

Klimaatadaptieve Drainage

Een innovatieve methode om piekafvoeren
en watertekorten te verminderen

september 2010

Eindrapportage Haalbaarheidsonderzoek

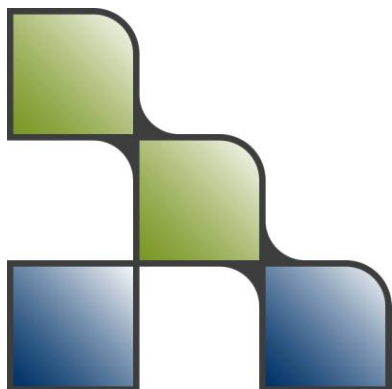
Opgesteld door

FutureWater
Kuipers Electronic Engineering
De Bakelse Stroom
Van Iersel

Opdrachtgever

Ministerie van Verkeer en Waterstaat – SBIR programma

Rapport FutureWater: 96



FutureWater

Costerweg 1G
6702 AA Wageningen
The Netherlands

+31 (0)317 460050

info@futurewater.nl

www.futurewater.nl

Inhoudsopgave

1	Management samenvatting	4
2	Uitvoering van het project	6
3	Inhoudelijke bevindingen	10
3.1	Introductie	10
3.2	Bijdrage aan het maatschappelijk vraagstuk	10
3.3	Technische haalbaarheid	11
3.4	Economische haalbaarheid	14
3.5	Organisatie	16
3.6	Toegevoegde waarde voor de samenleving	17
4	Conclusies en vervolg	18
5	Financiën	20



Gegevens Project

Op 14 januari 2010 heeft het AgentschapNL in opdracht van het Ministerie van Verkeer en Waterstaat een oproep gedaan voor het indienen van voorstellen in het kader van SBIR (Small Business Innovation Research). De specifieke oproep had als titel "Maak de Nederlandse waterhuishouding klimaatadaptiever", met als sluitingsdatum 1 maart 2010.

Naar aanleiding van deze oproep heeft FutureWater, in consortium met Kuipers Electronic Engineering, Bakelse Stroom en Van Iersel, een voorstel ingediend op 25 februari 2010. Op 28 mei heeft AgentschapNL de officiële opdrachtbevestiging gegeven aan FutureWater om dit haalbaarheidsonderzoek uit te voeren.

De administratieve details van het project zijn:

- SBIR-projectnummer: SBIR103008
- projecttitel: "Klimaatadaptieve Drainage. Een innovatieve methode om piekafvoeren en watertekorten te verminderen."
- uitvoerder: FutureWater
- begin- en einddatum van het project: 28 mei 2010 tot 1 oktober 2010



1 Management samenvatting

AgentschapNL heeft, in opdracht van het Ministerie van Verkeer en Waterstaat, FutureWater, in consortium met Kuipers Electronic Engineering, Bakelse Stroom en Van Iersel, de opdracht gegeven om een haalbaarheidsonderzoek uit te voeren in het kader van SBIR (Small Business Innovation Research). Deze specifieke SBIR oproep had als titel “Maak de Nederlandse waterhuishouding klimaatadaptiever”. Het haalbaarheidsonderzoek dat FutureWater had voorgesteld droeg de titel “Klimaatadaptieve Drainage, een innovatieve methode om piekafvoeren en watertekorten te verminderen”. De centrale vraag tijdens het haalbaarheidsonderzoek was:

“Bestaat er onder waterschappen en agrariërs behoefte aan Klimaat-adaptieve Drainage en is het systeem technisch, bestuurlijk en financieel haalbaar en commercieel aantrekkelijk voor het consortium?”

Het basis idee achter Klimaatadaptieve Drainage is dat regionale waterbeheerders gebruik maken van de diensten van agrariërs om de toename van piekafvoeren en watertekorten als gevolg van klimaatverandering te verminderen. Hiertoe zullen agrariërs een drainage systeem gebruiken dat regelbaar is en zodoende tijdens zware regenval het drainageniveau kunnen verhogen, waardoor water wordt opgevangen in de bodem en minder snel naar het oppervlaktewater stroomt. Klimaatadaptieve drainage gaat ervan uit dat waterbeheerders afspraken hebben met agrariërs dat in uitzonderlijke gevallen van te verwachte zware neerslag (gemiddeld één maal per jaar) water tijdelijk wordt vastgehouden in de bodem. Waterschappen kunnen hierdoor veel geld uitsparen doordat de toename in benodigde gemaalcapaciteit en/of bergingsgebieden om klimaateffecten op te vangen, kosteneffectiever door klimaatadaptieve drainage kan worden bereikt. Ten tijden dat er geen wateroverlast dreigt, kunnen agrariërs hun klimaatadaptieve drainage systeem gebruiken om water te conserveren voor droge tijden.

Tijdens het haalbaarheidsonderzoek is de interesse onder waterbeheerders en agrariërs gepeild voor het toepassen van klimaatadaptieve drainage. Uit de vele reacties, zoals in detail beschreven in de bijlage, blijkt dat er over het algemeen zeer positief op het idee van klimaatadaptieve drainage wordt gereageerd en er verschillende verzoeken voor het uitvoeren van een pilot liggen. Ook een commerciële inzet lijkt op grond van ontvangen reacties zeker haalbaar te zijn.

Met behulp van computer simulatiemodellen is kwantitatief bepaald hoeveel piekafvoerreductie bereikt zou kunnen worden met de inzet van klimaatadaptieve drainage. Een tweetal rekenmodules zijn hiervoor ingezet, om zowel de details op puntschaal als de ruimtelijke correlatie te kwantificeren. De te verwachte toename in piekafvoeren die overstromingen tot gevolg kunnen hebben als gevolg van klimaatverandering, kunnen met klimaatadaptieve drainage duidelijk worden verminderd. De rekenmodules laten tevens zien dat ook de extra wateraanvoerbehoefte als gevolg van klimaatverandering verminderd kan worden door klimaatadaptieve drainage.

De economische analyse van klimaatadaptieve drainage geeft aan dat voor een gemiddeld systeem, bestaand uit een inzet van 50 tot 100 agrariërs voor één gebied, een netto opbrengst (baten minus kosten) van tussen de € 90 en 180 duizend per jaar zal bedragen. Een eerste globale schatting laat zien dat er tussen de 65 en 260 gebieden bestaan die geschikt zijn voor het implementeren van klimaatadaptieve drainage.



Tijdens een eventueel ontwikkelingstraject zal de nadruk liggen op een drietal aspecten. Als eerste zal voor een drie tot vijftal pilots een klimaatadaptieve drainage regelput worden gebouwd en ingezet. Op grond hiervan kunnen verfijningen worden aangebracht en kan getest worden of het systeem in de praktijk werkt zoals voorzien. Ten tweede zal een uitgebreidere analyse met verbeterde rekenmodules inzicht geven in een betere schatting welke gebieden geschikt zijn voor klimaatadaptieve drainage en zal de sturing van het systeem worden geoptimaliseerd. Deze rekenmodules zullen ook locatie specifiek verder worden ontwikkelde.

Het laatste belangrijk punt tijdens het eventuele ontwikkelingstraject vormen de juridisch-organisatorische aspecten. Hierbij gaat het dan om de verhouding tussen waterbeheerder en agrariër over de verantwoordelijkheden van de bediening van het klimaatadaptieve drainage systeem. Daarnaast is een belangrijk organisatorisch aspect voor het consortium de bescherming van het intellectueel eigendom en een eventueel patent op de regelputten. Hieraan gerelateerd is de juiste organisatievorm voor het verder uitrollen naar de commercialisering van klimaatadaptieve drainage.

Tenslotte is uit het haalbaarheidsonderzoek gebleken dat commercialisering van klimaatadaptieve drainage zeer goed mogelijk lijkt. Dit komt zowel naar voren uit de kosten-baten analyse en de interviews uitgevoerd onder waterbeheerders en agrariërs.



2 Uitvoering van het project

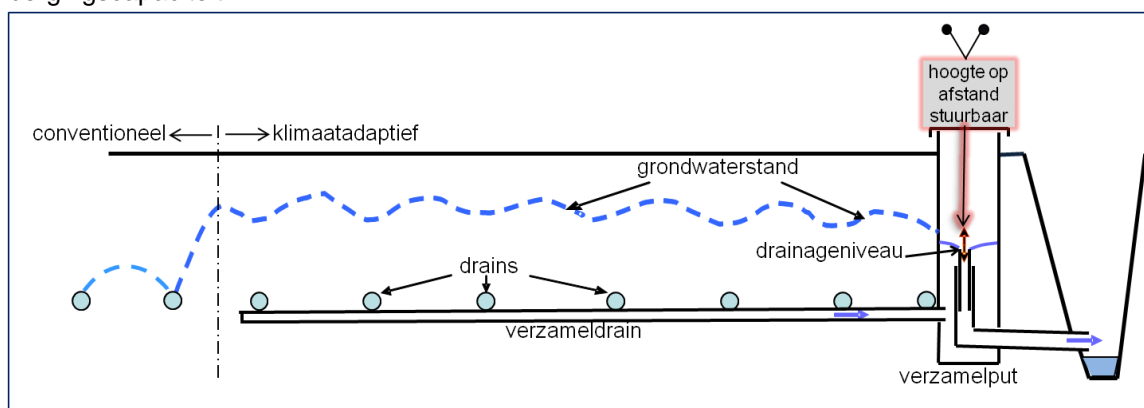
AgentschapNL heeft op 28 mei 2010, in opdracht van het Ministerie van Verkeer en Waterstaat, FutureWater, in consortium met Kuipers Electronic Engineering, Bakelse Stroom en Van Iersel, de opdracht gegeven om een haalbaarheidsonderzoek uit te voeren in het kader van SBIR (Small Business Innovation Research). Deze specifieke SBIR oproep had als titel "Maak de Nederlandse waterhuishouding klimaatadaptiever". Het haalbaarheidsonderzoek dat FutureWater had voorgesteld droeg de titel "Klimaatadaptieve Drainage, een innovatieve methode om piekafvoeren en watertekorten te verminderen".

In de periode 28 mei 2010 tot en met eind september heeft FutureWater met haar consortiumpartners gewerkt aan dit haalbaarheidsonderzoek. Gedurende deze periode is gewerkt aan de volgende probleemstelling:

Bestaat er onder waterschappen en agrariërs behoefte aan Klimaatadaptieve Drainage en is het systeem technisch, bestuurlijk en financieel haalbaar en commercieel aantrekkelijk voor het consortium?

Het basis idee achter Klimaatadaptieve Drainage is dat regionale waterbeheerders gebruik maken van de diensten van agrariërs om toename van piekafvoeren en watertekorten als gevolg van klimaatverandering te verminderen. Hiertoe zullen agrariërs een drainage systeem gebruiken dat regelbaar is en zodoende tijdens zware regenval het drainageniveau kunnen verhogen, waardoor water wordt opgevangen in de bodem en minder snel naar het oppervlaktewater stroomt. Klimaatadaptieve drainage gaat ervan uit dat waterbeheerders afspraken hebben met agrariërs dat in uitzonderlijke gevallen van te verwachte zware neerslag (gemiddeld één maal per jaar) water tijdelijk wordt vastgehouden in de bodem. Waterschappen kunnen hierdoor veel geld uitsparen doordat de toename in benodigde gemaalcapaciteit en/of bergingsgebieden om klimaateffecten op te vangen, kosteneffectiever door klimaatadaptieve drainage kan worden bereikt. Ten tijden dat er geen wateroverlast dreigt, kunnen agrariërs hun klimaatadaptieve drainage systeem gebruiken om water te conserveren voor droge tijden.

Het unieke van klimaatadaptieve drainage is gebaseerd op het feit dat openwater in de meeste gebieden slechts 2 tot 5% van het totale oppervlak bedekt. De 95 tot 98% oppervlakte land vormt een tot nu toe ongebruikte mogelijkheid om zeer veel water tijdelijk vast te houden. Zelfs als rekening gehouden wordt dat in een bodem maar 20 tot 40% van het volume uit water kan bestaan, is de bodem bergingscapaciteit vele malen groter dan de openwater bergingscapaciteit.



Figuur 1. Klimaatadaptieve Drainage met behulp van samengestelde drainage waarbij het ontwateringsniveau in de verzamelput op afstand stuurbaar is.

In het plan van aanpak voor dit haalbaarheidsonderzoek is de probleemstelling verder vertaald in de volgende deelvragen:

- Is de ontwikkeling van het product technisch haalbaar (stroomvoorziening, meten en besturen van systeem)?
- Wat zijn de te verwachte uiteindelijke implementatiekosten van het systeem en wegen deze op tegen de te verwachten baten?
- Is er voldoende vraag naar het product bij de waterschappen?
- Welke rekenmethodes moeten ontwikkeld worden om de inzetbaarheid van de klimaatadaptieve drainage te bepalen als functie van locatie, bijbehorende omgevingsfactoren (bodem, gewastype, grondwaterregime) en weer- en klimaatcondities?
- In welke mate kunnen de piekafvoeren worden verminderd met klimaatadaptieve drainage?
- In welke mate kunnen de wateraanvoerbehoeften worden verminderd met klimaatadaptieve drainage?
- Wat is de minimale oppervlakte die nodig is om voldoende effect te hebben?
- Hoe kunnen de waterschappen de agrariërs aansturen om hun klimaatadaptieve drainage te bedienen?
- Hoe kan het financiële mechanisme vorm worden gegeven, zo mogelijk op basis van bestaande financieringswijzen?
- Wat zijn de huidige bestuurlijke en juridische belemmeringen omtrent de implementatie van de klimaatadaptieve drainage?

In het projectplan waren de volgende zes fasen onderscheiden. De te verwachte inzet van personen en de werkelijke inzet in het project zijn hieronder weergegeven:

	Dagen Planning	Dagen Werkelijk
Belangstelling waterschappen	12	14
Bereidheid agrariërs	5	5
Automatisering	7	7
Rekenmodules	19	24
Kosten/baten analyse	9	6
Rapportage/planning	12	11
Totaal	64	67

Hieronder volgt een korte toelichting over de projectorganisatie, de fasering en de taakverdeling binnen deze zes fasen. De resultaten zullen in het volgende hoofdstuk worden beschreven.

Belangstelling waterschappen

Dit onderdeel is wat uitgebreider aan bod gekomen dan alleen belangstelling peilen bij waterschappen. Ook de STOWA (het samenwerkende onderzoeks begeleidings bureau van de regionale waterbeheerders), het Min. van Verkeer en Waterstaat, Staatsbosbeheer, Natuurmonumenten, en het Deltaprogramma zijn benaderd en hebben hun mening over klimaatadaptieve drainage gegeven.

Bereidheid agrariërs

De verkenning naar de bereidheid van individuele agrariërs heeft meer een verkennend karakter gekregen. In plaats van de gebruikte “formelere” vragen aan waterbeheerders, is met een aantal agrariërs het idee “rond de keukentafel” besproken. Belangrijk is dat LTO Nederland (de ondernemers en werkgevers organisatie voor de agrarische sector) zich positief over klimaatadaptieve drainage heeft uitgelaten.



Automatisering

Het gehele systeem van klimaatadaptieve drainage vergt een inspanning op het gebied van automatisering van het systeem. Hieronder valt het technische aspect van op afstand besturen van de klimaatadaptieve drainage regelputten, maar vooral ook de gehele infrastructuur van wanneer en hoe de waterbeheerder controle heeft over de bediening van de putten.

Rekenmodules

De grote uitdaging van dit haalbaarheidsonderzoek was om aan te tonen dat klimaatadaptieve drainage inderdaad bijdraagt aan een vermindering van piekafvoeren die ontstaat ten gevolge van klimaatverandering. Er is gebruik gemaakt van rekenmodules die (i) de huidige situatie nabootsen, (ii) de situatie nabootsen in 2050, en (iii) de situatie nabootsen in 2050 indien klimaatadaptieve drainage wordt geïmplementeerd. Het opzetten van de rekenmodules en het doorrekenen van verschillende scenario's is goed gelukt voor een aantal representatieve gebieden. De uitdaging voor de eventuele vervolg fase is om zeer locatie specifiek te gaan rekenen. Aangezien de methodes nu goed zijn ontwikkeld zal dit redelijk makkelijk kunnen worden uitgevoerd.

Kosten/baten analyse

De kosten/baten analyse is uitgevoerd door te kijken wat de extra kosten zijn door klimaatverandering indien klimaatadaptieve drainage niet wordt geïmplementeerd (dus extra berging en/of extra gemaalcapaciteit). Vervolgens is ingeschat wat de implementatie van klimaatadaptieve drainage gaat kosten, uitgaande van niet alleen de aanleg, maar ook onderhoud en management. Tenslotte is berekend hoeveel klimaatadaptieve drainage financieel zal gaan opleveren. Er is voor deze analyses uitgegaan van de resultaten van de rekenmodules en standaard bedragen voor berging en gemaalkosten.

Rapportage/planning

Management van het project is goed verlopen. De samenwerkende partners hebben regelmatig contact met elkaar gehad. Er zijn een drietal "formele" bijeenkomsten geweest. Daarnaast zijn er veelvuldige contacten en bijeenkomsten geweest tussen partners onderling. Met name voor de ontwikkeling van de rekenmodules en de techniek van de regelputten is regelmatig overleg tussen twee of drie partners geweest.

Samenvattend is de uitvoering van het project goed volgens de planning verlopen. Een aantal aanpassingen bleken noodzakelijk te zijn voor een goede voortgang van het project en door een aantal minimale externe factoren. De belangrijkste afwijkingen ten opzichte van de planning waren:

- De rekenmodules om de effectiviteit van de klimaatadaptieve drainage te bepalen bleken wat meer tijd te kosten gezien de complexiteit van de beslisregels die ingezet kunnen worden.
- De inzet van Johannes Hunink van FutureWater is gewijzigd in de inzet van Wilco Terink. Deze wijziging was nodig omdat de inzet van Johannes Hunink voor een project in Spanje noodzakelijk was.
- De bereidheid van agrariërs is wat meer aan het eind van het project gepeild, omdat toen pas duidelijker werd welke specifieke mogelijke consequenties klimaatadaptieve drainage voor agrariërs zou hebben.
- Het bedrijf Van der Weert Engineering heeft bijgedragen aan het ontwerpen van de regelputten. De inzet van de expertise van Van der Weert was noodzakelijk omdat het ontwerp van de regelputten complexer bleek te zijn dan voorzien. Dit heeft echter geen



extra kosten met zich meegebracht, aangezien Van der Weert hoopt dat hun inzet zal resulteren in extra werk tijdens een eventuele pilotfase van het project.



3 Inhoudelijke bevindingen

3.1 Introductie

Het haalbaarheidsonderzoek heeft zich gericht op de mogelijkheid van het introduceren van klimaatadaptieve drainage waarbij de toenemende piekafvoeren en wateraanvoerbehoefte als gevolg van klimaatverandering zullen worden gereduceerd. Dit product stelt de waterschappen in staat om, gebruik makend van agrariërs, te anticiperen op en zich aan te passen aan klimaatgerelateerde weersextremen. Het haalbaarheidsonderzoek had als doel om aan te tonen dat er behoefte bestaat onder waterschappen en agrariërs aan dit concept van klimaatadaptieve drainage, of het systeem technisch, bestuurlijk en financieel haalbaar is en commercieel aantrekkelijk voor het consortium om als product te vermarkten.

Specifieke vragen die hiervoor beantwoord moesten worden zijn:

- Belangstelling van waterschappen om klimaatadaptieve drainage te zien als een innovatieve methode van klimaatadaptatie
- Bereidheid agrariërs voor het meewerken aan het systeem
- Automatisering van het systeem
- Rekenmodules die de optimale inzet van klimaatadaptieve drainage bepalen
- Kosten/baten analyse voor waterschappen en agrariërs
- Rapportage/planning van bevindingen en voor vervolgfase.

Bovengenoemde haalbaarheidsvragen zijn in detail uitgewerkt en zijn uitgebreid beschreven in de annexen die bij deze eindrapportage zijn gevoegd:

- 1 Interesse waterbeheerders en grondgebruikers
- 2 Technische haalbaarheid
- 3 Opzet detailberekeningen onderzoek- en ontwikkelingstraject
- 4 Detail ontwerp putten
- 5 Economische haalbaarheid
- 6 Support brieven

3.2 Bijdrage aan het maatschappelijk vraagstuk

Het is duidelijk dat klimaatverandering een groot maatschappelijk vraagstuk is. Gezien de complexiteit, onzekerheden en de gigantische mogelijke impact, zijn innovatieve methoden niet alleen gewenst, maar zelfs vereist. Tegelijkertijd moet het streven zijn dat ideeën niet alleen innovatief zijn, maar ook werkelijk uitzicht bieden op duurzame oplossingen en economisch ook nog aantrekkelijk voor de maatschappij als geheel zijn. De resultaten van dit klimaatadaptieve drainage haalbaarheidsonderzoek laten zien dat klimaatadaptieve drainage inderdaad bijdraagt aan het oplossen van het maatschappelijke vraagstuk van klimaatverandering.

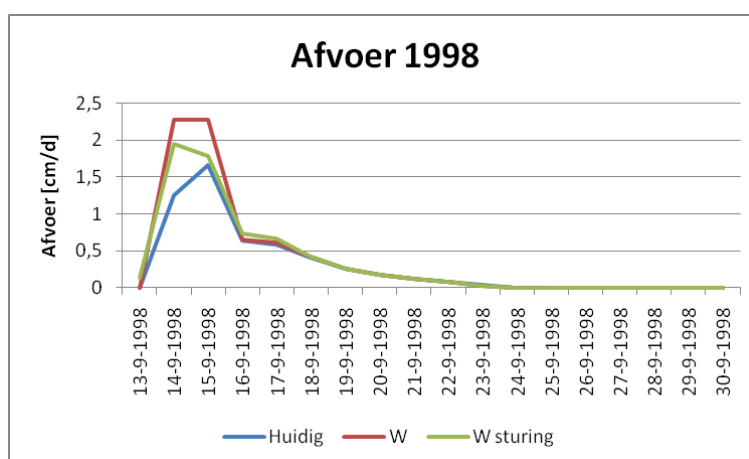
Als eerste is in het haalbaarheidsonderzoek aangetoond dat klimaatadaptieve drainage kan worden gezien als een adaptief flexibele aanpak voor het reduceren van piekafvoeren en het voorkomen van de gevolgen van verminderde neerslag door klimaatverandering. Aangezien klimaatadaptieve drainage bestaat uit een aantal kleinere componenten (van elk ongeveer 10 ha) is het systeem uitermate flexibel en kan dus bij extremere klimaatverandering meegroeien.



De economische paragraaf geeft hiervoor kwantitatieve resultaten. Bovendien zijn de individuele componenten van klimaatadaptieve drainage relatief eenvoudig en daarom is veerkracht en redundantie gegarandeerd.

De technische aspecten zijn in het haalbaarheidsonderzoek onderzocht en er zijn hier geen problemen te verwachten. Er is in het haalbaarheidsonderzoek ook ruime aandacht aan de niet-technische aspecten gegeven. Concreet blijkt dat waterschappen bereid zijn om klimaatadaptieve drainage in hun organisatie mee te nemen. Juridische aspecten, met name op welke manier agrariërs mee gaan doen, zijn uitgezocht. Het blijkt dat er hiervoor een drietal mogelijkheden zijn. Als eerste zien agrariërs in dat het klimaatadaptieve drainage systeem ook voor hen zelf bijdraagt aan waterconservering en willen dus op vrijwillige basis meedoen. Tweede mogelijkheid is dat in de vorm van zogenoemde blauwe diensten agrariërs meedoen en hiervoor een financiële compensatie krijgen. Het zogenaamde "Brussel proof" aspect (verborgen staatssteun) lijkt geen belemmering te zijn. Ten derde zou kunnen worden overwogen om klimaatadaptieve drainage in te voeren onder het bekende concept van vergunningverlening onder voorwaarden. Met andere woorden, het bestaande systeem van vergunningen voor drainage wordt uitgebreid met een klimaatadaptieve drainage verplichting.

Tenslotte heeft het haalbaarheidsonderzoek laten zien dat klimaatadaptieve drainage ook maatschappelijke raakvlakken met andere sectoren heeft. Het belangrijkste raakvlak is natuurlijk het aspect veiligheid. Klimaatadaptieve drainage draagt in hoge mate bij aan het voorkomen van overstromingen. Het haalbaarheidsonderzoek heeft laten zien dat piekafvoerreductie van wel 7 mm mogelijk is, waarbij de kansen op overstromingen worden teruggebracht met 40% uitgaande van het W+ scenario tot 67% voor het W scenario. Het is ook aangetoond dat door klimaatadaptieve drainage er een verminderde wateraanvoerbehoefte plaatvind van 50 tot 100 mm wat weer directe positieve effecten heeft op andere sectoren zoals drinkwater, koelwater, natuurgebieden en scheepvaart.



Figuur 1: Voorbeeld van piekafvoerreductie. Huidig is huidig klimaat, W is het KNMI'06 W klimaatscenario met Wsturing indien klimaatadaptieve drainage wordt geïmplementeerd.

3.3 Technische haalbaarheid

De technische haalbaarheid van klimaatadaptieve drainage heeft zich gericht op een tweetal onderwerpen. Als eerste is verkennend onderzocht, met behulp van rekenmodules, of piekafvoeren ten gevolge van klimaatverandering inderdaad kunnen worden verminderd met



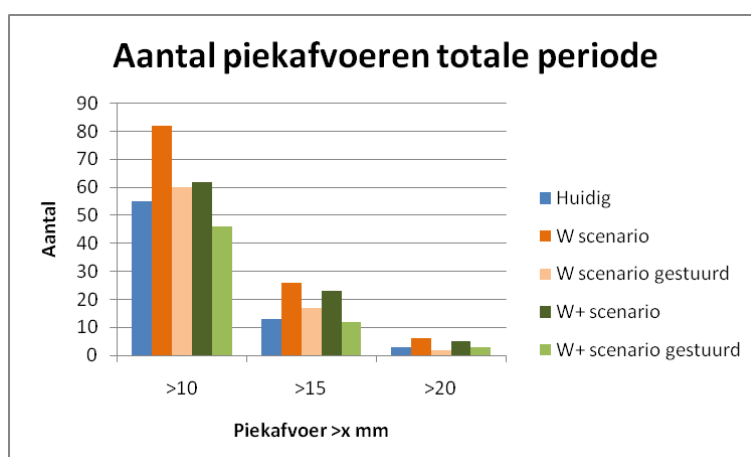
behelp van klimaatadaptieve drainage. De tweede technische haalbaarheid richtte zich op de aanleg van het klimaatadaptieve drainage systeem en dan met name op de regelputten.

De resultaten van de rekenmodules zijn uitgebreid beschreven in de bijlagen bij deze eindrapportage. De belangrijkste conclusies uit de technische haalbaarheid is dat piekafvoer-reductie inderdaad bereikt kan worden met klimaatadaptieve drainage. In Figuur 1 is het basis principe van klimaatadaptieve drainage te zien. Met behulp van het bekende en uitgebreid geteste model SWAP is voor een representatief gebied gekeken wat de afvoer in het natte jaar 1998 was. Het blijkt dat de piekafvoer 16 mm per dag bedroeg, wat overeenkomt met ongeveer 8.000 m³ voor een gemiddeld agrarisch bedrijf. In 2050 zou als gevolg van klimaatverandering deze piekafvoer toenemen tot 11.500 m³. Indien echter klimaatadaptieve drainage zou zijn geïmplementeerd, zou deze piekafvoer echter 2.000 m³ lager uitvallen.

De gehele technische analyse is uitgevoerd voor een periode van 30 jaar, om zodoende de variatie in weersomstandigheden mee te nemen. Een periode van 30 jaar is ook de standaard definitie van klimaat: de gemiddelde weersomstandigheden en de spreiding over een periode van 30 jaar. Uit deze analyse van 30 jaar blijkt dat het aantal piekafvoeren door klimaatverandering drastisch zal toenemen. Indien echter klimaatadaptieve drainage wordt geïmplementeerd zal deze toename beperkt blijven, of zelfs lager worden dan het huidige niveau zonder klimaatverandering (Figuur 2 en Tabel 1).

Het ruimtelijke model SIMGRO is vooral gebruikt om de invloed van klimaatadaptieve drainage op grondwaterstanden in te schatten en zodoende op de mogelijkheden van waterconservering en dus een verminderde wateraanvoerbehoefte. Figuur 3 laat duidelijk zien dat de invloed klimaatadaptieve drainage een grote invloed heeft op de gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG) en dus op de wateraanvoerbehoefte. De GHG zal tussen de 25 en 50 cm hoger liggen en uitgaande van een gemiddeld extra watervasthoudend vermogen van 20% zal dus de wateraanvoerbehoefte verminderen met 50 tot 100 mm.

Samenvattend kan geconcludeerd worden dat uit het haalbaarheidsonderzoek blijkt dat klimaatadaptieve drainage inderdaad zowel piekafvoeren kan reduceren en tevens gebruikt kan worden voor waterconservering.

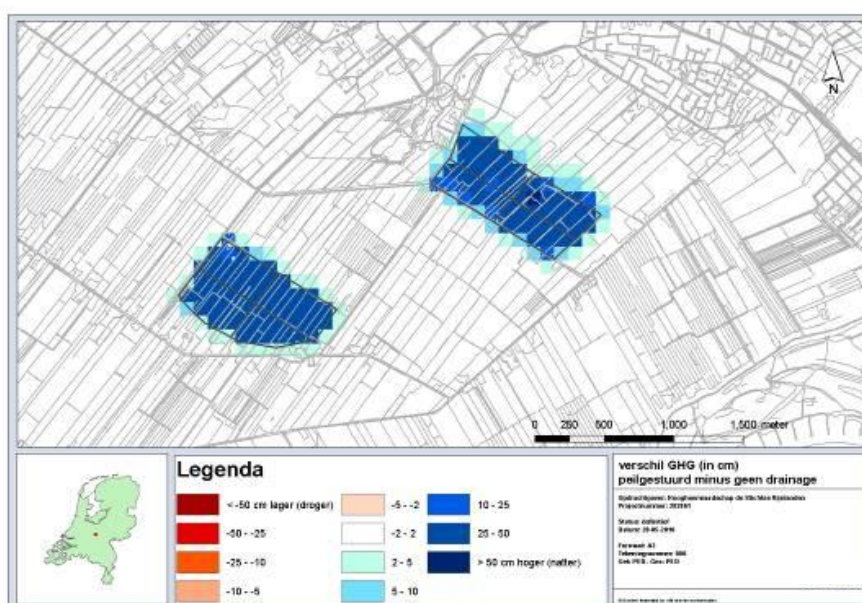


Figuur 2. Aantal piekafvoeren gedurende de gehele periode voor het huidige klimaat en het W en W+ scenario, met en zonder klimaat adaptieve drainage.



Tabel 1. Procentuele reductie in voorkomen van piekafvoer gedurende de gehele periode door klimaat adaptieve drainage.

<i>Piekafvoer > x mm</i>	<i>Reductie door sturing in W scenario [%]</i>	<i>Reductie door sturing in W+ scenario [%]</i>
10	27	26
15	35	48
20	67	40



Figuur 3. Invloed van klimaatadaptieve drainage op de grondwaterstand (GHG) en dus waterconserving.

Een tweede belangrijke component van de technische haalbaarheid was of de regelputten die nodig zijn voor het wijzigen van het drainage niveau gebouwd kunnen worden. Vereiste hierbij was dat het systeem robuust was en op afstand gestuurd kan worden. Voor de regelputten zijn technische tekeningen gemaakt en is het ontwerp voor de besturing opgesteld (zie bijlage rapport). De regelputten maken gebruik van een aantal bestaande concepten en componenten zodat de robuustheid en de functionaliteit gegarandeerd kan worden. De regelput in zijn geheel is echter nog nooit toegepast en tijdens het ontwikkelingstraject zullen een aantal regelputten gebouwd en geplaatst worden. Mogelijke verbeteringen en optimalisaties zullen dan worden doorgevoerd.

De laatste technische component vormt de besturing ofwel de automatisering van het gehele systeem. Het gehele klimaatadaptieve drainage systeem zal, indien volledig operationeel, per waterschap tussen de 50 en 250 systemen bestaan met evenveel regelputten en ongeveer 10 tot 50 agrariërs. Uit het haalbaarheidsonderzoek kwam duidelijk naar voren dat een SAAS (software as a service) systeem het beste is. Het combineert schaalbaarheid, bedieningsgemak en multiple-users voor de beste prijs-kwaliteit verhouding. Hierbij blijven de agrariërs de controle houden, maar kan de waterbeheerder tijdens extreme buien en grote kans op overstromingen het systeem tijdelijk overnemen.



De technische haalbaarheid is uitputtend aangetoond in deze fase. Een eventuele vervolg onderzoek- en ontwikkelingstraject heeft nog een aantal aspecten die verder uitgediept moeten worden. Als eerste wordt het systeem werkelijk gebouwd voor ongeveer vijf locaties, waarbij de mogelijkheid bestaat om zowel de regelput zelf als het regelsysteem te testen en te verfijnen. Ten tweede zal tijdens het onderzoek- en ontwikkelingstraject gemonitord worden of de te verwacht reductie in piekafvoeren en de verminderde wateraanvoerbehoefte ook werkelijk gehaald wordt. Als derde zullen de rekenmodules ingezet worden om de beste locaties exact te identificeren. De te verwachte voordelen zoals uit de rekenmodules komen, zullen getoetst worden aan de werkelijkheid. Hierdoor zullen de rekenmodules verfijnd moeten worden. Als laatste zal het gehele systeem van SAAS worden uitgetest, waarbij met name de controle door de agrariërs en een tijdelijk overname door de waterbeheerder uitgebreid getest gaan worden.

3.4 Economische haalbaarheid

De financiële haalbaarheid van klimaatadaptieve drainage is bepalend of er een vervolgtraject wordt ingezet van onderzoeks- en ontwikkelingstraject, gevolgd door een commerciële implementatie. Gedurende dit haalbaarheidsonderzoek is een economische analyse uitgevoerd, met als uitgangspunten:

- de kosten van klimaatverandering als er niets wordt gedaan
- de verminderde kosten indien klimaatadaptieve drainage wordt toegepast
- de kosten van aanleg en onderhoud van klimaatadaptieve drainage

De kosten als gevolg van klimaatverandering voor het waterbeheer zijn de te verwachte extra piekafvoeren. In principe zijn er traditioneel twee mogelijkheden om deze piekafvoeren te verwerken: (i) extra afvoercapaciteit en (ii) water tijdelijk bergen in overloopgebieden. De extra afvoercapaciteit heeft een component gemaalcapaciteit en een component sloten/kanalen. De kosten van het aanleggen van extra sloten/kanalen is zeer gebiedsafhankelijk: in sommige gebieden is deze capaciteit voldoende, terwijl in andere gebieden enorm geïnvesteerd zal moeten worden. Gezien de grote gebiedsafhankelijkheid, is in dit haalbaarheidsonderzoek alleen uitgegaan van de extra kosten voor uitbreiding van gemaalcapaciteit. Dit houdt in dat de huidige kosten de ondergrens laten zien en dus relevant zijn voor gebieden waar voldoende kanaalcapaciteit is. Bij de definitieve gebiedskeuze zullen deze eventuele kosten wel worden meegenomen. In Tabel 2 staan de gemiddelde kosten voor gemaalcapaciteit, uitgaande van de vuistregel dat elke $1 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ gemaalcapaciteit één miljoen euro aan investeringen bedraagt.

Tabel 2. Kosten van inzet voor gemaal om piekafvoeren af te voeren.

Gemaal	
Aanleg (€ per m ³)	12.50
Afschrijving (25 j)	0.50
Onderhoud/brandstof (€ per m ³)	0.15
Totale kosten (€ per m³)	0.65

Als alternatief kunnen extra piekafvoeren als gevolg van klimaatverandering opgevangen worden door het creëren van bergingsgebieden. Momenteel zijn er verschillende bergingsgebieden ingericht. De kosten van deze bergingsgebieden variëren, maar een gemiddelde kostprijs ligt rond de € 0,70 per m³ (Tabel 3).



Tabel 3. Kosten van bergingsgebieden om piekafvoeren tijdelijk te bergen.

Berging	
Aanleg (€ per m ³)	5.00
Afschrijving (25 j)	0.20
Onderhoud (€ per m ³ per j)	0.50
Totale kosten (€ per m³)	0.70

Uit bovenstaande blijkt dat gesteld kan worden dat de prijs om een extra m³ water als gevolg van verhoogde piekafvoeren rond de € 0,70 ligt. Indien klimaatadaptieve drainage tegen een lagere prijs kan worden aangelegd, zou het financieel aantrekkelijk zijn om klimaatadaptieve drainage in te voeren. Aangezien de kosten van klimaatadaptieve drainage zowel vaste als variabele componenten hebben, zal als voorbeeld worden uitgegaan van een inzet op 1000 ha, wat overeenkomt met ongeveer 20 boeren. De kosten van deze inzet zijn te zien in Tabel 4. De kosten bestaan uit het fysiek plaatsen en onderhouden van de putten en het management aspect van klimaatadaptieve drainage. Er is hierbij uitgegaan dat een conventioneel systeem van drainage al aanwezig is of in het kader van algemene verbetering wordt aangelegd.

Tabel 4. Kosten van de inzet van klimaatadaptieve drainage op 1000 ha.

Kosten		€ per jaar
Oppervlakte KAD (ha)		1000
Putten		
Putten (€ / put)		3500
Afschrijving (15 j)		233
Onderhoud (€ per j)		50
Totale kosten put (€ per j)		283
Benodigde putten (1 put / per 10 ha)		100
Putten (€ / j)		28,333
Management		
Aanloop (€)	10,000	
Afschrijving (15 j)	667	
Fixed (€ / j)	2,000	
Per put (€ / j)	100	
Management (€ / j)		12,667
Totaal		41,000

De baten van klimaatadaptieve drainage zijn vooral het verminderen van piekafvoeren. Uit de technische haalbaarheid uit het voorgaande hoofdstuk blijkt dat een piekafvoerreductie van globaal 7 mm realistisch is. Daarnaast heeft klimaatadaptieve drainage als bijkomende positieve eigenschap dat de agrariër het systeem in kan zetten om droogte te voorkomen. Deze positieve eigenschap is gewas en bodem afhankelijk en is daarom zeer behoudend ingeschat op 50 mm per jaar. De water productiviteit varieert ook per gewas, maar is voor de meeste gewassen minstens € 0,05 per m³. Uitgaande van wederom 1000 ha zijn de baten € 74.000.

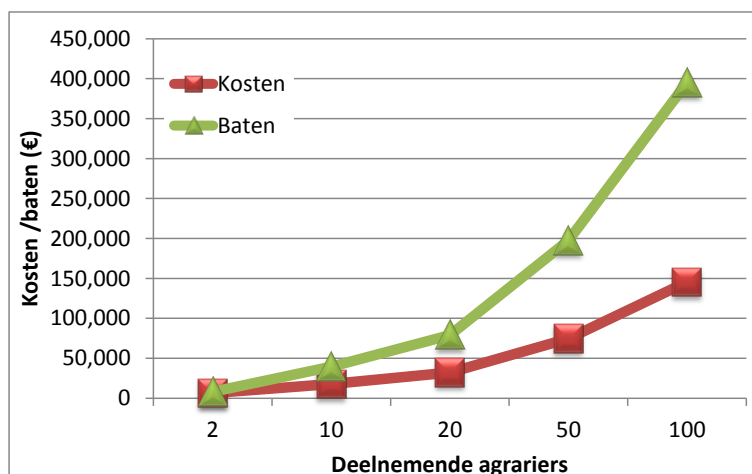
Samenvattend kan geconcludeerd worden dat uit de financiële kosten-baten analyse een positief saldo van € 33.000 kan worden behaald bij inzet op 1000 ha (kosten: € 41.000 en baten € 74.000). Hierbij is uitgegaan van een conservatieve schatting. Met name als eventuele kosten van extra kanalen/sloten noodzakelijk zijn, valt de kosten-baten analyse veel positiever uit.



Tabel 5. Baten van de inzet van klimaatadaptieve drainage op 1000 ha.

Baten		€ per jaar
Piekafvoer		
Berging/gemaal (€ per m3)	0.70	
Piekafvoer reductie (mm)	7	
OpperMak (ha)	1000	
Piekafvoer reductie (m3)	70000	
Piekafvoer reductie (€ per jaar)		49,000
Droogte reductie		
Droogte baten (€ per m3)	0.05	
Droogte reductie (mm)	50	
OpperMak (ha)	1000	
Droogte reductie (m3)	500000	
Droogte reductie (€ per jaar)		25,000
Totaal		74,000

In bovenstaande voorbeeld berekening is uitgegaan van 1000 ha. Een compleet klimaatadaptieve drainage systeem zal echter een grootte hebben van 2500 tot 5000 ha, wat overeenkomt met 50 tot 100 agrariërs. Op deze grotere schaal zal de kosten/baten analyse positiever zijn (Figuur 4).



Figuur 4. Kosten-baten analyse als functie van aantal deelnemende agrariërs (uitgaande van 50 ha per agrariër).

3.5 Organisatie

Indien klimaatadaptieve drainage commercieel wordt ingezet, dus na het eventuele onderzoeks- en ontwikkelingstraject, is het waarschijnlijk gewenst dat er een aparte organisatie wordt opgezet die klimaatadaptieve drainage aanbiedt. Dit zal mogelijk in de vorm van een BV zijn waar de partners binnen het consortium dat klimaatadaptieve drainage gaat aanbieden aandelen in zullen hebben. De structuur zal zijn dat deze klimaatadaptieve drainage-BV vooral de commerciële aspecten en de communicatie met waterbeheerders enerzijds en agrariërs anderzijds zal regelen. Inhoudelijke expertise, de aanlevering van het systeem zelf en het beheer zal dan ingehuurd worden bij de aandeelhouders. Het intellectueel eigendom en het eventuele patent op de regelputten zullen in bezit van de klimaatadaptieve drainage-BV blijven.



Bovenstaande constructie is tijdens het haalbaarheidsonderzoek nog niet volledig uitgediept gezien de relatief hoge kosten van juridisch advies die dit met zich meebrengt. In het eventuele onderzoeks- en ontwikkelingstraject zal dit verder worden uitgezocht.

3.6 Toegevoegde waarde voor de samenleving

Uit het haalbaarheidsonderzoek komt duidelijk naar voren dat klimaatadaptieve drainage een toegevoegde waarde heeft voor de samenleving. De afname in piekafvoeren zal direct effect hebben op de kans op overstromingen en dus een grotere waterveiligheid tot gevolg hebben. De verminderde wateraanvoerbehoefte heeft directe positieve effecten op andere sectoren zoals drinkwater, koelwater, natuurgebieden en scheepvaart. Daarnaast zijn er twee belangrijke ecologische effecten aan te wijzen. Ten eerste betekent de afname van de piekafvoeren ook een afname van de nutriëntenbelasting van het oppervlaktewater, ofwel een vermindering van milieuverontreiniging. Ten tweede is uit de rekenmodules duidelijk gebleken dat natuurgebieden in de omgeving van landbouwgronden minder snel zullen verdrogen doordat er meer water zal worden vastgehouden.

Verder blijkt uit het haalbaarheidsonderzoek dat er positieve effecten zijn voor zowel de waterbeheerders en de agrariërs in de vorm van de kwaliteit van het werkklimaat. Medewerkers van waterbeheerders hebben aangegeven tijdens de interviews dat meer sturing op de plaatsen waar ze echt wat aan piekafvoeren kunnen doen, hun werkinzet direct zichtbaar wordt. Of zoals één van hen zei: “eindelijk kunnen we de beleidsafspraken van vasthouden bij de bron waar-maken”. Ook agrariërs hebben aangegeven uitermate positief te staan over klimaatadaptieve drainage, omdat dit ze de mogelijkheid geeft om beter in te spelen op onvoorspelbare weer en klimaatomstandigheden.

4 Conclusies en vervolg

De belangrijkste punten uit het haalbaarheidsonderzoek naar klimaatadaptieve drainage zijn beschreven in deze rapportage en in de bijgevoegde bijlage. Samenvattend kan geconcludeerd worden dat:

- Klimaatadaptieve drainage wordt door waterbeheerders gezien als een uitermate effectieve maatregel om toenemende piekafvoeren als gevolg van klimaatverandering te reduceren. Het merendeel van de geïnterviewde waterbeheerders heeft ook aangegeven mee te willen doen aan een eventueel vervolgtraject.
- Agrariërs hebben in interviews ook aangegeven zeker mee te willen werken aan klimaatadaptieve drainage, waarbij voor hen de te verwachte extra droogte als gevolg van klimaatverandering geheel of gedeeltelijk teniet gedaan kan worden.
- Het gehele systeem van klimaatadaptieve drainage is hydrologisch-technisch realistisch en levert een wezenlijke bijdrage aan het terugdringen van de te verwachte extra piekafvoeren als gevolg van klimaatverandering.
- De werkelijke bouw van het systeem, bestaande uit een regelput en de volledige op afstand bestuurbaarheid en meetbaarheid, is mogelijk. Enkele voorontwerpen zijn gemaakt en kunnen gebouwd en ingezet worden.
- De financiële analyse laat zien dat klimaatadaptieve drainage commercieel ingezet kan worden. Voor een volledig systeem binnen een bepaald gebied, bestaande uit één waterbeheerder en ongeveer 50 tot 100 agrariërs, zijn de kosten tussen de € 100 en 190 duizend per jaar en de baten tussen de € 190 en 270 duizend. Het netto resultaat bedraagt tussen de € 90 en 180 duizend per jaar.
- Een voorlopige schatting is dat bij ongeveer de helft van de waterbeheerders (waterschappen) geschikte gebieden liggen voor klimaatadaptieve drainage. Bij elk van deze waterschappen zullen er tussen de 5 en 20 geschikte klimaatadaptieve drainage gebieden te vinden zijn, dus een eerste globale schatting ligt tussen de 65 en 260 gebieden.

Op grond van bovenstaande resultaten komt duidelijk naar voren dat er onder waterschappen en agrariërs behoefte bestaat aan klimaatadaptieve drainage en dat het systeem technisch en financieel haalbaar is. Bovendien is klimaatadaptieve drainage commercieel aantrekkelijk te maken voor de partners in het consortium.

In de beoogde fase 2, het onderzoek- en ontwikkelingstraject, zal voor een drie- tot vijftal locaties klimaatadaptieve drainage werkelijk worden gebouwd en ingezet. De uitdagingen van het onderzoek hierbij liggen dan in eerste instantie of het systeem zelf, dus de regelputten en het regelsysteem, technisch goed werken en welke verfijningen mogelijk zijn. Uitgangspunt zijn de technische ontwerpen en schetsen die tijdens het haalbaarheidsonderzoek zijn gemaakt. De verwachting is dat na het onderzoek- en ontwikkelingstraject dit technische systeem vervolmaakt zal zijn. De tweede uitdaging ligt in het organiseren van de regeling en sturing zelf. Op welk moment gaat de waterbeheerder het systeem gebruiken om piekafvoeren te reduceren en welke perioden kan de agrariër het systeem gebruiken om droogte te voorkomen.

Het onderzoek- en ontwikkelingstraject moet dus antwoord gaan geven op een aantal openstaande vragen en bovendien harde bewijzen gaan leveren voor het commercieel uitrollen van klimaatadaptieve drainage. Samenvattend zal het onderzoek- en ontwikkelingstraject de volgende aspecten omvatten:



- Welke verbetering kunnen worden aangebracht aan de regelputten door de praktijktest.
- Voor de juridische verhoudingen tussen waterbeheerder en agrariër zijn een aantal mogelijkheden gevonden. Wat is de meest gewenste?
- De rekenmodules zijn uitermate geschikt gebleken voor een “representatief” gebied. Voor een juiste selectie van de meest geschikte gebieden zullen deze rekenmodules aangepast worden voor de specifieke gebiedseigenschappen.
- De rekenmodules zullen worden gebruikt om de besturing van het klimaatadaptieve drainage systeem te verbeteren. Testen met weersverwachting en andere klimaatscenario's zullen worden uitgevoerd om zodoende een verbeterde besturingsstrategie te ontwikkelen.
- Een nauwkeurigere inschatting van het aantal klimaatadaptieve drainage systemen dat ingezet kan worden in Nederland zal worden gemaakt, inclusief een indeling van zeer geschikt to niet geschikte gebieden.
- Hoe zal het klimaatadaptieve drainage systeem als product in de markt gezet gaan worden. Gaan de consortium partners een klimaatadaptieve drainage-BV opzetten, of blijven de partners als consortium opereren, of gaat één partij de regie voeren.
- De bestaande klimaatadaptieve drainage website (www.klimaatadaptivedrainage.nl) zal worden uitgebreid en overige documentatie zal worden verfijnd.

Een belangrijk organisatorisch aspect dat tijdens het onderzoek- en ontwikkelingstraject verder uitgewerkt moet worden is de bescherming van het intellectueel eigendom en een eventueel patent op de regelputten. Juridisch advies hierop blijkt kostbaar te zijn en is daarom doorgeschoven naar het eventuele onderzoek- en ontwikkelingstraject. Hieraan gerelateerd is de juiste organisatievorm voor het verder uitrollen naar de commercialisering. De huidige consortiumpartijen hebben een goede mix van technisch inhoudelijke kennis, toegang tot potentiële klanten en een ondersteunende dienst gericht op enkele grote afnemers. Klimaatadaptieve drainage heeft daarna behoefte aan een servicedienst die vele kleine gebruikers, de agrariërs, kunnen ondersteunen op een kosteneffectieve methode. Aansluiting bij externe support in de regio zal worden gezocht.

De commercialisering van klimaatadaptieve drainage lijkt op grond van de resultaten van de kosten-baten analyse, zoals uitgevoerd tijdens het haalbaarheidsonderzoek, zeker mogelijk. Een zwakke kant is echter dat deze conclusies gebaseerd zijn op interviews, technische ontwerpen en de rekenmodules. Indien gedurende een onderzoek- en ontwikkelingstraject het systeem als pilot werkelijk geïmplementeerd wordt, kunnen geïnteresseerde partijen het systeem in werking zien.



5 Financiën

De totale begroting voor het haalbaarheidsonderzoek bedroeg € 48.420. De werkelijke uitgaven van de studie zijn hoger uitgevallen (11%) en bedragen € 53,260. Uit onderstaande tabel blijkt dat de overschrijding vooral plaats heeft gevonden in de kosten arbeid en voor een kleiner gedeelte in de kosten derden.

De werkelijk bestede uren zijn hoger uitgevallen omdat met name de tijd die besteed is aan het gebruiken van de rekenmodules om de effectiviteit van de klimaatadaptieve drainage te bepalen wat meer tijd in beslag nam. Dit komt tot uiting in de post "Kosten van arbeid" (en daardoor de post "overhead") en de post "Kosten derden". De tijd besteed aan "kosten/baten analyse" was daarentegen wat lager, aangezien de complexiteit van de berekeningen in het haalbaarheidsstadium van het project eenvoudiger bleek te zijn.

	Euro Planning	Euro Werkelijk
Kosten van arbeid	32,800	36,000
Overhead	4,920	5,400
Verbruikte materialen	500	660
Machines en apparatuur	0	0
Kosten van arbeid van projectpartners	2,400	2,400
Kosten Derden	7,200	8,800
Omzetbelasting	0	0
Totaal	47,820	53,260

	Dagen Planning	Dagen Werkelijk
Belangstelling waterschappen	12	14
Bereidheid agrariers	5	5
Automatisering	7	7
Rekenmodules	19	24
Kosten/baten analyse	9	6
Rapportage/planning	12	11
Totaal	64	67

