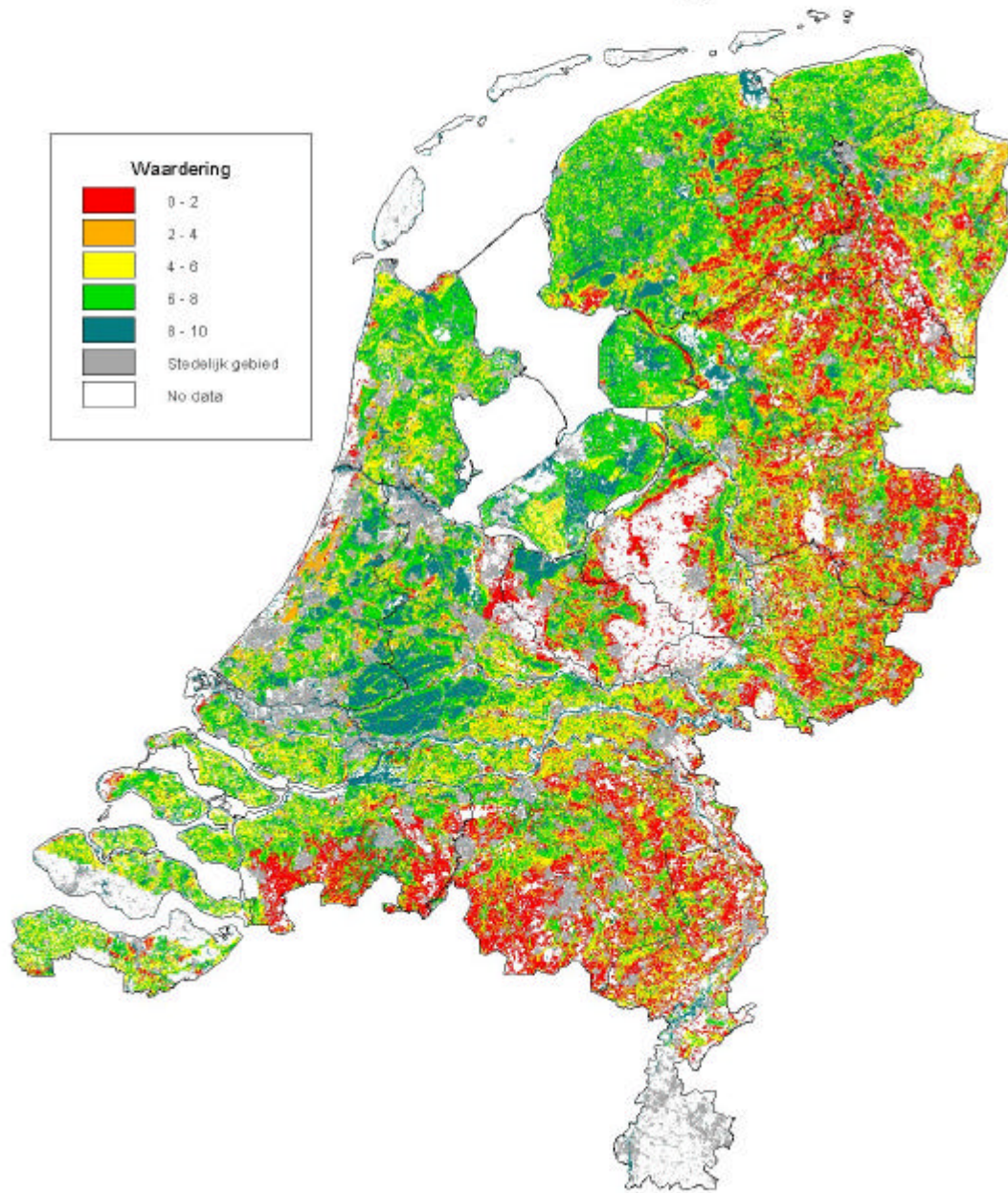
De resultaten op deze kaart zijn intuïtief, want zij worden slechts bepaald door twee variabelen: de afstand van waterlopen en de helling. Open water en percelen met zeer geringe slootafstanden krijgen hierdoor een hoge waardering; beken met grote hellingen en/of een lage dichtheid van waterlopen een lage.

3.4.4 Integratie tot één conserveringskansenkaart

Omdat de uiteindelijke 'conserveringskansenkaart' een evenwichtige optelsom moet zijn van de kansrijkdom in het oppervlaktewater en het grondwater zijn deze kaarten getalsmatig geïntegreerd op basis van de berekende bergingscapaciteiten in mm. Figuur 7 geeft de berging in mm water tussen het maaiveld en de Gemiddelde VoorjaarsGrondwaterstand (GVG). Voor het oppervlaktewater (Figuur 8) is eveneens de potentiële berging in mm water bepaald⁹. Voor elke gridcel (250×250m) is berekend welke fractie van de bergingscapaciteit voor rekening komt van het oppervlaktewater en welke van het grondwater, waarna de potentiële berging in het oppervlaktewater en het grondwater met genoemde fracties als wegingsfactoren zijn gesommeerd. Op deze wijze is een kaart geproduceerd waarop conserveringskansen in hoog- en laag-Nederland getalsmatig vergeleken kunnen worden. De kaart is afgebeeld in Figuur 9; informatie over hectares en waarderingen in Tabel 12.

⁹ Voor elke landschapsregio is de gemiddelde natte doorsnede van waterlopen afgeleid uit Van der Gaast en Van Bakel (1997). Uit de dichtheidskaart van de waterlopen is voor elke 250×250m gridcel de lengte aan waterlopen bepaald. Combinatie van deze gegevens geeft de potentiële berging in het oppervlaktewater in mm.

Waterconservering



Figuur 9 Landsdekkende kaart met de kansrijkdom voor 'conservering'

In Figuur 9 zijn alleen waarderungen op kaart gezet als er zowel voor conservering in het oppervlaktewater als voor conservering in het grondwater een waardering kon worden gespecificeerd. Deze waarderungen zijn in Figuur 9 gemiddeld. In de uiteindelijke kaart zijn mede hierom veel 'rode arealen' verdwenen ('no data'), of hebben zij wegens de middeling een hogere waardering gekregen. De kansrijkdom van 'conservering' wordt besproken aan de hand van informatie in Tabel 12.

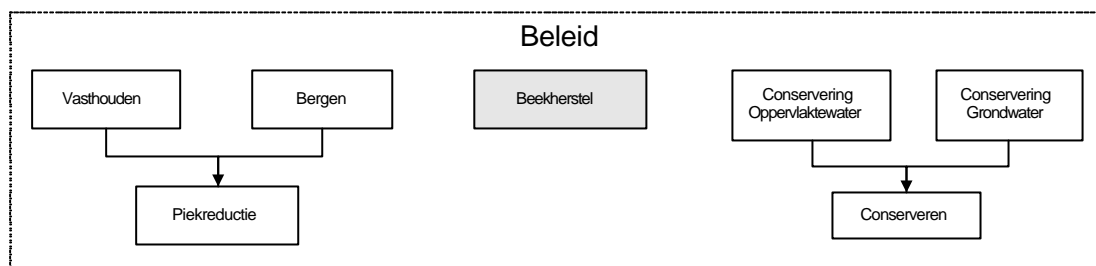
Tabel 12 Kansrijkdom voor Conservering in hectares, uitgesplitst per landschapsregio (boven) en per deelstroomgebied (onder)

Landschapsregio	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	totaal (ha)
Duinen en strandwallen	5356	0	206	356	8081	56	456	344	4425	200	763	20244
Zeekleigebied	2888	3875	4119	6638	27100	58831	108406	143019	81200	45388	16213	497675
Water	19	0	6	0	94	0	19	6	50	25	6	225
Pleistocene gebieden	64513	45019	29250	23669	20406	31781	32431	44300	25969	14881	3400	335619
Laagveengebied	1913	2719	3319	5231	15263	23331	21088	52144	32556	46500	23888	227950
Stedelijk gebied	1363	6	13	100	569	88	438	281	575	200	156	3788
Hoogveen(ontginnings)landschap	3644	5744	7363	7606	11125	15000	24556	19650	17119	3763	3900	119469
Zandgebied	152269	82831	52931	39931	43881	61363	93425	84513	61675	24706	6100	703625
Droogmakerijen	1044	1781	1056	1500	6494	9075	30281	37350	71506	25950	18606	204644
Rivierengebied	7794	8006	7038	12675	14725	37794	40419	41163	35256	17800	10506	233175
Stuwwallen	45906	2575	1038	956	188	5913	2375	2669	594	144	150	62506
totaal (ha)	286706	152556	106338	98663	147925	243231	353894	425438	330925	179556	83688	2408919

Deelstroomgebied	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	totaal (ha)
Achterhoek	26056	14263	9413	9950	10538	15325	21500	15238	13431	4031	838	140581
Amstelland	6750	1456	1700	3038	6288	9731	9538	18663	15019	16981	6300	95463
Oost Groningen – Drenthe	19794	12294	8781	8038	13719	20100	27213	24744	16381	5681	3363	160106
Friesland	9281	12844	11863	10556	15600	31344	40294	87200	35688	30225	10456	295350
Gelderse Vallei	12656	3531	2513	2656	2656	3675	5994	7225	8756	4444	6119	60225
Ijsselmeerpolders	850	1294	650	500	2400	2738	16419	17800	39394	17138	10844	110025
Limburg	26475	10019	7625	5231	5313	9663	11819	6513	4669	1125	831	89281
Noord Holland	2456	463	500	1313	9075	13900	23075	30613	33944	11056	6488	132881
Oost Brabant	55613	28775	18075	12969	13981	19044	32038	26188	18875	4788	2581	232925
Rivierengebied	5363	4581	4119	7019	7406	21525	23756	21156	19544	15488	11131	141088
Vecht	68481	37725	24144	22931	23838	43694	47569	52050	35306	18650	5338	379725
Veluwe	18875	3706	2600	1894	2575	5325	7244	7981	8063	2800	1525	62588
West Brabant	23413	14863	8163	4788	5875	8100	15950	20919	14281	7031	1938	125319
West Groningen – Drenthe	4813	4175	3706	2825	6288	12188	15706	31656	13675	12525	2794	110350
Zeeland	2175	1781	1638	1650	3563	10744	28700	21450	18875	5775	2256	98606
Zuid Holland	2544	544	581	2356	14625	9531	12381	19731	23631	18194	8569	112688
Zuid Hollandsche Eilanden	1119	244	269	950	4188	6606	14700	16313	11394	3625	2319	61725
totaal (ha)	286713	152556	106338	98663	147925	243231	353894	425438	330925	179556	83688	2408925

In deze tabel ontbreken arealen met grote open wateren, waaronder meren. Waterconservering in laagveengebieden lijkt in principe geen enkel probleem. Tegenover een claim van 54.000 ha, afkomstig uit de nota 'Water voor een vitaal platteland' (Ministerie van LNV; 1999) staat ruim 70.000 ha met waardering 9 of 10.

3.5 Beekherstel (hermeanderen)



3.5.1 2.2.1. Definitie

Beekherstel wordt in deze studie gedefinieerd als hermeandering en herprofilering van beken. Hierbij gaat het om herstel van de historische situatie, voor zowel de ligging van de beek als de dynamiek van het afvoerregime. Dit heeft tot gevolg dat het afvoerregime van een thans rechtgetrokken beek verandert, en daarmee de grondwaterdynamiek in het beekdal.

3.5.2 Oplossingsrichting

In Tabel 13 zijn maatregelen gegeven waarmee beekherstel kan worden gerealiseerd.

Tabel 13 Maatregelen rond het thema beekherstel

doelstelling	Waterhuishoudkundige ingreep	maatregel en bijbehorend onderdeel van, c.q. fysisch proces in het hydrologische systeem	aard en locatie van de maatregel	
			laag-NL (peilbeheerst)	hoog-NL (vrij afwaterend)
Beekherstel	Verandering afvoer-karakteristiek en bergings-karakteristiek	beekloop verondiepen en vergraven		I
		kaden verwijderen of verplaatsen		I
		vergroten van de lengte van de beek		I
		aangepast onderhoud		B

3.5.3 De kansrijkdom van oplossingen

De mogelijkheden tot beekherstel worden bepaald door de aard van het bodemmateriaal en de erosiekracht van de beek, die op zijn beurt wordt bepaald door de grootte van de afvoer en de gradiënt. Het bodemmateriaal is in hoge mate bepalend voor het wel of niet 'vastleggen' van de beekbedding. Zand en löss zijn materialen die relatief gemakkelijk kunnen eroderen omdat deze materialen een geringe structuurstabiliteit hebben. Veem en klei hebben een grotere structuurstabiliteit en zijn daardoor moeilijk erodeerbaar. De grootte van de erosiekracht wordt bepaald door de stroomsnelheid van het water. De stroomsnelheid wordt in belangrijke mate bepaald door de helling

en de afvoer van de beek. Afhankelijk van de valleihelling en de afvoer zal er een evenwichtsituatie ontstaan tussen de valleihelling, afvoer en sinuositeit van de beek (de lengte van de beek gedeeld door de lengte van de vallei).¹⁰ (Van der Gaast, 2001).

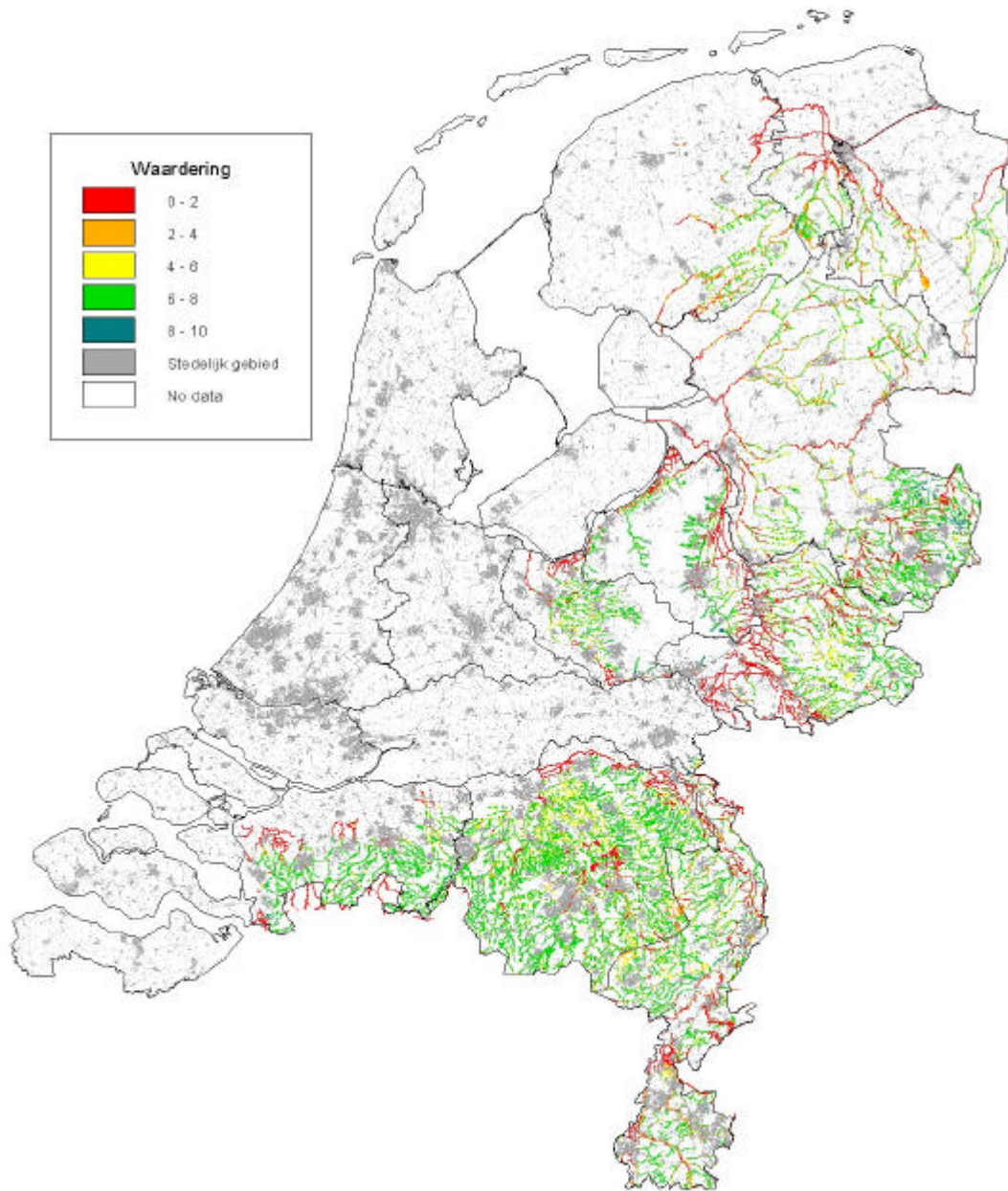
Het ontbreekt echter aan landsdekkende informatie over beekafvoeren. Daarom is besloten alleen de valleihelling en het bodemmateriaal te gebruiken als bepalende variabelen voor de kansrijkdom voor hermeandering; zie Tabel 13.

Tabel 14 Gradatie in de kansrijkdom van hermeandering

Bodemtype	valleihelling		
	gering ($<0.025^\circ$)	gemiddeld ($0.025^\circ-0.25^\circ$)	groot ($>0.25^\circ$)
Zand	6	8	10
Löss	4	6	8
Veen	2	4	6
Klei	0	2	4

¹⁰ Als de beeklengte bijvoorbeeld 1,5 maal zo groot is als de lengte van de vallei, is de sinuositeit 1,5.

Beekherstel



Figuur 10 Landsdekkende kaart met de kansrijkdom voor beekherstel

De kaart toont dat er in hoog-Nederland vele mogelijkheden zijn voor beekherstel, enkele regio's aan de periferie van het zandgebied uitgezonderd. Hier liggen dus vele kansen om bijdragen te leveren aan het realiseren van de wateropgaven.

3.6 Waterkwaliteit in relatie tot waterbeheersmaatregelen

De kwaliteit van grond- en oppervlaktewater wordt bepaald door de huidige of toekomstige chemische samenstelling, in het licht van de gewenste chemische samenstelling. In deze studie is aandacht besteed de nutriënten stikstof en fosfaat, gewasbeschermingsmiddelen, het percentage gebiedsvreemd water en het chloridegehalte.

3.6.1 Nutriënten

De N- en P-belasting van grond- en oppervlaktewater wordt voor een belangrijk deel bepaald door de intensiteit van het landgebruik. Deze intensiteit wordt begrensd door de huidige en voorgenomen milieuwetgeving. Het landgebruik wordt tevens bepaald door de ont- en afwatering en dus door de mate waarin vasthouden, bergen, conserveren van water en vernatten wordt geëffectueerd. Tenslotte wordt de kwaliteit van grond- en oppervlaktewater bepaald door processen die gerelateerd zijn aan de hydrologische omstandigheden. Op deze aspecten wordt hier nader ingegaan.

Relatie tussen intensiteit van landgebruik en N- en P-belasting van grond- en oppervlaktewater

In het kader van o.a. de evaluatie van het mestbeleid is onlangs door RIVM, RIZA en Alterra een landsdekkende studie uitgevoerd waarin voor een drietal bemestingsscenario's de N- en P-belasting op het freatisch grondwater en op het oppervlaktewater is berekend, bij continuering van het huidig landgebruik (berekeningen met het Stone-instrumentarium). Een voorlopig resultaat is dat met name in de droge delen van het zandgebied alleen aan de Europese Nitraatrichtlijn kan worden voldaan na een aanzienlijke extensivering van het graslandgebruik. Een andere bevinding is dat de P-belasting van het oppervlaktewater in grote delen van Nederland te hoog is en voorlopig ook zal blijven.

Relatie tussen landgebruik en ont- en afwateringssituatie

Na aanpassingen van de ont- en afwateringssituatie wegens implementatie van het recente waterbeleid zijn bepaalde vormen van landgebruik vanuit het gezichtspunt van economie en/of ecologie niet meer (goed) mogelijk. Welke vormen dit zijn en waar dit speelt is pas aan te geven als een regionaal gedifferentieerd pakket maatregelen wordt vastgesteld. Alleen in regionaal verband kan worden vastgesteld hoe de aldus bepaalde verandering in landgebruik uitwerkt op de N- en P-belasting van grond- en oppervlaktewater.

Uit de eerder aangehaalde Stone-berekeningen zijn relaties afgeleid tussen de grondwaterstand en de N- en P-belasting van het oppervlaktewater. Deze relaties bevestigen eerdere bevindingen dat hoge grondwaterstanden leiden tot een hogere P-belasting en dat de N-belasting daarbij zowel toe- of af kan nemen. Het is hierdoor mogelijk een kwalitatief beeld te schetsen of de ingrepen waarvoor in dit onderzoek kanskaarten zijn opgesteld een positieve, indifferente of negatieve invloed hebben de N- en P-belasting van de landbouw, gegeven een onveranderde intensiteit van het landgebruik.; zie Tabel 15. Of dit vervolgens leidt tot een ongewenste waterkwaliteit

kan echter alleen in regionaal verband worden vastgesteld. In globale zin kan er wel iets over worden gezegd. De kwaliteit van het oppervlaktewater zal in grote delen van het land onvoldoende blijven door blijvend te hoge P-belastingen; de veranderingen in het waterbeheer hebben daar in het gunstigste geval geen positieve invloed op. Een uitzondering is het veenweidegebied: vooral vernatting leidt tot vertraging van de mineralisatie van het veen en dus tot een vermindering van de P-belasting van het oppervlaktewater (Hendriks, 1992). Vernatting heeft wel een positieve invloed op het nitraatgehalte in het grondwater, maar vernatting als instrument om beter te kunnen voldoen aan de nitraatrichtlijn is weinig effectief.

Tabel 15 Kwalitatieve aanduiding van verandering van de N- en P-belasting van de landbouw, als gevolg van ingrepen in de waterhuishouding (- = minder belasting; 0 = indifferent en + = meer belasting)

Hydrologische ingreep	Belasting op grondwater		Belasting op oppervlaktewater	
	N	P	N	P
Water vasthouden	0	n.v.t.	0	0
Water conserveren	0	n.v.t.	-	0
Water bergen	0	n.v.t.	?	?
Vernatting	-	n.v.t.	-	+
Beekherstel	0	n.v.t.	+ ¹¹	+

Uit bovenstaande analyse kan worden geconcludeerd dat een verandering van de waterhuishouding bijna nooit kan worden gezien als een middel om de waterkwaliteit voor het aspect nutriënten te verbeteren maar dat de consequenties van waterbeheersmaatregelen voor de waterkwaliteit wel in beeld kunnen worden gebracht.

3.6.2 Gewasbeschermingsmiddelen

Het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen is in de landbouw weliswaar sterk gereduceerd maar zal voor bepaalde vormen van grondgebonden landbouw nooit helemaal verdwijnen. Ondanks een veelheid aan maatregelen blijft het risico van belasting van grond- en oppervlaktewater bestaan. Dat betekent dat bij de planning van landgebruik bepaalde vormen van landbouw op sommige locaties minder gewenst zijn omdat benedenstrooms kwetsbare vormen van landgebruik voorkomen. Teelten met de grootste risico's voor belasting als akkerbouw, boomteelt, fruitteelt en bloembollenteelt moeten op deze locaties worden geweerd. Alleen op grond van een gedegen watersysteemanalyse zijn locaties voor deze vormen van bodemgebruik aan te wijzen (en die zijn in een aantal gevallen al aangewezen, zie het SGR2). Glastuinbouw valt hierbuiten omdat wordt aangenomen dat hier met gesloten systemen wordt gewerkt.

Een belangrijke vraag is of maatregelen in het kader van de WB21-trits (vasthouden-bergen-afvoeren) en de aanpak van verdroging en beekherstel invloed hebben op de risico's van belasting; indicaties van dit risico zijn gegeven in Tabel 16. Bij het vasthouden van water neemt de kans op oppervlakkige afstroming tijdens een extreme periode toe waardoor toegediende middelen via snelle routes het oppervlaktewater

¹¹ Beekherstel leidt tot verminderde drainage door de beek ten gunste van de kleinere waterlopen waardoor de verblijftijden korter worden en er minder stikstof in de verzadigde zone wordt afgevoerd.

kunnen bereiken. De kans hierop is echter vrij klein; de risico's zijn bij bergen en vernatten aanzienlijk groter. Bij bergen bestaat tevens het gevaar dat gewasbeschermingsmiddelen een belasting vormen voor benedenstrooms gelegen grondwatersystemen.

Tabel 16 Kwalitatieve aanduiding de risico's van belasting met gewasbeschermingsmiddelen (- is minder belasting; 0 is indifferent en + is meer belasting)

Hydrologische ingreep	Risico van belasting watersysteem	
	grondwater	oppervlaktewater
water vasthouden	0	0/+
water conserveren	0	0
water bergen	+	+
vernatten	0	+
beekherstel	0	0

3.6.3 Gebiedsvreemd water

Het percentage gebiedsvreemd water wordt bepaald door de mogelijkheden en daadwerkelijke benutting van wateraanvoer voor peilhandhaving, doorspoelen en beregenen, de meteorologische omstandigheden en de mogelijkheden om gebruik te maken van het neerslagoverschot in de winter. De mogelijkheden van wateraanvoer zijn voor SGR2 een gegeven evenals de meteorologische omstandigheden. De overige aspecten zullen hierna apart worden behandeld.

Functie van wateraanvoer

De doelstellingen van wateraanvoer zijn:

- peilhandhaving in de zomer om te voorkomen dat de oppervlaktewaterstand daalt beneden het door de waterbeheerder vastgestelde streefpeil;
- verlaging van het zoutgehalte van het oppervlaktewater;
- het faciliteren van beregening uit het oppervlaktewater;
- het verbeteren van de kwaliteit van het oppervlaktewater in gebieden met een hoge interne belasting.

De effecten op de waterkwaliteit verschillen aanzienlijk, maar de algemene beleidslijn is dat de mate van wateraanvoer zoveel mogelijk moet worden gereduceerd ('regio's op eigen waterkracht'). Kwalitatief is aan te geven of de ingrepen waarvoor kansencarten zijn opgesteld (bij onveranderd landgebruik) een positieve, indifferente of negatieve invloed hebben op de wateraanvoerbehoefte; zie Tabel 17. Bij conserveren en vernatten neemt de behoefte om water aan te voeren af, en daarmee het gevaar van ongewenste chemische belastingen.

Tabel 17 Kwalitatieve aanduiding van verandering in wateraanvoerbehoefte, als gevolg van ingrepen in de waterhuishouding (- is minder aanvoer; 0 = indifferent; + = meer aanvoer)

Hydrologische ingreep	effect op wateraanvoer
water vasthouden	0
water conserveren	-
water bergen	0
vernatten	-
beekherstel	0

Chloride

Het chloridegehalte in het oppervlaktewater wordt voor een belangrijk deel bepaald door de intensiteit en het zoutgehalte van brakke of zoute kwel in relatie tot de aanvoer van gebiedsvreemd water. Het chloridegehalte van de kwel is een gegeven; de intensiteit van brakke of zoute kwel wordt in de regel voor slechts een klein deel bepaald door het waterbeheer. Alleen in het noordelijk kleigebied leidt een structurele verhoging van de oppervlaktewater- en grondwaterstand (i.c. vernatten) tot een significante verlaging van de kwelintensiteit.

Bij vormen van landgebruik die eisen stellen aan het chloridegehalte van het oppervlaktewater en die zijn gesitueerd in gebieden met zoute of brakke kwel is tijdens het groeiseizoen in de regel aanvoer van gebiedsvreemd water nodig. Voor dit zogenoemde doorspoelen zijn relatief grote hoeveelheden water nodig; deze kunnen door het conserveren van water waarvoor kansencarten zijn geproduceerd in beperkte mate worden verminderd. Het alternatief van het aanleggen van monofunctionele seizoensbergingsgebieden is meestal te kostbaar.

4 Kosten van de maatregelen

In Hoofdstuk 2 worden maatregelen besproken waarmee wateropgaven kunnen worden gerealiseerd (Tabel 2 (pag. 19); Tabel 4 (pag. 26) en Tabel 9 (pag. 34)). Deze maatregelen zijn soms globaal geformuleerd, zoals ‘verruimen van het oppervlaktewater’ of ‘herprofilen van het maaiveld’. Daarnaast zijn waarderingstabellen opgesteld waarin de kansrijkdom van maatregelen in kaart is gebracht (Tabel 3 (pag. 22); Tabel 5 (pag. 27); Tabel 10 (pag. 39); Tabel 11 (pag. 39)). In dit hoofdstuk worden de maatregelen nader ingevuld, gevolgd door een schatting van de ermee gepaard gaande kosten en de nat- en droogteschade in de landbouw. De analyses van de kosten van maatregelen en schade worden gemaakt voor de beleidsthema’s vasthouden, bergen, conserveren en beekherstel. Voor de analyse van kosten staan in principe twee manieren ter beschikking: *uitrekenen* of *gebruik maken van expertkennis*.

Uitrekenen

De eerste optie die ter beschikking staat, is om globale maatregelen te vertalen in concrete. De maatregelen moeten dan worden geformuleerd in fysieke termen als ‘met welke bewerking wordt het maaiveld geherprofileerd, welke waterlopen worden verruimd en hoe groot is die verruiming’, etc. Vervolgens wordt op grond van gebiedskenmerken een schatting gemaakt van de omvang van de te treffen maatregelen, bijvoorbeeld de lengte van een bepaalde klasse waterloop per hectare. De investeringskosten kunnen worden berekend door deze informatie te combineren met de Standaard EenheidsPrijs (‘SEP’; Dienst Landelijk Gebied, 2002a; 2002b) van de maatregel. Daarnaast moet een schatting worden gemaakt van de verwachte schade(verandering). Hiervoor moet informatie beschikbaar zijn over het grondgebruik en over de effecten van het gekozen maatregelpakket op grondwaterstanden.

Expertkennis

De tweede optie is om een aanpak te volgen, vergelijkbaar met de manier waarop de waarderingstabellen zijn opgesteld. Ook hiervoor is het nodig om een concreet beeld te hebben van de maatregelen. Zijn in de kansrijke gebieden wel altijd alle genoemde maatregelen nodig of wisselt dat, afhankelijk van gebiedskenmerken? Bij deze aanpak wordt geen poging gedaan om concrete kosten te berekenen, maar wordt met behulp van expertkennis ingeschat wat het gemiddelde niveau is van de kosten en waar de kosten, afhankelijk van gebiedskenmerken, hoger of lager zullen zijn. Ook de (veranderingen in de) schade moet(en) op een vergelijkbare manier boven tafel komen, en zo mogelijk ook de baten. Met deze aanpak ontstaat weliswaar geen nauwkeurig beeld van de kosten, maar ontstaat wel een goede indruk van de factoren die de kosten bepalen, en het ruimtelijke beeld van de kosten.

Vanwege de grote onderzoeksinspanning die voor de eerste mogelijkheid is vereist wordt in dit onderzoek de tweede optie uitgewerkt. Een landsdekkende bepaling van de benodigde intensiteit van maatregelen en van de grondwaterstandveranderingen die hier het gevolg van zijn, is te bewerkelijk om binnen het tijdsbestek van dit project uit te kunnen voeren.

Bij bepaling van de kosten kan onderscheid worden gemaakt in:

- eenmalige investeringskosten, bijvoorbeeld aanpassingen aan waterlopen, kades, stuwen en dergelijke;
- eenmalige verwervingskosten;
- exploitatiekosten op jaarbasis (onderhoud aan nieuwe infrastructuur);
- jaarlijkse maatschappelijk-economische kosten (verlies van netto toegevoegde waarde, door bijvoorbeeld overgang van landbouw naar natuur, of productieverliezen in de landbouw).

Om de verschillende kostenposten te kunnen vergelijken zou van elk van deze posten de contante waarde (=het te reserveren bedrag op dit moment) bepaald moeten worden. Gegeven het verkennende karakter van de kostenschatting worden in dit onderzoek echter slechts de investeringskosten en de schades in beschouwing genomen. Het omrekenen naar contante waarden die vergeleken kunnen worden zou een nauwkeurigheid suggereren die in dit onderzoek niet aan de orde is. Indien mogelijk worden ook de eventuele baten genoemd. Een nadere onderbouwing van de kosten wordt gegeven in Aanhangsel 3.

4.1 Vasthouden

De beleidsoptie ‘vasthouden’ is erop gericht om pieken in de afvoer van water aan de uitgang van regionale watersystemen te beperken en zo mogelijk te voorkomen (zie de begrippenlijst in Aanhangsel 1). Dit kan worden bereikt door het vertragen van de afvoer en/of het vergroten van het bergend vermogen. In Tabel 18 zijn voor beide opties de mogelijke maatregelen weergegeven, afkomstig uit hoofdstuk 2. Aan deze tabel is een kolom toegevoegd met schattingen van de kosten.

Voor de bepaling van de kosten van ‘vasthouden’ wordt onderscheid gemaakt tussen hoog- en laag-Nederland. Uit Tabel 18 blijkt dat voor ‘vasthouden’ vooral investeringen nodig zijn in hoog-Nederland. Het knijpen van de ontwatering is duurder naarmate er meer waterlopen zijn. De hellingklasse van gebieden is niet van invloed op de kosten van de maatregelen; de effectiviteit is daar geringer maar dat is al verwerkt in de waarderingstabel. In hoog-Nederland wordt vooral geïnvesteerd in het verdiepen van de bodem van secundaire en tertiaire waterlopen en het aanbrengen van kleine debietreducerende kunstwerken. Daarnaast worden greppels gedempt.

Bij bemalen gebieden in laag-Nederland vallen de kosten aanzienlijk lager uit: gemalen moeten tijdelijk met lagere capaciteit draaien of worden uitgeschakeld (maalstop) waardoor de afvoer van een neerslagpiek over een langere periode wordt uitgesmeerd. Hierbij zijn geen kosten te verwachten voor aanpassing van de infrastructuur. Bovendien zijn enkele beheersmaatregelen relevant en moeten greppels gedempt worden.

De maatregel ‘realisatie van meer oppervlaktewater’ wordt in deze analyse van de kosten niet meegenomen omdat nauwelijks is aan te geven in welke mate deze maatregel wordt ingezet. Bij de overige maatregelen wordt een inzet van 100% verondersteld, maar dat is bij het realiseren van meer oppervlaktewater niet realistisch.

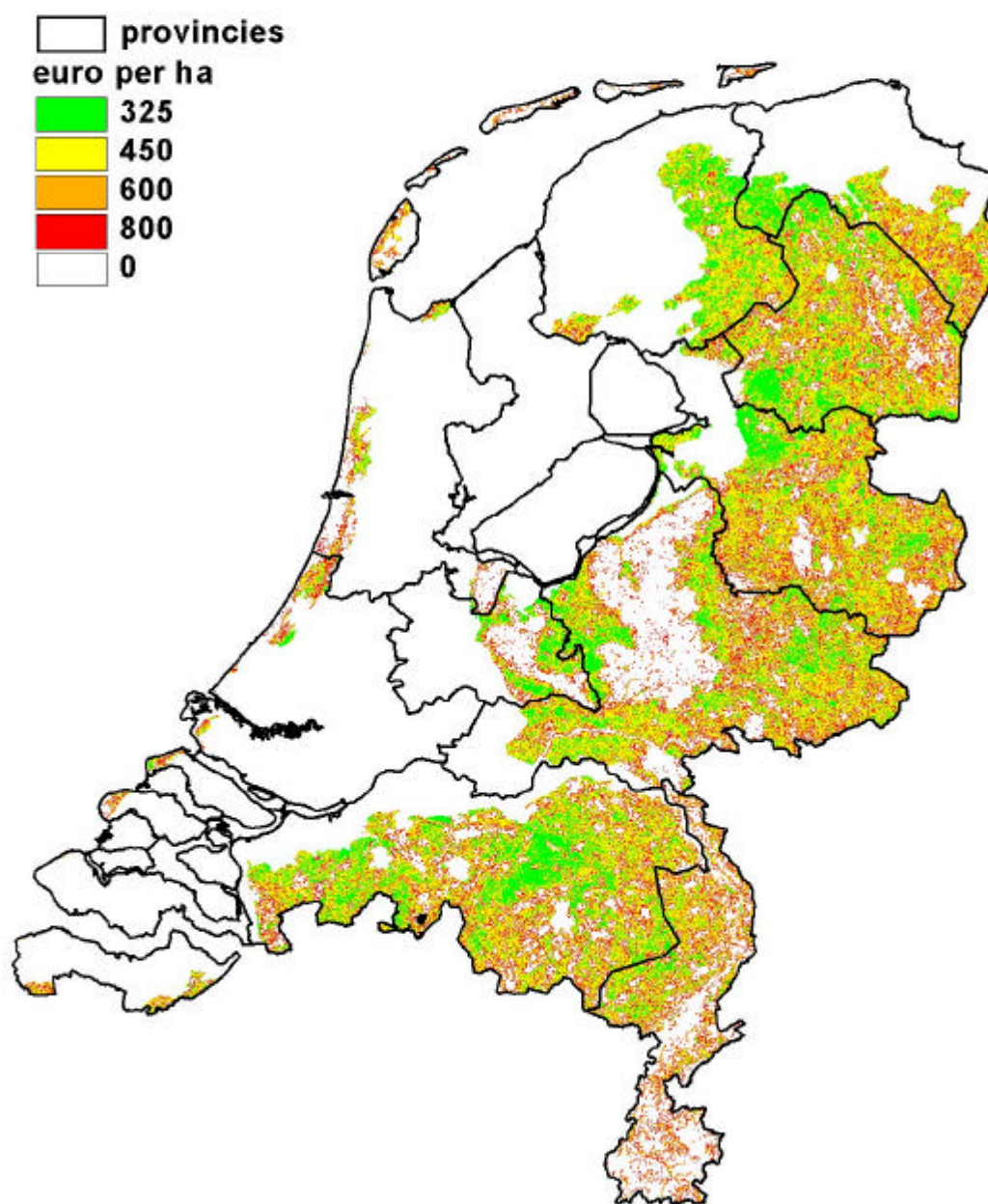
Tabel 18 Maatregelen en kosten voor de beleidsoptie 'vasthouden'. B= beheersmaatregel, I = Inrichtingsmaatregel, laag-Nederland: peilbeheerst; hoog-Nederland: vrij afwaterend, zie Figuur 15.

Hydrologische werking	maatregel	aard en locatie		kosten
		laag-NL	hoog-NL	
vertragen van de afvoer	extensiveren van het onderhoud van waterlopen	B	B	het betreft beheersmaatregelen die soms wat extra kosten met zich mee brengen (extra grondbewerkingen en extra stuwbeheer), maar soms ook minder kosten, zoals extensiveren van het onderhoud van waterlopen en tijdelijke maalstops. dit zijn kleine kostenposten die niet gekwantificeerd zijn.
	infiltratieverhogende grondbewerking	B	B	
	beheer van 'boerenstuw-tjes'		B	
	tijdelijke maalstop van kleine gemalen	B		
	aanleg van kleine debietreducerende kunstwerken (stuw-tjes, duikers) in tertiaire en secundaire waterlopen ('knijpen' van de detailafwatering)		I	het gaat hier om een licht pakket van maatregelen waarbij de kosten vooral afhankelijk zijn van de dichtheid waterlopen. Daarbij worden de volgende bedragen gehanteerd in €/ha (tussen haakjes de dichtheidsklasse van waterlopen): 250 (groot); 150 (vrij groot), 100 (vrij klein), 75 (klein).
dempen van greppels	I	I	uitgaande van een gemiddelde greppeldichtheid is deze post geschat op €50/ha, inclusief de aanvoer van de benodigde grond.	
vergroten van het bergend vermogen	realisatie van meer oppervlaktewater (niet-afvoerend)	I	I	dit betekent in feite de aanleg van open water op plaatsen waar eerst grasland, bouwland of natuur was. uitgaande van een ontgravingsdiepte van 1 m bedragen de kosten ca. €200.000/ha te realiseren water (inclusief grondaankoop). Onzeker in welke mate deze maatregel nodig is; daarom geen nadere kostenbepaling.
	verlaging van peil in tertiaire en secundaire waterlopen	B		andere peilinstelling van gemalen, wordt met bestaande middelen gerealiseerd
	verdiepen van bodem van secundaire en tertiaire waterlopen		I	het verdiepen van waterlopen is een beperkte vorm van herprofilieren. de kosten zijn afhankelijk van de dichtheid van deze waterlopen, in €/ha (tussen haakjes de dichtheidsklasse): 500 (groot), 400 (vrij groot), 300 (vrij klein), 200 (klein).

In Figuur 11 zijn de investeringskosten van de beleidsoptie 'vasthouden' op een landsdekkende kaart weergegeven. Substantiële investeringskosten zijn alleen nodig in vrij afwaterende gebieden. Het gaat daarbij om het dempen van de greppels en aanpassingen in de detailontwatering; verdiepen en installatie van debietreducerende kunstwerken. Bij een grotere dichtheid aan waterlopen zijn hogere investeringen noodzakelijk. Vergelijking van Figuur 11 met de kaart die een landsdekkend beeld geeft van de kansrijkdom van 'vasthouden' (Figuur 2; pag. 23) laat overigens zien dat

de 'kostenkaart' geen informatie geeft over deze kansrijkdom. Beide kaarten moeten in samenhang worden bestudeerd.

Investeringskosten Vasthouden



Figuur 11 Investeringskosten van de beleids optie 'vasthouden'.

4.2 Bergen

In Tabel 19 worden schattingen gegeven van kosten van maatregelen die in Hoofdstuk 2 zijn geformuleerd. In hoog-Nederland zijn de hoogste kosten gemoeid met vergroten van de bergingscapaciteit in de A-waterlopen door middel van herprofilen, en de aanleg van kunstwerken als schuifstuwen en drijvende stuwen. Daarnaast kunnen, vaak benedenstrooms, bergingsgebieden worden aangelegd door middel van het ontkaden van waterlopen, het afgraven van het maaiveld of het afbakenen van een gebied met kades. Deze laatste opties zijn ook toepasbaar in laag-Nederland, waar berging gerealiseerd worden door beheersmaatregelen: extensivering van het onderhoud van A-waterlopen en tijdelijke maalstops.

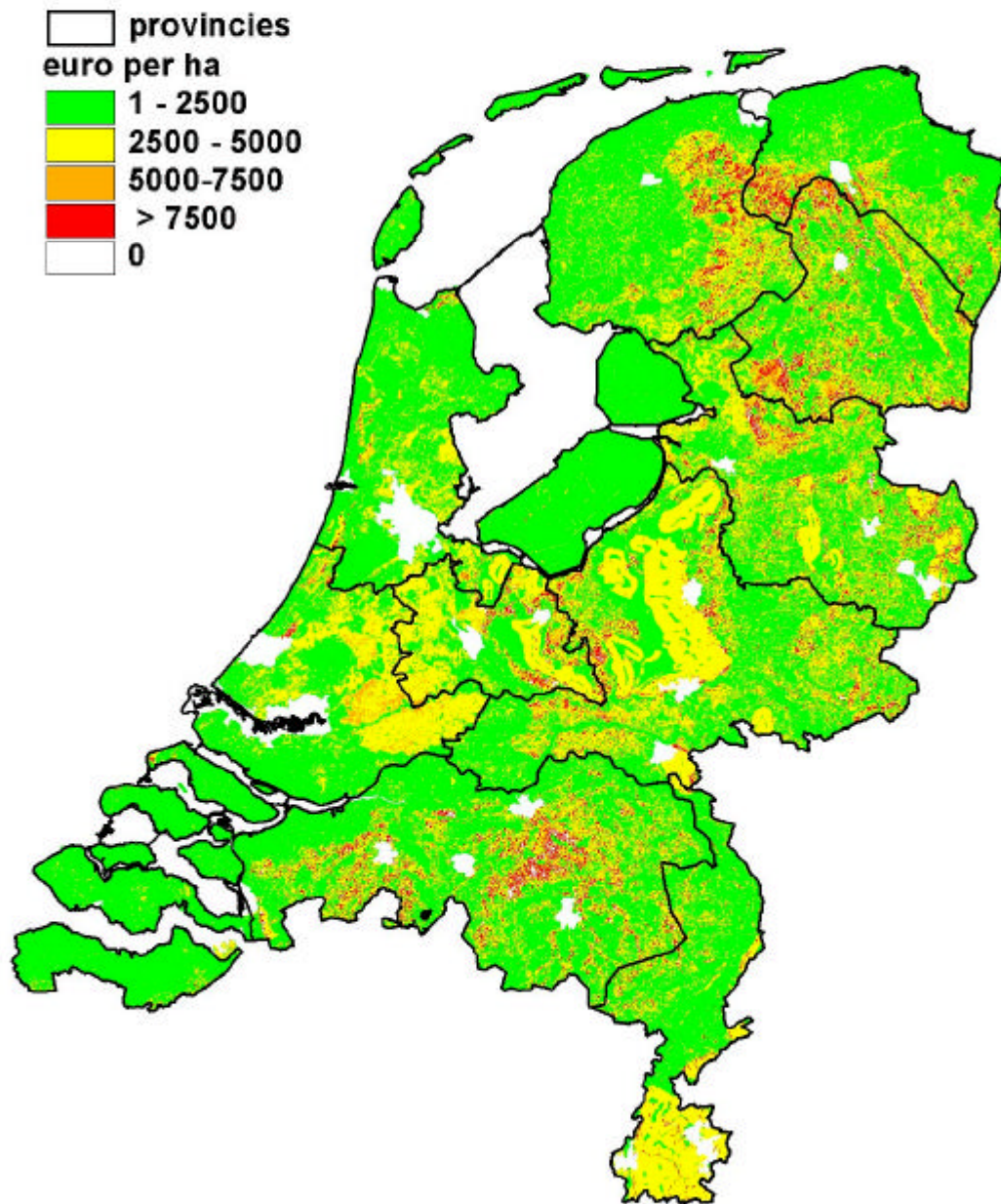
Tabel 19 Maatregelen en kosten voor de beleidsoptie Bergen (piekberging, retentie).

Hydrologische werking	maatregel	aard en locatie		kosten
		laag-NL	hoog-NL	
Vertragen van de afvoer	extensiveren van het onderhoud van A-waterlopen	B	B	zal een beperkte besparing op de onderhoudskosten van waterlopen opleveren.
	'knijpen' van A-waterlopen door installatie van bijvoorbeeld schuifstuwen, drijvende stuwen en dergelijke		I	dit zijn speciale stuwen die in de A-waterlopen (de grotere waterlopen, in beheer bij het waterschap) worden geïnstalleerd. de kosten zijn afhankelijk van dichtheid van A-waterlopen en de hellingklasse. gemiddeld kost zo'n stuw €50.000. dit betekent dat de kosten per m waterloop bedragen (per hellingklasse): €50 (gering), €100 (gemiddeld) en €250 (groot).
	tijdelijke maalstop	B		deze maatregelen zullen het beheer wellicht iets bemoeilijken, maar niet leiden tot een substantiële verhoging van de kosten.
	tijdelijke verhoging van stuwen		B	
Vergroten van het bergend vermogen	herprofilering van A-waterlopen	I	I	Het betreft ook hier de A-waterlopen. de kosten zijn afhankelijk van de dichtheid ervan; de kosten begroot op gemiddeld €60 per meter.
	ontkaden	I	I	Door ontkaden kunnen laaggelegen gebieden gebruikt worden als piekberginggebied. dit is ook mogelijk door afgraven van het maaiveld of aanleg van zo'n gebied met behulp van kades. de kosten zijn zeer afhankelijk van de gewenste omvang en de lokale omstandigheden, daarom niet nader bepaald.
	afgraven van het maaiveld	I	I	
	aanleg van piekberginggebieden	I	I	

In Figuur 12 zijn de investeringskosten van de beleidsoptie 'bergen' weergegeven. Hierin zijn de kosten voor ontkaden, afgraven van het maaiveld en aanleg van piekberginggebieden niet opgenomen vanwege de sterk locatiegebonden kosten van zulke maatregelen. De kosten voor de beleidsoptie 'bergen' kunnen aanzienlijk oplo-

pen. Vooral in gebieden met een grote dichtheid aan A-waterlopen die ook hellend zijn vragen investeringen van meer dan €5.000/ha. De kosten bestaan bij zwakhellende gebieden voor ongeveer de helft uit plaatsing van stuwen die de afvoer vertragen, en voor de andere helft uit kosten voor herprofilering van de waterlopen. Bij sterker hellende gebieden nemen de kosten voor stuwen een groter aandeel in beslag. Vergelijking van Figuur 12 met de kaart die een landsdekkend beeld geeft van de kansrijkdom van 'bergen' (Figuur 3; pag. 28) laat overigens zien dat de 'kostenkaart' geen informatie geeft over deze kansrijkdom. Beide kaarten moeten in samenhang worden bestudeerd.

Investeringskosten Bergen



Figuur 12 Investeringskosten voor de beleids optie 'bergen'.

4.3 Conserveren

Conserveren is erop gericht om water tijdelijk in waterlopen en/of de bodem te bergen, zodat tijdens drogere perioden meer water beschikbaar is (zie de begrippenlijst

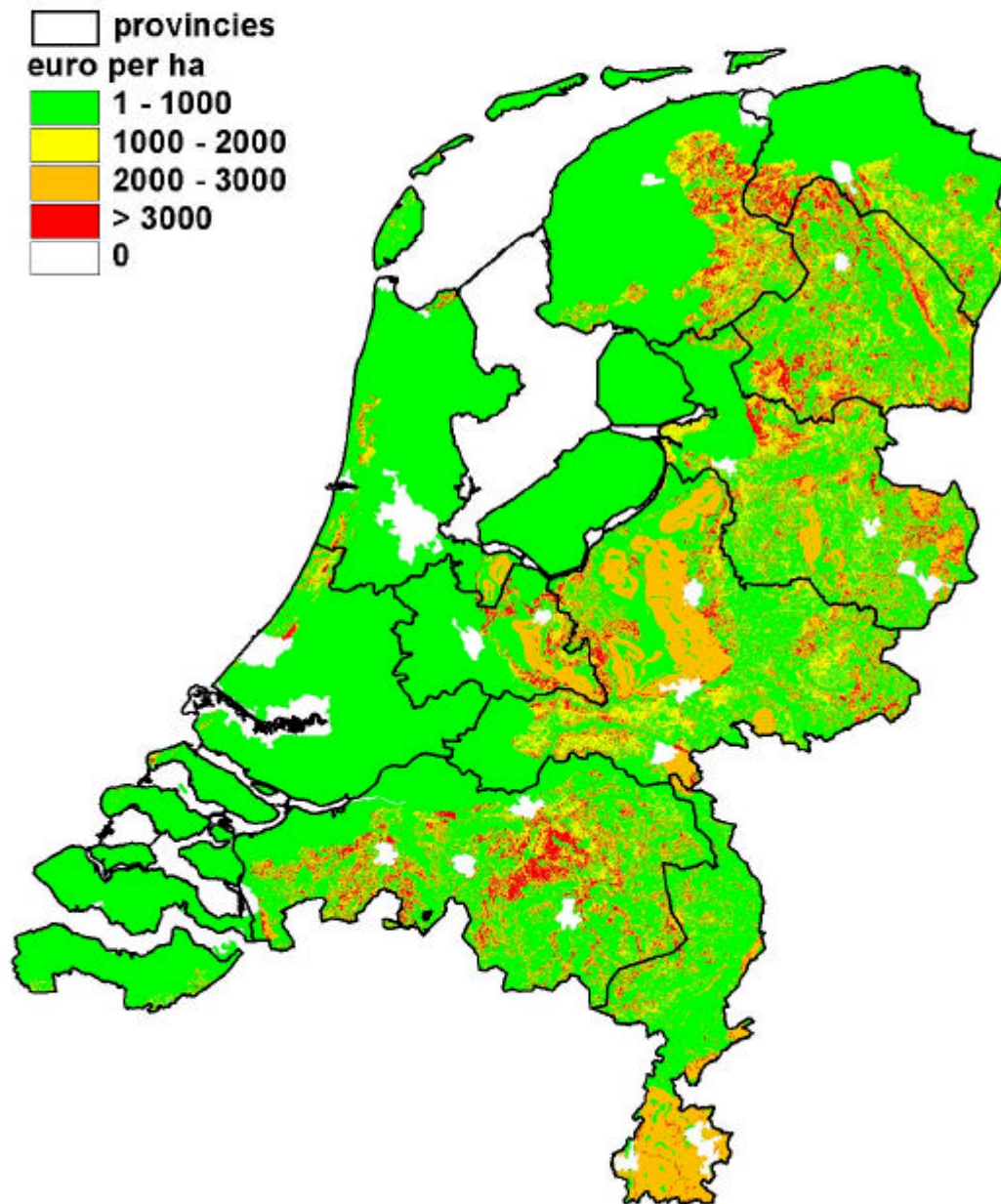
in Aanhangsel 1). Voor bemalen gebied betekent dit dat aanslagpunten van gemalen tijdelijk verhoogd moeten worden. Bij meerdere peilvakken moeten ook de 'stuwen' tussen peilvakken hoger gezet worden. Deze maatregel is vooral relevant in het voorjaar; de waterstand kan dan extra stijgen en zal in de loop van het voorjaar gaan dalen. Conserveren in vrij afwaterende gebieden kan betekenen dat er extra kunstwerken geïnstalleerd moeten worden; voornamelijk stuwen. Hoe groter de helling van het gebied, hoe meer kunstwerken nodig zijn. Het feit dat deze maatregelen gerelateerd zijn aan waterlopen betekent dat bij een grotere dichtheid aan waterlopen meer maatregelen moeten worden getroffen. Schattingen van de kosten zijn gegeven in Tabel 20.

Tabel 20 Maatregelen en kosten voor de beleidsoptie Conserveren

hydrologische werking	maatregel	aard en locatie		kosten
		laag-NL	Hoog-NL	
vertragen van de afvoer in het groeiseizoen (vasthouden)	Aanleg van stuwen met verstelbare kruinhoogte in secundaire en tertiaire waterlopen		I	de kosten zijn sterk afhankelijk van de variabiliteit van de maaiveldhoogte binnen de peilvakken en in mindere mate van de terreinhelling. in het kader van dit verkennende onderzoek kunnen de kosten daarom niet worden bepaald.
	Aanleg van stuwen met verstelbare kruinhoogte in A-waterlopen		I	de kosten zijn vooral afhankelijk van de dichtheid van de A-waterlopen en de hellingklasse. de kosten per stuw zijn vergelijkbaar met die bij de beleidsoptie 'bergen'. dit betekent dat de kosten per m waterloop bedragen (per hellingklasse): € 50 (gering), € 100 (gemiddeld) en € 250 (groot).
	Beheer van 'boerenstuw-tjes'		B	deze maatregelen zullen het beheer wellicht iets bemoeilijken, maar niet leiden tot een substantiële verhoging van de kosten.
	Operationeel beheer van stuwen in A-waterlopen		B	
	Aanleg van gemalen met instelbaar aanslagpeil in secundaire en tertiaire waterlopen	I		het gaat hier om een aanpassing aan bestaande gemalen: het aanslagpeil moet instelbaar gemaakt worden. de kosten worden begroot op € 50 per ha.
	Aanleg van gemalen met instelbaar aanslagpeil in primaire waterlopen	I		in de meeste gevallen hebben de gemalen van de primaire waterlopen reeds een instelbaar aanslagpeil.
	Operationeel beheer van gemalen in secundaire en tertiaire waterlopen	B		geen extra kosten.
	Operationeel beheer van gemalen in primaire waterlopen	B		geen extra kosten.
	Verdampingsreducerend landgebruik en -bewerking	B	B	het gaat hier om landgebruik en bewerkingen die passen in het reguliere systeem; geen extra kosten.
toename van het bergend vermogen	Aanleg van seizoensbergingsgebieden	I	I	de kosten variëren van € 5.000 tot € 200.000/ha. onduidelijk in welke mate deze maatregel nodig is. geen nadere kostenbepaling.
	realisatie van meer oppervlaktewater (niet-afvoerhogend)	I	I	

In Figuur 13 zijn de investeringskosten voor 'conserveren' ruimtelijk weergegeven; ook hier geldt dat de kosten voor de aanleg van seizoensbergingsgebieden en de realisatie van meer oppervlaktewater niet zijn meegenomen. De investeringskosten in bemalen gebieden zijn lager dan die in vrij afwaterende gebieden. Vooral sterk hellende gebieden komen in deze kaart duidelijk naar voren. Naarmate er meer A-waterlopen zijn en de hellingklasse sterker is zijn per ha meer stuwen nodig om de waterafvoer te vertragen. Vergelijking van Figuur 13 met de kaart die een landsdekkend beeld geeft van de kansrijkdom van 'conservering' (Figuur 9; pag. 44) laat overigens zien dat de 'kostenkaart' geen informatie geeft over deze kansrijkdom. Dit geldt met name voor stuwwallen en Zuid-Limburg. Beide kaarten moeten daarom in samenhang worden bestudeerd.

Investeringskosten Conserveren



Figuur 13 Investeringskosten voor de beleids optie 'conserveren'.

4.4 Beekherstel

In

Tabel 21 zijn de maatregelen en kosten rond het thema 'beekherstel' gerubriceerd. Uiteraard speelt beekherstel alleen een rol in de vrij afwaterende gebieden in hoog-Nederland. Deze zijn weergegeven in Figuur 14.

Tabel 21 Maatregelen en kosten rond het thema 'beekherstel'

Hydrologische werking	maatregel	aard en locatie		kosten
		laag-NL	Hoog-NL	
Verandering van de afvoer- en bergingskarakteristiek	beekloop verondiepen en vergroeven		I	de kosten zijn afhankelijk van de afvoer van de beek: hoe groter de afvoer, des te breder de beek (moet worden) en des te hoger de kosten zullen zijn. daarnaast worden de kosten hoger als er ook kades moeten worden verwijderd of verplaatst. dat geldt ook voor het vergroten van de lengte van de beek. de kosten bedragen gemiddeld €75 per meter, uitgaande van een gemiddelde lengte van 2 m beek per ha wordt dat €150 per ha.
	kaden verwijderen of verplaatsen		I	
	vergroten van de lengte van de beek		I	
	aangepast onderhoud		B	

Investeringskosten Beekherstel



Figuur 14 Investeringskosten van 'beekherstel' in vrij afwaterende gebieden.

4.5 Veranderingen nat- en droogteschade landbouw

Voor de bepaling van veranderingen in de nat- en droogteschade is niet alleen van belang te weten wat er verandert in de waterhuishoudkundige situatie, maar ook de uitgangssituatie te kennen, te weten met welke landschapsregio we te maken hebben

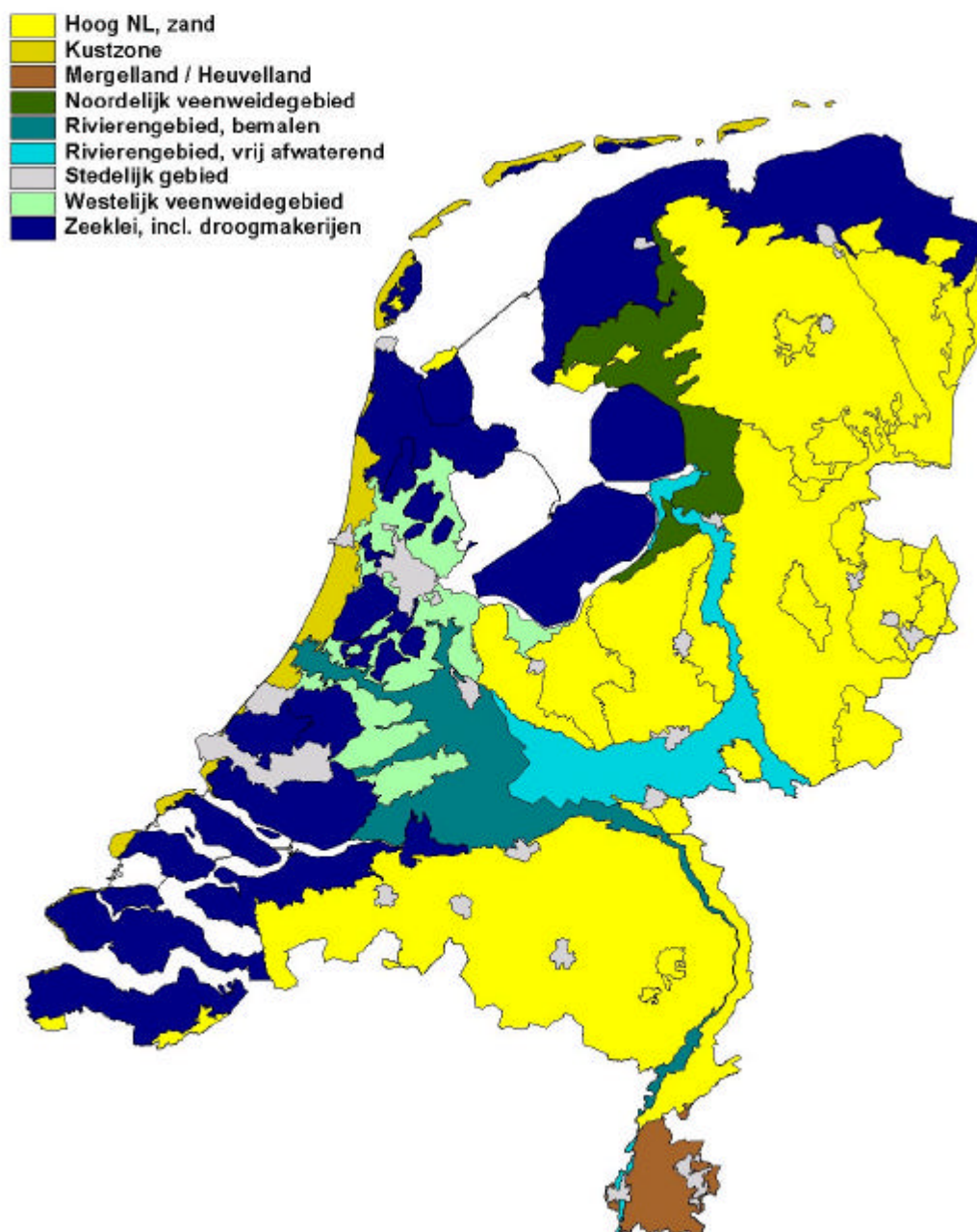
en welke vormen van landgebruik daar voorkomen. Om schattingen te kunnen maken wordt uitgegaan van de landschapsregio's in Kwakernaak et al. (2001)¹², zie Tabel 22 en Figuur 15. In Tabel 23 zijn voor de deze regio's globale indicaties gegeven van de te verwachten veranderingen in droogte- en natschade in de landbouw.

Tabel 22 Landschapsregio's in Nederland. Bron: Kwakernaak et al. (2001)

Landschapsregio	Landbouwkundig gebruik
1. Zeeklei incl. droogmakerijen	circa tweederde akker- en tuinbouw, eenderde grasland
2. Westelijk veenweidegebied	hoofdzakelijk grasland
3. Noordelijk veenweidegebied	hoofdzakelijk grasland
4. Hoog-NL, zand	grotendeels grasland, circa eenvierde bouwland
5. Mergelland/ heuvelland	gemengd gebruik
6. Rivierklei / rivierengebied	hoofdzakelijk grasland
7. Kustzone	gemengd gebruik

¹²Zie ook de notitie 'Water voor een Vitaal Platteland' (LNV, 1999).

Landschapsregio's



Figuur 15 Landschapsregio's in Nederland. Bron: Kwakernaak et al. (2001)

Vasthouden

Bij de beleidsoptie 'vasthouden' zal bij neerslagpieken meer water langer op het maaiveld blijven staan en/of gedurende langere tijd sprake zijn van een hogere oppervlaktewaterstanden. Gedurende een aantal dagen per jaar zal sprake zijn van een veel nattere situatie dan gewenst. De toename van de natschade in de landbouw is doorgaans groter naarmate de maatregel effectiever is. Bij bouwland zal de schade

meestal groter zijn dan bij grasland, terwijl bij de meeste natuurgebieden de effecten zullen meevallen. De extra natschade is echter ook afhankelijk van de Ausgangssituatie. Op locaties waar sprake is van een substantiële bergingscapaciteit zal minder snel sprake zijn van toegenomen natschade dan in gebieden waar deze capaciteit gering is. In het westelijk veenweidegebied is daarom een toename van de natschade te verwachten, terwijl dat in het noordelijk veenweidegebied wegens de drogere Ausgangssituatie zal meevallen.

Bergen

De schade is afhankelijk van tijdstip, frequentie en duur van de inundatie. Bij de aanleg van bergingsgebieden zal voor iedere situatie een balans gevonden moeten worden tussen investeringskosten enerzijds, en de omvang van de extra natschade anderzijds. Grosso modo bedraagt de schade, uitgedrukt in geld, op bouwland het dubbele van die op grasland. In gebieden waar aanleg van bergingsgebieden mogelijk is wordt in het ergste geval de maximale schade veroorzaakt. Als de toename van de schade groter is dan de in Tabel 23 genoemde bedragen is voortzetting van landbouwkundig gebruik van de betreffende percelen niet zinvol.

Conserveren

Globaal gesproken is 'conserveren' in bemalen gebieden veel effectiever dan in vrij afwaterende gebieden. Dit betekent dat de mogelijke toename van natschade in de landbouw in bemalen gebieden ook veel groter zal zijn dan in vrij afwaterende gebieden. Van vernattingschade is vooral sprake in gebieden die al nat zijn, of waar de optie 'conserveren' effectief kan zijn. In de hoge zandgebieden en in het rivierengebied zal conserveren een beperking van de droogteschade tot gevolg hebben; deze zijn in Tabel 23 (toename nat- en droogteschade) als negatieve bedragen vermeld.

Tabel 23 Globale indicatie van de toename van nat- en droogteschade in de landbouw, voor verschillende beleidsopties (€/ha/jaar); schadevermindering staat vermeld als negatief getal.

Gebied	vasthouden	bergen	conserveren	beekherstel
zeeklei incl. droogmakerijen	0 (niet effectief)	500 (bouwland, afhankelijk van frequentie)	0	n.v.t.
westelijk veenweidegebied	50	250 (grasland, afhankelijk van frequentie)	100	n.v.t.
noordelijk veenweidegebied	0 (droge Ausgangssituatie)	250 (grasland, afhankelijk van frequentie)	0 (droge Ausgangssituatie)	n.v.t.
hoog-NL, zand, hoog	0	n.v.t.	-50 (minder droogteschade in de zomer)	0
hoog-NL, zand, beekdalen	50	250 (grasland, afhankelijk van frequentie)	50	100
Mergelland/ Heuvelland	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
rivierengebied	0	250 (grasland, afhankelijk van frequentie)	-50	n.v.t.
kustzone	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.

Literatuur

- Arcadis Heidemij Advies, Alterra en WL|Delft Hydraulics. 2000. *Ruimte voor waterberging. ...geven en nemen...* Rapport voor de Commissie Waterbeheer 21e eeuw. (Hoofdrapport). Rapport 110302/OA9/6D3/000341pd Arcadis Heidemij Advies.
- Dienst Landelijk Gebied. 2002a. Overzicht Standaard Eenheids Prijzen. Prijspeil januari 2002. Circulaire 01-29, Afdeling Planning en Control, DLG, Utrecht.
- Dienst Landelijk Gebied. 2002b. Onderbouwing van het overzicht Standaard Eenheids Prijzen. Prijspeil januari 2002. Afdeling Planning en Control, DLG, Utrecht.
- Duel, H., C. Kwakernaak, T. Segeren en L.C.P.M. Stuyt. 2000. *Indicatieve zoekgebieden voor waterberging in polders en beekdalen. Globale verkenning naar kansrijke gebieden voor vermindering van de wateroverlast van regionale watersystemen*. Alterra, WL|Delft Hydraulics en IPO. Rapport T2372 WL|Delft Hydraulics, Delft.
- Eversdijk, P.J., J. Muntinga en W.M. van den Brink. 2000. *Waterbeheer 21e eeuw. Inventarisatie van kosten en baten – Thema 11*. Rijkswaterstaat, Bouwdienst, Utrecht.
- Grontmij Advies en Techniek/Alterra/Grontmij Geogroep. 2001. *Technisch rapport Blauwdruk Oost-Nederland, Waterbouwstenen voor de inrichting van Oost Nederland*. Grontmij Advies en Techniek/Alterra/Grontmij Geogroep, Arnhem, Wageningen, Houten.
- Grontmij Advies en Techniek/Alterra/Grontmij Geogroep. 2001. *Bijlagen rapport Blauwdruk Oost-Nederland, Waterbouwstenen voor de inrichting van Oost Nederland*. Grontmij Advies en Techniek/Alterra/Grontmij Geogroep, Arnhem, Wageningen, Houten.
- Grontmij Advies en Techniek/Alterra/Grontmij Geogroep. 2001. *Handwijzer Blauwdruk Oost-Nederland, Waterbouwstenen voor de inrichting van Oost Nederland toegepast op de Lunterse beek (Gelderse Vallei)*. Grontmij Advies en Techniek/Alterra/Grontmij Geogroep, Arnhem, Wageningen, Houten.
- Hendriks, R.F.A. 1992. *Afbraak en mineralisatie van veen*. Rapport 199 SC-DLO, Wageningen.
- Knaapen J.P., J.W.J. van der Gaast en M. van Eupen. 1999. *Ecologische Landschapsindex (E.L.I.). Graadmeter hydrologische relaties*. Rapport 702, SC-DLO, Wageningen.
- Kroon T, P. Finke, I. Peereboom en A. van Beusen. 2001. *Redesign Stone. De nieuwe schematisatie voor Stone; de ruimtelijke indeling en toekenning van de hydrologische en bodemchemische parameters*. Rapport 2001.017, RIZA, Lelystad.
- Kwakernaak, C., N. van der Windt en J.W.J. van der Gaast. 1999. *Naar een ecologisch herstel van het Dommeldal: scenario's voor het EU-project LIFE-Dommel*. EU-LIFE Dommel reeks 7, SC-DLO, Wageningen.
- Kwakernaak C, F.R. Veeneklaas en P.J.T. van Bakel. 2001. *Water in het SGR-2: Hectaren, maatregelen en kosten. Een quick scan*. Intern werkdocument, Alterra, Wageningen.
- Massop H.Th.L, L.C.P.M Stuyt, P.J.T van Bakel, J.M.M. Bouwmans en H. Prak. 1997. *Invloed van de oppervlaktewaterstand op de grondwaterstand. Leidraad voor*

- kwantificering van de effecten van veranderingen in de oppervlaktewaterstand. Rapport 527.1, SC-DLO, Wageningen.*
- Massop H.T.L., T. Kroon, P.J.T. van Bakel, W.J. de Lange, M.J.H. Pastoors en J. Huygen, 2000. *Hydrologie voor Stone; Schematisatie en parametrisatie.* Alterra/RIZA/RIVM. Rapport 38, Alterra, Wageningen; Reeks Milieuplanbureau 9.
- Mazure, J.P. 1936. *Geohydrologische gesteldheid van de Wieringermeer.* Algemene landsdrukkerij, 's-Gravenhage.
- Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij. 1999. *Water voor een vitaal platteland. Een denkbaar perspectief.* Ministerie van LNV, Den Haag.
- Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij. 2002. *Structuurschema Groene Ruimte 2. Samen werken aan groen Nederland.* Ministerie van LNV, Den Haag.
- Ministerie van Verkeer en Waterstaat. 2000. *Waterbeleid voor de 21e eeuw. Geef water de ruimte en de aandacht die het verdient.* Advies van de Commissie Waterbeheer 21e eeuw. Den Haag.
- Van Bakel, P.J.T., J.W.J. van der Gaast, P.J.G.J. Hellegers, C. Kwakernaak, M. Mulder, J. van Os, C.W.J. Roest, N.P. van der Windt en K.W. Ypma. 1999. *De Aquarel; verkennende studie ten behoeve van het waterbeleid van het ministerie van LNV.* LEI/Alterra. Rapport 653, SC-DLO, Wageningen.
- Van der Gaast, J.W.J. 2001. *Stream Morphology.* In: Van Walsum, P.E.V., P.F.M. Verdonshot en J. Runhaar (eds.). *Effects of climate and land use change on lowland stream ecosystems.* Vol. 67, Dutch National Research Programme on Global Air Pollution and Climate Change.
- Van der Gaast, J.W.J. en P.J.T. Van Bakel, 1997. *Differentiatie van waterlopen ten behoeve van het bestrijdingsmiddelenbeleid in Nederland.* Rapport 526, SC-DLO, Wageningen
- Van der Gaast J.W.J. en H.Th.L. Massop. 2001. *Graadmeter Water.* In: Boer, T.A. de. 2001. *Aanzet tot ruimtelijke voorwaarden voor groene dooradering.* Natuur, Recreatie en Water. Intern werkdokument.
- Van der Gaast J.W.J. en L.C.P.M. Stuyt. 2000. *Drainagevergunningen. Methodiek voor de beoordeling van aanvragen voor de aanleg van buisdrainage.* Rapport 12, Alterra, Wageningen.
- Van Os, J., Th.G.C. van der Heijden, J.W.J. van der Gaast en P.J.T. van Bakel. 1997. *Kosten van waterhuishoudkundige maatregelen tegen verdroging.* Nationaal Onderzoeksprogramma Verdroging. Rapport 12-4, RIZA, Lelystad.
- Wesseling, J.G., 1991. *CAPSEV. Steady state moisture flow theory. Program description. User manual.* Report 37, SC-DLO, Wageningen.

Aanhangsel 1 Gehanteerde begrippen

Doelstelling	Vasthouden	Reductie van afvoerpieken in het middentraject en aan de uitgang van regionale watersystemen.
	Bergen	Reductie van afvoerpieken aan de uitgang van regionale watersystemen.
	Conserveren	Periodieke verbetering van de (standplaats)condities voor de landbouw en/of terrestrische en/of aquatische natuur in een perceel of peilvak, inclusief omgeving, door middel van actief waterbeheer.
	Vernatten	Structurele verbetering van de (standplaats)condities voor de landbouw en/of terrestrische en/of aquatische natuur in een perceel of peilvak, inclusief omgeving, door middel van inrichtingsmaatregelen.
Hydrologisch concept	Vasthouden	Opslag van het neerslagoverschot aan de bron (bovenstrooms gelegen regio) van een watersysteem waar de neerslag valt en het waterschap geen beheerstaak heeft..
	Bergen	Opslag van water tussen bron en uitgang van een watersysteem, in A-waterlopen (primaire waterlopen), reservoirs, gebieden die via deze waterlopen passief of actief met (extra) water kunnen worden gevuld en gebieden waar de stand van het oppervlaktewater via A-waterlopen (primaire waterlopen) kan worden beïnvloed.
	Conserveren	Tijdelijke vertraging van de afstroming uit een watersysteem (perceel, peilvak) door tijdelijke aanpassing van de ontwateringskarakteristiek (ontwateringsbasis; drainageweerstand).
	Vernatten	Structurele vertraging van de afstroming uit een watersysteem (perceel, peilvak) door permanente aanpassing van de ontwateringskarakteristiek (ontwateringsbasis; drainageweerstand).
Waterhuishoudkundige maatregelen (niet uitputtend)	Vasthouden	'Boerenstuwjes', verlagen van slootbodems en scheppen van meer niet-afvoerhogend oppervlaktewater.
	Bergen	Maalstop, herprofilen van waterlopen en aanleg van bergingsgebieden.
	Conserveren	Aangepast stuw- en peilbeheer.
	Vernatten	Verhogen van slootbodems, dempen van waterlopen en/of verwijderen van buisdrainage.
Effect(en)	Vasthouden	Kortstondige verhoging van de oppervlakte- en grondwaterstand.
	Bergen	Kortstondige vergroting van de hoeveelheid oppervlaktewater in A-waterlopen (primaire waterlopen), oeverstroken en aangrenzende, inundeerbare gebieden.
	Conserveren	Tijdelijke verhoging van de oppervlakte- en grondwaterstand.
	Vernatten	Structurele verhoging van de oppervlakte- en grondwaterstand.
Frequentie (aantal/jaar)	Vasthouden	Jaarlijks.
	Bergen	Jaarlijks.
	Conserveren	Jaarlijks.
	Vernatten	n.v.t.
Duur	Vasthouden	Enkele dagen.
	Bergen	Enkele dagen.
	Conserveren	Enkele maanden.
	Vernatten	Permanent.

Aanhangsel 2 Uitwerking en combinatie van maatregelen

In dit Aanhangsel worden de waterhuishoudkundige maatregelen nader geanalyseerd op hun hydrologische uitwerking op de afvoer en berging van water. Aansluitend wordt onderzocht of, en zo ja, hoe deze maatregelen eventueel kunnen worden gecombineerd ('gestapeld') bij de realisatie van waterstrategieën, en of maatregelen elkaar al dan niet uitsluiten.

In dit rapport worden veel waterhuishoudkundige maatregelen behandeld waarmee wateropgaven kunnen worden gerealiseerd. In de praktijk zal er naar worden gestreefd om maatregelen, bedoeld voor verschillende wateropgaven, zo mogelijk te combineren ('stapelen'). Tijdens de workshops die in het kader van het project werden georganiseerd is door meerdere betrokkenen de voorkeur uitgesproken om hydrologische ingrepen niet te combineren, omdat dit de resultaten van de analyses zou versluieren en omdat het doen van uitspraken over combinatiemogelijkheden van waterhuishoudkundige maatregelen in een landsdekkende analyse weinig zinvol is. Analyse van kansen voor stapeling van maatregelen is immers alleen goed mogelijk indien men over gedetailleerde gebiedskennis beschikt; een dergelijke analyse is daarom voorbehouden aan hen die over zulke regionale kennis beschikken. Alterra is zich van een en ander bewust; de informatie in dit Aanhangsel moet dan ook worden gezien als een eerste verkenning. Tevens verschaft het een denkraam voor meer diepgaande analyses. De behandeling van maatregelen draagt een generiek karakter, is niet uitputtend in vergelijking tot de maatregelen die worden opgesomd in Tabel 24 t/m Tabel 27, en loopt hiermee slechts ten dele synchroon.

Bij deze verkenning wordt aangenomen dat:

- maatregelen in het kader van vasthouden en bergen op onderling verschillende locaties worden getroffen,
- maatregelen ten behoeve van conservering in winter en voorjaar plaatsvinden;
- maatregelen ten behoeve van vasthouden en bergen in de winter plaatsvinden.

Maatregelen in het kader van het beleidsthema 'Vasthouden'

Tabel 24 Maatregelen rond het beleidsthema Vasthouden

No.	doelstelling	waterhuishoudkundige ingreep	maatregel en bijbehorend onderdeel van, c.q. fysisch proces in het hydrologische systeem	aard en locatie van de maatregel	
				laag-NL (peilbeheerst)	hoog-NL (vrij afwaterend)
1	Vasthouden	vertragen van de afvoer	extensiveren van het onderhoud van waterlopen	B	B
			infiltratieverhogende grondbewerking	B	B
			beheer van 'boerenstuwtjes'		B
			tijdelijke maalstop van kleine gemalen	B	
			aanleg van kleine debietreducerende kunstwerken (stuwtjes, duikers) in tertiaire en secundaire waterlopen ('knippen' van de detailafwatering)		I
			dempen van greppels	I	I
		vergroten van het bergend vermogen	realisatie van meer oppervlaktewater (niet-afvoerhogend)	I	I
			verlaging van peil in tertiaire en secundaire waterlopen	B	
			verdiepen van bodem van secundaire en tertiaire waterlopen		I

Stremmen van de maaiveldafvoer

Vergroting van het microreliëf: hierdoor neemt de afvoer over het maaiveld af, de maaiveldberging neemt toe, de grondwaterafvoer blijft gelijk of neemt licht toe, de bodemberging blijft gelijk of neemt licht toe, door afname van de maaiveldafvoer neemt de oppervlaktewaterafvoer ook af en daardoor kan de oppervlaktewaterberging licht afnemen.

Stremmen als maatregel voor vasthouden water lijkt in principe strijdig met *bergen* vanuit oppervlaktewater omdat het de mogelijkheden tot berging vanuit het oppervlaktewater naar het maaiveld belemmert, maar gegeven het feit dat deze twee soorten maatregelen op verschillende plaatsen worden getroffen, kunnen zij elkaar aanvullen. Vergroting van het microreliëf van het maaiveld is ook gunstig voor *conservering*, omdat in de winter meer water wordt vastgehouden: hierdoor is er op het moment dat conserveren gaat spelen, nl. het voorjaar en de zomer, meer water voor conservering beschikbaar.

Bij *beekherstel* als doel om te vernatten is deze ingreep ook gunstig, omdat meer water via grondwaterstroming en minder over het maaiveld wordt afgevoerd.

stremmen maaiveld	stapelbaar
bergen	+
conserveren	+
beekherstel	+

Infiltratie bevorderen door bodembewerking

Door vergroting van infiltratie stijgt de grondwaterstand en hiermee ook de grondwaterafvoer en de oppervlaktewaterafvoer. Daarnaast neemt de grondwaterberging af terwijl de oppervlaktewaterberging niet of licht afneemt. Door deze maatregel neemt de maaiveldafvoer af, maar de maaiveldberging wordt niet beïnvloed. Als de maaiveldafvoer wordt verminderd heeft dit een afname van de oppervlaktewaterafvoer tot gevolg.

Vergroting van de afvoer als maatregel voor vasthouden water is niet strijdig met *bergen* vanuit oppervlaktewater; het is gunstig omdat de berging later wordt aangesproken. De maatregel is ook gunstig voor *conservering*, omdat in de winter meer water wordt vastgehouden hierdoor is op het moment dat conserveren gaat spelen, nl. voorjaar en zomer, meer water voor conservering beschikbaar. Bij *beekherstel* als doel om te vernatten is deze ingreep ook positief omdat meer water via grondwaterstroming en minder water versneld over het maaiveld wordt afgevoerd.

vergroting infiltratie	stapelbaar
bergen	+
conserveren	+
beekherstel	+

Ontwatering verwijderen door het dempen van greppels

Door het dempen van greppels neemt de oppervlaktewaterberging af en neemt de drainageweerstand toe. De toegenomen drainageweerstand leidt tot hogere grondwaterstanden waardoor de grondwaterberging afneemt. Door de grotere drainageweerstand zullen de grondwater- en oppervlaktewaterafvoer afnemen. Als hierdoor de grondwaterstand in het maaiveld komt kan de maaiveldberging worden aangesproken. De maaiveldberging stijgt bij afname van het aantal waterlopen. De afvoer vanaf het maaiveld daalt; is dit niet het geval dan is er geen effect op maaiveldafvoer en maaiveldberging.

Het dempen van greppels als maatregel voor het vasthouden van water is in principe strijdig met het *bergen* van water vanuit het oppervlaktewater omdat de mogelijkheden om vanuit het oppervlaktewater op het maaiveld te bergen wordt verminderd. Omdat de maatregelen, gegeven de definitie, echter op verschillende plaatsen worden ingezet zijn ze naast elkaar inzetbaar. Het dempen van greppels is ook gunstig voor *conservering* omdat in de winter meer water wordt vastgehouden; hierdoor is op het moment dat conserveren gaat spelen, nl. voorjaar en zomer, meer water voor conservering beschikbaar. Bij *beekherstel* als doel om te vernatten is deze ingreep ook positief omdat meer water via grondwaterstroming en minder over maaiveld wordt afgevoerd.

dichtgooien greppels	stapelbaar
bergen	+
conserveren	+
beekherstel	+

Ontwatering 'knippen' door verminderd beheer

Door verminderd beheer worden oppervlaktewaterstanden opgestuwd; hierdoor dalen oppervlaktewaterberging en -afvoer af. De hogere oppervlaktewaterstand leidt tot hogere grondwaterstanden, waardoor de grondwaterberging en de grondwaterafvoer afnemen. Als hierdoor de grondwaterstand in het maaiveld komt kan de maaiveldberging afnemen en de maaiveldafvoer toenemen; is dit niet het geval dan is er geen effect op de maaiveldafvoer en maaiveldberging.

Verminderen beheer	stapelbaar
Bergen	+
Conserveren	+
Beekherstel	+

Oppervlaktewater verruimen

Door het verruimen van het oppervlaktewater wordt meer oppervlaktewaterberging gecreëerd; de afvoer neemt hierdoor af. Bij deze maatregel wordt gedacht aan bredere waterlopen, zodat de drainageweerstand nauwelijks wordt beïnvloed. De effecten op berging, bodem en maaiveld zijn gering en de verandering in de grondwater- en maaiveldafvoer zijn eveneens verwaarloosbaar.

Deze maatregel heeft nauwelijks effect op de andere beleidsthema's (bergen, conserveren en beekherstel. Echter: als er meer sloten worden gegraven en de drainageweerstand wordt verlaagd, zal de grondwaterstand sneller dalen, waarmee de kansrijkm van *conserveren* afneemt en verdroging niet wordt tegengegaan.

Oppervlaktewater verruimen	stapelbaar
bergen	+
conserveren	-
beekherstel	0

Maaiveld herprofilieren (kaden aanbrengen)

Door herprofilering van het maaiveld wordt de maaiveldberging vergroot en de maaiveldafvoer verminderd. De grondwaterafvoer blijft gelijk of neemt licht toe, de bodemberging blijft gelijk of neemt licht af, door afname van de maaiveldafvoer neemt de oppervlaktewaterafvoer ook af; hierdoor kan de oppervlaktewaterberging licht afnemen.

maaiveld bekaden	stapelbaar
bergen	+
conserveren	+
beekherstel	+

Ontwateringsbasis verlagen door het verdiepen van waterlopen

Door het verlagen van de ontwateringsbasis wordt de oppervlaktewaterberging vergroot. De afvoer komt eerder op gang; hierdoor zal in vergelijkbare omstandigheden meer *bodemberging* beschikbaar zijn. Het effect is tevens dat de oppervlaktewaterafvoer en grondwaterafvoer verlaagd zullen worden en de maaiveldafvoer later op gang komt; vooral dit laatste heeft een afname van de oppervlaktewaterafvoer tot gevolg.

Door de verlaging van de ontwateringsbasis wordt de grondwaterstand verlaagd; hierdoor verminderen de kansen voor *conserveren* en vernatten.

ontwateringsbasis verlagen	stapelbaar
bergen	+
conserveren	-
beekherstel	-

Maatregelen in het kader van het beleidsthema 'Bergen'

Tabel 25 Maatregelen rond het beleidsthema bergen

No.	doelstelling	waterhuishoudkundige ingreep	maatregel en bijbehorend onderdeel van, c.q. fysisch proces in het hydrologische systeem	aard en locatie van de maatregel	
				laag-NL (peilbeheerst)	hoog-NL (vrij afwaterend)
2	Bergen (piekbergging; retentie)	vertragen van de afvoer	extensiveren van het onderhoud van primaire waterlopen	B	B
			'knippen' van primaire waterlopen door installatie van schuifstuwen		I
			tijdelijke maalstop	B	
			tijdelijke verhoging van stuwen		B
		vergroten van het bergend vermogen	herprofilering van waterlopen	I	I
			ontkaden	I	I ¹³
			afgraven van het maaiveld	I	I
			aanleg van piekbergingsgebieden	I	I

De afwatering 'knippen' door verminderd beheer

Door verminderd beheer neemt de opstuwing (hydraulische weerstand) toe; hierdoor nemen oppervlaktewaterbergging en afvoer af. De grondwaterafvoer vermindert. De toegenomen hydraulische weerstand leidt tot hogere grondwaterstanden waardoor de grondwaterbergging afneemt. Hoewel de ontwateringskarakteristiek niet verandert stijgen de grondwaterstanden waardoor de grondwaterbergging afneemt. Als de grondwaterstand hierdoor echter in het maaiveld komt kan de maaiveldbergging afnemen en maaiveldafvoer toenemen, is dit niet het geval dan is er geen effect op de maaiveldafvoer en maaiveldbergging.

Door de afwatering te knippen, is er een doorwerking bovenstrooms waardoor de mogelijkheden voor vasthouden worden beperkt (bijv hogere grondwaterstanden die uiteindelijk eerder leiden tot maaiveldafvoer).

afwatering knippen (beheer)	stapelbaar
Vasthouden	-
Conserveren	+
Beekherstel	+

¹³ Incidenteel.

Herprofilering (accoladeprofiel) met oppervlaktewaterwaterberging

Door herprofilering van grotere waterlopen wordt vooral meer oppervlaktewaterberging gecreëerd; de afvoer neemt hierdoor af. De effecten op berging bodem en maaiveld zijn gering en de verandering in de grondwater- en maaiveldafvoer zijn eveneens verwaarloosbaar.

accoladeprofiel	stapelbaar
Vasthouden	0
Conserveren	+
Beekherstel	+

Maaiveld verlagen en ontkaden

Dooroor verlaging van het maaiveld wordt vooral meer maaiveldberging gecreëerd. Het water stroomt vanuit het oppervlaktewater op het maaiveld. De grondwaterberging en afvoer worden niet of nauwelijks beïnvloed. De oppervlaktewaterafvoer neemt af en de berging in het oppervlaktewater wordt sterker gekoppeld aan de berging op het maaiveld.

maaiveld verlagen	stapelbaar
Vasthouden	+
Conserveren	0
Beekherstel	0

Maalstop

Door het instellen van een maalstop (in poldergebieden) neemt de afvoer van oppervlaktewater af en als gevolg hiervan de grondwaterafvoer en die vanaf het maaiveld. Ook de beschikbare berging in oppervlaktewater, grondwater en maaiveld wordt benut en neemt af.

maalstop	stapelbaar
vasthouden	+
conserveren	+
beekherstel	+

Stuwbeheer

Door middel van stuwbeheer wordt zodanig gestuurd dat de beschikbare berging bij aanvang van een natte periode maximaal is (stuwen laag). Tijdens natte perioden wordt de drainagebasis verhoogd. Bij aanvang van natte perioden is er extra berging in grond- en oppervlaktewater beschikbaar, vervolgens wordt deze berging door het opzetten van de stuwen benut, waardoor oppervlaktewaterafvoer en grondwaterafvoer worden gestremd. Als de grondwaterstand in het maaiveld komt kan de maaiveldberging worden benut, wat kan leiden tot toename van maaiveldafvoer.

Wegens het streven naar lage oppervlaktewaterstanden in de winter met als doel vergroting van de oppervlakte- en grondwaterberging is de kans dat in het voorjaar geen water voor conservering beschikbaar is aanzienlijk. Deze praktijk is tevens ongunstig bij het nastreven van vernatting.

stuwbeheer	stapelbaar
vasthouden	+
bergen	+
conserveren	-
beekherstel	-

Maatregelen in het kader van het beleidsthema Conserveren

Tabel 26 Maatregelen rond het beleidsthema conserveren

No.	doelstelling	waterhuishoudkundige ingreep	maatregel en bijbehorend onderdeel van, c.q. fysisch proces in het hydrologische systeem	aard en locatie van de maatregel	
				B = beheersmaatregel	I = inrichtingsmaatregel
				laag-NL (peilbeheerst)	hoog-NL (vrij afwaterend)
3	Bestrijding van verdroging en droogteschade	vertragen van de afvoer in het groeiseizoen (vasthouden)	aanleg van stuwen met verstelbare kruinhoogte in secundaire en tertiaire waterlopen ¹⁴		I
			aanleg van stuwen met verstelbare kruinhoogte in primaire (A-) waterlopen		I
			beheer van 'boerenstuw-tjes'		B
			operationeel beheer van stuwen in A-waterlopen		B
			aanleg van gemalen met instelbaar aanslagpeil in secundaire en tertiaire waterlopen	I	
			aanleg van gemalen met instelbaar aanslagpeil in primaire waterlopen	I	
			operationeel beheer van gemalen in secundaire en tertiaire waterlopen	B	
			operationeel beheer van gemalen in primaire waterlopen	B	
		verdampingsreducerend landgebruik en -bewerking ¹⁵	B	B	
		toename van het bergend vermogen	aanleg van seizoensbergingsgebieden	I	I
			realisatie van meer oppervlaktewater (niet-afvoer-verhogend)	I	I

Stuwen van oppervlaktewater (peilbeheer)

Door **middel** van stuwbeheer worden de peilen bij aanvang van het groeiseizoen opgezet. Hierdoor nemen oppervlaktewater- en grondwaterafvoer af, evenals de berging in grond- en oppervlaktewater. Omdat deze maatregel niet in extreem natte omstandigheden wordt ingezet is er geen effect op maaiveldberging en afvoer.

¹⁴ De kosten zijn sterk afhankelijk van de variabiliteit van de maaiveldhoogte binnen huidige peilvakken en in mindere mate van de terreinhelling. In het kader van dit verkennende onderzoek kunnen de kosten daarom niet worden bepaald.

¹⁵ Bevordert het vasthouden van water, maar niet het vertragen van de afvoer in het groeiseizoen.

Door conservering (en vernatting) is de situatie bij aanvang van het natte seizoen ongunstiger waardoor de mogelijkheden voor *vasthouden* en *bergen* worden beperkt.

stuwbeheer	stapelbaar
vasthouden	-
bergen	-
beekherstel	+

Verminderen van grondwateronttrekkingen

Door grondwateronttrekkingen te verminderen of te beeindigen stijgt de grondwaterstand en neemt de grondwaterberging af. De oppervlaktewaterafvoer neemt wegens stijgende grondwaterstanden toe, de oppervlaktewaterberging verandert nauwelijks. wegens de verminderde grondwateronttrekking zal in de winter de maaiveldberging eerder worden aangesproken en eerder sprake zijn van maaiveldafvoer.

stuwbeheer	stapelbaar
vasthouden	-
bergen	-
beekherstel	+

Maatregelen in het kader van het beleidsthema Beekherstel

Tabel 27 Maatregelen rond het thema beekherstel

<i>no.</i>	<i>beleid</i>	<i>doelstelling (waterhuishoudkundige ingreep)</i>	<i>maatregelpakket</i>	<i>maatregel en bijbehorend onderdeel van, c.q. fysisch proces in het hydrologische systeem</i>
4	reconstru ctie	beekherstel	hermeanderen	- oppervlaktewater: vergraven - kaden verwijderen

Vergraven: verlengen en hermeanderen van beken

Door verlenging en het bochtiger maken van een beektraject neemt de hydraulische weerstand toe. Hierdoor nemen de oppervlaktewaterafvoer en -berging af. De grondwaterafvoer en -berging dalen ook en in de winter zal de maaiveldberging eerder worden aangesproken, wat in een eerder stadium tot afvoer vanaf het maaiveld leidt. In de zomer heeft dit geen effect, de maatregel is gunstig voor conservering.

meanderen	stapelbaar
vasthouden	-
bergen	+
conserveren	+

Introductie van een accoladeprofiel

Door introductie van een zogenaamd accoladeprofiel wordt vooral meer oppervlaktewaterberging gecreëerd; de afvoer neemt hierdoor af. In de zomer blijft de beek langer afvoeren.

accoladeprofiel	stapelbaar
vasthouden	0
bergen	+
conserveren	+

Samenvatting van de maatregelen

De maatregelen die in dit Aanhangsel zijn besproken zijn samengevat in Tabel 28 en Tabel 29.

Tabel 28 Effecten van maatregelen op afvoer en berging

	maaiveld		grondwater		oppervlaktewater	
	afvoer	berging	afvoer	berging	afvoer	berging
Vasthouden						
Maaiveld stremmen	--	++	0/+	0/+	--	0/-
Infiltratie vergroten (ploegen)	-	0	+	-	-/0	0/-
Ontwatering verwijderen	-	+	-	-	-	--
Ontwatering knijpen	0/+	0/-	-	-	-	-
Oppervlaktewater verruimen	0	0	0	0	-	+
Maaiveld herprofilen	--	++	0/+	0/-	--	0/-
Ontwateringsbasis verlagen	-	0	0/-	+	-	+
Bergen						
Afwatering knijpen	0/+	0/-	-	-	-	-
Accoladeprofiel	0	0	0	0	-	+
Maaiveld verlagen/ontkaden	++	++	0	0	-	+
Stuwbeheer	+	0	-	+	-	+
Maalstop	-	-	-	-	--	-
Conserveren						
Peilbeheer	0	0	-	-	-	-
Stoppen grondwateronttrekking	0/-	0/-	+	0	+	0/-
Beekherstel						
Lengteprofiel slingeren	0/+	0/-	-	-	-	-
Dwarsprofiel (accolade)	0	0	0	0	-	+

Tabel 29 geeft informatie over de stapelbaarheid van beleidsthema's binnen te nemen maatregelen.

Tabel 29 Enkele maatregelen met de effecten op andere beleidsthema's

	beleidsthema's			
	vasthouden	bergen	conserveren	beekherstel
Vasthouden				
maaiveld strekken		-	+	+
infiltratie vergroten (ploegen)		+	+	+
ontwatering verwijderen		+	+	+
ontwatering knijpen		+	+	+
oppervlaktewater verruimen		+	0	0
maaiveld herprofilen		+	+	+
ontwateringsbasis verlagen		+	-	-
Bergen				
afwatering knijpen	-		+	+
accolade profiel	0		0	0
maaiveld verlagen/ontkaden	+		0	0
1. stuwbeheer	+		-	-
2. maalstop	+		+	+
Conserveren				
1. peilbeheer	-	-		+
2. stoppen grondwateronttrekking	-	-		+
Beekherstel				
1. lengteprofiel slingeren	-	+	+	
2. dwarsprofiel (accolade)	0	+	+	

Aanhangsel 3 Uitgangspunten van de schatting van kosten van maatregelen

Vasthouden

Aanleg van kleine debietreducerende kunstwerken (stuwtdjes, duikers) in tertiaire en secundaire waterlopen ('knippen' van de detailafwatering)

Bron: P.J.T. Van Bakel (persoonlijke mededeling).

Het dempen van greppels

De berekening is gebaseerd op de volgende uitgangspunten. Een perceel met een gemiddelde grootte meet 2 ha; lengte \times breedte=200 \times 100 m. Een kwart van deze percelen bevat één greppel over de lengterichting van het perceel; gemiddeld betekent dit 25 m greppel per perceel. De doorsnede van een greppel heeft gemiddeld een oppervlakte van 0,2 m². Voor het dempen van 1 meter greppel is dus 0,2 m³ grond nodig; gemiddeld per ha 0,2 m² \times 25 m = 5 m³. Daarnaast wordt aangenomen dat deze grond over korte afstand kan worden aangevoerd; dit kost €5 / m³ (Van Os et al., 1997)¹⁶. Inclusief bewerking bedragen de kosten ca. €10 / m³ = €50 / ha.

Realisatie van meer oppervlaktewater (niet-afvoerhogend)

Bron: Eversdijk, et al. (2000). Uitgangspunt is dat de bestaande ruimte uit grasland bestaat, de grond op 10 km wordt afgezet en er geen opbrengst is van de ontgraven grond. Het bedrag is inclusief de grondprijs. Hierbij wordt opgemerkt dat dit een buitensporig dure maatregel is. In de praktijk zal deze alleen worden toegepast als de kosten verlaagd kunnen worden door voor de grond een nuttige bestemming te vinden. In andere gevallen ligt het meer voor de hand om de laagst gelegen delen van een gebied permanent met het oppervlaktewater te verbinden.

Verdiepen van de bodem van secundaire en tertiaire waterlopen

Dit is een eenvoudige vorm van herprofilen. De kosten bedragen voor waterlopen tot 3 m breed ca. €20/m; voor waterlopen van 3-6 m €60/m en voor waterlopen > 6 m €150/m. Hierbij is rekening gehouden met kosten voor grondafvoer (€5/m³) en landverlies (€2,50/m²) (Van Os et al., 1997). Als de waterlopen alleen verdiept en niet geherprofileerd hoeven te worden is de bewerking eenvoudiger, leidt deze tot minder grondafvoer en is er geen sprake van landverlies. De kosten bedragen dan bij secundaire (watervoerende) waterlopen < 3 m en tertiaire leidingen (greppels en droogvallende waterlopen): ca. €10/m (Van Os et al., 1997). Op basis van deze informatie is voor het verdiepen van een deel van de bodems van secundaire en tertiaire waterlopen de volgende schatting van de kosten gemaakt. Afhankelijk van de

¹⁶Ten behoeve van de eenvoud en de herkenbaarheid van de gehanteerde bedragen zijn de bedragen in guldens die uit diverse bronnen werden ontleend omgerekend in euro's met de 'koers' NLG 1 = €0,5 in plaats van de officiële koers (NLG 1 = €0,45378). Dit betekent dat is uitgegaan van een normale ontwikkeling van de techniek en dat behalve de omrekening ook een inflatiecorrectie is toegepast van 10,2%; een redelijke aanname gezien de datering van de verschillende bronnen (2-5 jaar).

dichtheidsklasse van waterlopen: dichtheidsklasse groot €500/ha; dichtheidsklasse vrij groot €400/ha; dichtheidsklasse vrij klein €300/ha, dichtheidsklasse klein €200/ha.

Bergen

Extensiveren van het onderhoud van A-waterlopen

Extensiveren van het onderhoud van A-waterlopen levert slechts een kleine besparing op in de onderhoudskosten: €0,30/m à €0,60/m per jaar, afhankelijk van de breedte van de waterloop (Van Os et al., 1997). Bij een lengte van 20 m A-waterloop per ha is dat slechts €12 per ha per jaar.

'Knijpen' van A-waterlopen door installatie van schuif- en drijvende stuwen

Dit zijn speciale stuwen die in grotere waterlopen (beken, kanalen en sloten > 3 m breed) worden geïnstalleerd om de waterdoorlaat beperkt te houden. Dit in tegenstelling tot gewone stuwen waarbij het debiet toeneemt als het peil in de bovenstroomse waterloop hoger wordt. Bij een sterker hellend gebied zijn meer van dergelijke stuwen nodig.

De kosten van een vaste stuw voor een waterloop met een kruinbreedte van 3-6 m bedragen €8.600 (Van Os, et al., 1997). Als de stuw automatisch regelbaar moet zijn bedragen de kosten €76.000. Een schuif- of drijvende stuw zit daar wat kosten betreft tussenin: ca. €50.000. Verondersteld wordt dat bij een geringe hellingklasse 1 stuw per kilometer voldoende is, bij een gemiddelde hellingklasse 1 stuw per 500 m en bij een grote hellingklasse 1 per 200 m (ca. 0,50-0,75 m peilverschil per stuw). Dit betekent dat de volgende kosten worden gehanteerd, per meter A-waterloop:

- hellingklasse gering: $1 \times €50.000/1000 \text{ m} = € 50$ per meter;
- hellingklasse gemiddeld: $2 \times €50.000/1000 \text{ m} = €100$ per meter;
- hellingklasse groot: $5 \times €50.000/1000 \text{ m} = €250$ per meter.

De dichtheid van A-waterlopen wordt afgeleid uit het Top10-vector bestand, aannemende dat 20-30% (gemiddeld 25%) van alle waterlopen uit de Top10 A-waterlopen betreft (Van der Gaast en Van Bakel, 1997). De dichtheid van A-waterlopen varieert van 0 tot 50 m per ha. Bij een gemiddelde hellingklasse en 20 m A-waterloop per ha bedragen de kosten bijvoorbeeld $20 \times €100 = €2.000$ per ha.

Herprofilen van A-waterlopen

De kosten van het herprofilen van A-waterlopen (3-6 m breed) bedragen €60 per m; inclusief kosten voor grondafvoer (€5 per m³) en landverlies (€2,50 per m²) (Van Os et al., 1997). Bij een dichtheid van A-waterlopen van 20 m/ha bedragen de kosten bijvoorbeeld $20 \times €60 = €1200$ per ha.

Ontkaden, afgraven van het maaiveld, aanleg van piekbergingsgebieden

Volgens Eversdijk et al. (2000) zijn de kosten van retentiegebieden afhankelijk van de omvang van het gebied en de gewenste waterhoogte. Kleine gebieden met een grote

waterhoogte kosten qua inrichting het meeste geld (investering per ha). Als de kosten echter per m³ bepaald worden zijn de kosten bij toenemende waterhoogte lager. Geredeneerd vanuit een aantal te bergen m³ zou daarom gestreefd moeten worden naar zo groot mogelijke gebieden met een zo groot mogelijke waterhoogte. In de praktijk zijn potentiële gebieden gebonden aan specifieke locaties, waarbij sprake zal zijn van beperkingen met betrekking tot de maximaal realiseerbare waterhoogte.

Een en ander betekent dat in de praktijk verwacht mag worden dat in de meeste gevallen geen aanleg van extra dijken nodig is. De kosten worden vooral bepaald door de aanwezige bebouwing en eventueel door de grondprijs. Als gebieden vaker dan 1 keer per 20 jaar onderlopen is het aantrekkelijker om deze gebieden aan te kopen. Aanwezige bebouwing moet bij een hoge inundatiefrequentie worden opgekocht of op een andere manier veiliggesteld - neerzetten op een terp of omkaden. De kosten zijn dus afhankelijk van de bebouwingsintensiteit en de grondprijs. In Van Bakel et al. (1999) worden deze begroot op €10.000 per ha, exclusief schade en/of waarde-daling van de grond. Kanttekening hierbij is echter dat de te verwachten frequentie van onderlopen niet bekend is waardoor onduidelijk is of grondaankoop nodig is. Tenslotte is er uiteraard sprake van schade aan landbouwgewassen; dit komt in de betreffende paragraaf aan de orde. De kosten van afgraven van het maaiveld bedragen ca. €200.000 per ha.

Conserveren

Aanleg van stuwen met verstelbare kruinhoogte in (A-) waterlopen

De kosten van stuwen met verstelbare kruinhoogte in (A-)waterlopen zijn vergelijkbaar met de kosten voor schuif- en drijvende stuwen in A-waterlopen bij de beleids-optie Bergen.

Beekherstel

Beekloop verondiepen en vergraven; kaden verwijderen of verplaatsen, ver-groten van de lengte van de beek

Het betreft werkzaamheden ter bevordering van het herstel van het natuurlijk verloop van de beek (hermeandering). De kosten zijn afhankelijk van de afvoer van de beek: hoe groter de afvoer, des te breder de beek (moet worden) en des te hoger de kosten zullen zijn. Daarnaast worden de kosten hoger als er ook kades moeten worden verwijderd of verplaatst. Dat geldt ook voor het verlengen van de beek. De kosten bedragen gemiddeld €75 per meter (Kwakernaak et al., 1999). Hierin zijn de kosten voor grondverwerving, die nodig is voor de bredere beek, inbegrepen. Het verplaatsen van kades is in dit bedrag niet opgenomen. Het opnieuw aanbrengen van kades op een andere plek zal slechts in een beperkt aantal gevallen nodig zijn. Als de beek verlengd wordt moet bij de bepaling van de kosten uitgegaan worden van de nieuwe beeklengte.

Aangezien landsdekkende digitale informatie over beken niet beschikbaar was, was het niet mogelijk om van deze kostenpost een nauwkeurige schatting te maken. Op basis van een schatting van een gemiddelde dichtheid kan wel een globale indruk van de kosten worden verkregen. Hierbij gaan we uit van een gemiddelde afstand tussen hoofdbeken van 5000 m. Dit betekent dat er gemiddeld 2 m hoofdbeek per hectare aanwezig is. De gemiddelde kosten worden dan begroot op €150 per ha voor alle vrij afwaterende gebieden.