

Betreft: Status UP-KIBO project WKO+  
Opdrachtgever: UP Bodem en Ondergrond, Rijkswaterstaat Leefomgeving  
Auteur: Maurice Henssen  
Datum: 31 juli 2019

## 1 Maatschappelijk context van WKO+

Het project WKO+ is ontstaan met als doel om invulling te geven aan verschillende maatschappelijk thema's: duurzame energie, goede grondwaterkwaliteit en duurzame stedelijke ontwikkeling. Doel van het project WKO+ is om een nieuw concept te ontwikkelen en toe te passen op full scale niveau waarbij duurzame energiesystemen (in dit geval open warmte-koude-opslagsystemen) worden gebruikt om parallel aan de energievoorziening ook met chloorkoolwaterstoffen verontreinigd grondwater schoon te maken. Warmte-koude-opslagsystemen (WKO) is zeer functioneel in stedelijke omgeving waar herontwikkelingen plaatsvinden en waar bestaande (te renoveren) of nieuwe gebouwen voorzien worden van duurzame warmtesystemen. Dit zijn vaak ook binnenstedelijke gebieden waar historische grondwaterverontreiniging vaak wordt aangetroffen. Door een combinatieconcept toe te passen kan hier een efficiënte koppeling worden gemaakt die ook past in een integrale duurzame stedelijke ontwikkeling.

Het project WKO-PLUS past daarmee in minimaal twee thema's die door het UitvoeringsProgramma (UP) als belangrijk zijn bestempeld: het thema **Energie** en het thema **Bodemkwaliteitszorg**.

WKO+ betreft het ontwikkelen én toepassen op pilot en full scale van een biologisch concept om de *inzet van duurzame energie* middels *open WKO systemen te kunnen vergroten* en *gelijktijdig een bodemkwaliteitsverbetering door te voeren*. Duurzame energie én saneren dus. Daarmee haakt dit project direct in op de doelstellingen binnen het Convenant Bodem en Ondergrond om het gebruik van de ondergrond te stimuleren en daarbij meerdere functies te koppelen. Ook in het nieuwe convenant blijft het streven naar een gestadige kwaliteitsverbetering van bodem en ondergrond een hoofddoel, waarbij de kracht van het natuurlijke systeem wordt benut. Maar waarbij ook de nazorg en mogelijke risico's naar de toekomst worden gereduceerd. Dit past naadloos bij de potentie die het consortium ziet in de ontwikkeling en implementatie van ons concept. Van sec saneren naar duurzaam gebruiken van de ondergrond!

Aspecten die in dit project worden opgepakt zijn daarbij tevens themaoverstijgend. Er zitten onderdelen in die over **Governance** handelen (hoe zetten we dergelijke oplossingen op een goede manier in de markt en voeren we goed beheer, hoe moeten we zaken regelen om kansen te verzilveren), over **kennis en vaardigheden**, over **systeemkennis** (wat gebeurt er in de ondergrond, hoe werken de processen) en **natuurlijk kapitaal** (gebruik van de kracht van de natuur en dit op waarde schatten en meewegen in de afweging). Het karakter dat het project daarmee heeft correspondeert dan ook met "systeemkennis", "afwegen" en "implementeren".

Daarmee haakt het project dan ook in op verschillende kennisvragen die in de kennisagenda Bodem en Ondergrond als belangrijk zijn geformuleerd op de thema's:

**Energie**; statusbepaling, systeemkennis, afwegen en implementeren.

**Bodemkwaliteitszorg**; afwegen en implementeren.

## 2 Doel WKO-PLUS concept

Doelstelling van dit ontwikkel- en innovatieproject is om op pilot- en full-scale een nieuw concept, WKO-PLUS genaamd, toe te gaan passen. Met het WKO-PLUS concept wordt binnen een WKO (warmte koude opslag)-context een sanerende werking gecreëerd in de ondergrond ten behoeve van de verwijdering van chloorethenen. Deze groep van verontreinigingen vormt voor de toekomst één van de belangrijkste verontreinigingen. Op de nog circa 1.500 resterende spoedlocaties vindt verspreiding van verontreinigd grondwater plaats, waarvan verspreiding in combinatie met WKO systemen kan worden voorkomen en duurzaam kan worden verbeterd. Deze sanerende werking kan binnen een bestaande of nieuwe WKO worden gerealiseerd.

Deze aanpak zorgt ervoor dat duurzame energie middels WKO systemen mogelijk is binnen verontreinigde gebieden (Energieakkoord), waarbij simultaan een kwaliteitverbetering in het grondwater wordt gecreëerd (Bodemconvenant) en waarbij verantwoord, meervoudig gebruik wordt gemaakt van de ondergrond (STRONG). Daarnaast kan het concept goed gebruikt worden op gebiedsgerichte schaal (Bodemconvenant en omgevingswet), wat als belangrijk wordt beschouwd binnen het bodemconvenant. Technologie, de meer Bèta-onderdelen worden in dit project gecombineerd met gamma-aspecten, maatschappelijke baten en communicatie hieromtrent.

### *Technologisch*

Het concept bestaat uit het toevoegen van bacteriën aan de grondwaterstromen die binnen een WKO systemen worden gecreëerd en waarmee een sanerende werking wordt gerealiseerd, op dusdanige wijze dat dit geen negatief effect heeft op de WKO-installatie. Een nadere toelichting op de werking is opgenomen in bijlage 2.

### *Governance*

Naast de technische en milieuhygiënische aspecten gekoppeld aan het concept worden ook de financiële en organisatorische aspecten, zoals aanbestedingsvorm, financiering van de WKO en de sanering en samenwerkingsvorm uitgewerkt. Tevens wordt aandacht besteed aan de overdracht van kennis richting de maatschappij en opleidingsinstellingen. Deze laatste groep onderwijsinstellingen heeft zo mogelijk ook een uitvoerende taak in het project.

De technische doelstelling van dit innovatieproject is om een nieuw concept (WKO-PLUS) te ontwikkelen en te valideren op full-scale en te beheren/monitoren op lange termijn effecten. Het project levert daarmee een nieuw concept op, inclusief ontwerpparameters en financiële/organisatorische randvoorwaarden, dat vervolgens op andere plekken - binnen Nederland maar ook daarbuiten - ingezet kan worden.

Het maatschappelijke doel van dit concept is om middels deze aanpak invulling te geven aan de ambitie om benutten en verbeteren van de ondergrond te combineren en daarmee een significante kostenbesparing te realiseren. En daarbij op effectieve wijze risico's van restverontreiniging in het grondwater in de toekomst te verlagen én maatschappelijk gewenste ontwikkelingen (zoals duurzame energie via WKO) in verontreinigde gebieden mogelijk te maken vanuit een vergunning en handhaving oogpunt. Daarvoor zijn ook andere aansturings- en financieringsmechanismen nodig, die eveneens worden geleverd via dit project.

### **Beoogde resultaten uit dit project**

Middels dit project worden de volgende resultaten gerealiseerd:

- Het valideren op pilot- en full-scale van een techniek die een gecombineerde aanpak van WKO en saneren mogelijk maakt (implementeren).
- Het definiëren van ontwerpparameters en toepassingsgebieden/randvoorwaarden waarin deze techniek toepasbaar is; Herontwerp-regels voor het inpassen van een gecombineerde aanpak van WKO met sanering (implementeren).
- Het verder ophelderen van het werkingsmechanisme van dit concept en het daarmee initiëren van relevante kennisvragen ten behoeve van praktische en wetenschappelijk onderzoek naar processen in de ondergrond, met toegevoegde waarde voor andere toepassingsgebieden (systeemkennis, kennisdoorwerking).
- Het beschrijven van de technisch-economische haalbaarheid van het systeem waarin de kostenbesparing aan saneringszijde en toegenomen capaciteit aan de WKO-zijde worden meegenomen (afwegen en implementeren).
- Het beschrijven van financiële constructies en organisatorische mogelijkheden, gerelateerd aan aanbesteding, voor het creëren van dit concept (afwegen, implementeren, governance).
- Een bijdrage leveren in een lesmodule voor de Hogeschool/Universiteit voor milieu- en energie- c.q. duurzaamheid- gerelateerde opleidingsrichtingen (kennisdoorwerking).
- Het integreren van opleidings/stagebehoeften in de pilot- en full-scale fasen van het innovatieproject (kennisdoorwerking).

## **3 Maatschappelijke problematiek en relevantie**

### **Problematiek**

In Nederland neemt de vraag naar duurzame energie toe. In eerdere onderzoeken is geconstateerd dat bodemenergie in de vorm van (open en gesloten) WKO-systemen in de bebouwde omgeving een significante bijdrage kan leveren in het realiseren van deze duurzame energievoorziening. In de stedelijke omgeving worden echter in het grondwater op grote schaal historische verontreinigingen aangetroffen, waarbij chloorkoolwaterstoffen de belangrijkste verontreiniging vormen.

Met de wens om vanuit onder andere de Europese Kaderrichtlijn Water en vanuit landelijk beleid tot gestage kwaliteitsverbetering van het grondwater te komen kan toepassing van met name open WKO-systemen belemmerd worden. Immers, toepassing van open WKO systemen kan leiden tot (aanvullend) verspreiding van verontreinigd grondwater.

Dit leidt ertoe dat er tegenstrijdige belangen ontstaan tussen het toepassen van WKO en het saneren en/of beheersen van verontreinigingen. Maatschappelijk gezien betekent dit dat kansen voor duurzame energie worden gemist.

Indien toepassing van WKO zodanig kan worden ontworpen en ingezet dat een sanerende werking wordt verkregen, dan heft dit bezwaren van partijen op en biedt dit juist de kans om WKO en bodemsanering te combineren. Het resultaat is dan én een kwaliteitsverbetering van het grondwater, volgens het Bodemconvenant/Europese kaderrichtlijn Water én toename van gebruik duurzame energie volgens het Energieakkoord.

### **Relevantie**

De in dit project beoogde technische innovatie maakt een doorbraak op sociaal-maatschappelijk vlak mogelijk. Via de realisatie van duurzame energiewinning wordt de verbetering van de grondwaterkwaliteit ondersteund (beiden aan de baten-kant). Hiervoor is nodig de technische middelen - de kosten - af te stemmen en organisatorisch te verbinden. De middelen van beide baathebbers moeten worden samengevoegd, afspraken over verantwoordelijkheden worden gemaakt en praktische knelpunten worden opgelost. Door het via een communicatieprogramma etaleren van enkele praktijkervaringen, de best-practices, zal verdere doorbraak worden versneld.

De positieve bijdrage van WKO aan verbetering van de grondwaterkwaliteit maken het mogelijk om WKO bij de belanghebbers van schoon grondwater, zoals drinkwaterbedrijven, industrie en natuurorganisaties positief te positioneren. Dit levert een bijdrage aan de positionering van WKO als duurzaam toe te passen energietechniek. Het op verantwoorde manier (meervoudig) benutten van de ondergrond vormt vanuit het Rijk c.q. de maatschappij een aandachtspunt conform de insteek van STRONG, het Bodemontwikkelingsbeleid en het Convenant Bodem en Ondergrond.

Door toepassing van het WKO-PLUS concept kunnen deze toepassingsvelden energie en sanering worden verenigd. De economische waarde van WKO-PLUS kan daarmee dan ook significant zijn: Een - relatief - schone bodem en schoon grondwater creëert maatschappelijk gezien een waarde van circa 20-100 miljoen euro per jaar aan baten. Ofwel over 4 decennia 1-5 miljard. Nazorgkosten en/of beheertaken kunnen door de gerealiseerde kwaliteitsverbetering bijvoorbeeld beperkt worden, wat aan de kant van de overheid en bedrijven kosten verminderd, nog afgezien van de verlaagde kosten voor de grondwaterkwaliteitsverbetering. Bovendien kan door het wegnemen/in beheer hebben van de bodemverontreiniging in centrumgebieden de blokkade voor herontwikkeling van dergelijke gebieden worden weggenomen.

Uit een eerdere evaluatie, uitgevoerd binnen het project Meer met Bodemenergie, volgt dat de kosten voor grondwaterkwaliteitsverbetering via een WKO circa 30-50% lager kunnen zijn ten opzichte van een reguliere sanering. Een voorbeeld daarvan is het centrumgebied Utrecht: in het project CityChlor is aangetoond dat de kosten voor sanering van het centrum van Utrecht kunnen worden gereduceerd van 100 miljoen Euro naar 11 miljoen Euro bij slimme combinatie van WKO en grondwaterkwaliteits-verbetering. Het toepassingsgebied van WKO kan door dit concept vergroot worden, met een autonome ontwikkeling van WKO tot 2020, ter waarde van 1 miljard euro in de komende decennia. Naast deze financiële voordelen is tevens een groter aandeel duurzame energievoorziening mogelijk welke een maatschappelijke waarde van enkele honderden miljoenen euro kan hebben. Het marktpotentieel voor het WKO-PLUS concept is toegelicht in bijlage 6.

Er zijn verschillende partijen die baat hebben bij deze oplossing, resulterend in kostenverlaging zoals minder saneringskosten/beheerskosten of omzetsijging door het kunnen realiseren van energietoepassingen: Private partijen die een WKO systeem willen plaatsen in verontreinigd gebied, gebiedsbeheerders die mogelijkheden van functiecombinaties meenemen om beheerkosten te reduceren, en overheidsinstanties in relatie tot de vergunningverlening en handhaving.

#### 4 **WKO+: duurzame energie in combinatie met grondwaterkwaliteitsverbetering**

In 2015 heeft Bioclear earth het concept WKO+ bedacht. Samen met Brabant Water en T&K Service is dit concept sinds 2016 in technische zin ontwikkeld en op meerdere locaties als pilot uitgevoerd.



Het WKO+ concept bestaat uit het injecteren van een hoge concentratie specifieke bacteriën, die in staat zijn gechloroerde ethenen (PER, TRI, c-DCE en VC) af te breken, via open WKO bronnen. Op deze manier kan een grondwaterkwaliteitsverbetering worden gecreëerd in – vaak stedelijke - gebieden waarmee aan de doelstellingen van de Europese Kaderrichtlijn Water kan worden voldaan: een gestage kwaliteitsverbetering. En dit zonder andere maatschappelijk gewenste ontwikkelingen, zoals verduurzaming van de energievoorziening, te belemmeren. Met WKO+ wordt dus tegelijkertijd de ondergrond optimaal ingezet voor duurzame energie (middels de WKO) én parallel grondwater in kwaliteit verbeterd (door de plus, de bacterie-injectie).

Door gebruik te maken van bestaande infrastructuur van WKO systemen en de daarbij gehanteerde, vaak hogere debieten, kan niet alleen bespaard op saneringskosten, maar wordt ook een effectieve verspreiding van bacteriën in de ondergrond gecreëerd. En omdat een WKO systeem over het algemeen voor langere tijd wordt ontworpen en beheerd wordt ook gedurende langere tijd op efficiënte wijze verontreinigd water door de met biologie geactiveerde zone gepompt, zodat afbraak jarenlang gestimuleerd wordt.

Een belangrijk aspect en onderscheid van WKO+ ten opzichte van de conventionele saneringstechnieken is dat bij WKO+ in principe geen koolstofbronnen worden geïnjecteerd, om bijvoorbeeld de redoxcondities in de ondergrond aan te passen. De hypothese is dat door de overmaat aan bacteriën een zone ontstaat die biologisch gezien “zelf-voorzienend” is en zijn eigen micro-omgeving creëert waar afbraak van gechlloreerde ethenen kan plaatsvinden, ook als de van nature voorkomende condities in de ondergrond minder gunstig zijn voor dechlorering.

## 5 Voortgang binnen het project

### 5.1 Pilot activiteiten

De twee pilots – Den Bosch en Apeldoorn - die waren voorzien in het project zijn beiden in 2018 afgerond. In Den Bosch is de eerste pilot uitgevoerd, waarbij 80 liter hoog geconcentreerde bacteriën zijn geïnjecteerd. Deze pilot, uitgevoerd in 2017, bleek door de heterogeniteit in de ondergrond lastig te monitoring, maar uit de resultaten kon worden geconcludeerd dat het positieve resultaat uit de laboratoriumexperimenten ook gereproduceerd werd in het veld: onder ijzerreducerende condities en met veel biomassa werd c-DCE en VC omgezet in etheen, zonder toevoeging van koolstofbron. Gezien de kleinschaligheid van de bacterie-injectie was het resultaat moeilijker te interpreteren en de vraagstelling hoe lang de biologische activiteit kon hier niet worden beantwoord.

In Apeldoorn is de pilot begin 2017 gestart. Op deze locatie is nog geen WKO systeem aanwezig, en vandaar dat een nieuw geplaatst injectiefilter is gebruikt om een grote hoeveelheid gekweekte bacteriën te injecteren. In totaal is 9 m<sup>3</sup> (9.000 liter) Dehalococcoides bacteriën bevattende kweek geïnjecteerd. Met name deze pilot in Apeldoorn was zeer succesvol, omdat hier – conform plan en concept – voldoende bacteriën konden worden geïnjecteerd. Dit heeft ertoe geleid dat in de eerste zeven maanden na injectie via monitoring volledige afbraak van verontreiniging kon worden vastgesteld. Het instromende grondwater dat de met bacteriën geënte bodemzone doorstroomt bevatte tussen 300 en 700 microgram c-DCE en VC per liter grondwater. Monitoring in de met biomassa gevoede bodem en meteen achter deze zone liet zien dat alle chloorkoolwaterstoffen bijna momentaan volledig worden afgebroken tot etheen en ethaan. De verblijftijd in de actieve bodemzone met bacteriën bedraagt naar verwachting circa 30-40 dagen. Dit resultaat werd bereikt zonder toevoeging van koolstofbron. De van nature aanwezige redoxconditie is sulfaatreducerend.

Gezien het positieve resultaat in Apeldoorn gemonitord in 2017 is in het voorjaar van 2018 met de gemeente Apeldoorn overlegd of voortzetting van de monitoring op de locatie mogelijk en wenselijk is. Door herontwikkeling op de locatie en bouwactiviteiten (gestart in het voorjaar van 2018) zijn de oorspronkelijke meetpunten/peilbuizen verloren gegaan. Vandaar dat is besloten tot herplaatsing van nieuwe peilbuizen in het pilotgebied dat in februari 2017 is gevoed met bacteriën. Recente metingen (15 november 2018) laten zien dat in het gestimuleerde gebied nog steeds actieve bacteriën aanwezig zijn en dat hier ook nog afbraak van verontreiniging optreedt, 21 maanden na de eenmalige injectie van bacteriën. Medio 2019, 27 maanden na de eenmalige injectie met bacteriën, worden de peilbuizen opnieuw gemonitord. Metingen via mesocosms (bodemmonsters geplaatst in peilbuizen) en via het grondwater hebben aangetoond dat de geïnjecteerde bacteriën voor een zeer groot gedeelte (>95%) na injectie hechten aan de bodem en op deze wijze een actieve zone creëren rondom het injectiepunt. Dit is voor de toepassing van het concept belangrijk en ook zo voorzien. Dit blijkt ook in praktijk in het veld op te treden. Ook is aangetoond dat de actieve zone zich uitbreidt als gevolg van bacteriën die zich via de grondwaterfase verspreiden.

Uit de resultaten van Apeldoorn blijkt dat geïnjecteerde bacteriën onder deze sulfaatreducerende omstandigheden in ieder geval 2 jaar levensvatbaar blijven en tot significante daling van de chloorkoolwaterstoffen leiden in het beïnvloede gebied.

#### **Extra pilots**

Doordat het WKO+ project via publicaties en presentaties (onder andere Bodembreed, Aquaconsoil, contacten met gemeenten en universiteit Wageningen) is uitgedragen, is het WKO+ concept opgepikt door gemeente Utrecht/Deltares (via EU-project E-use(aq), Climate-KIC) en de Capital Region of Denmark (Kopenhagen) via de Wageningen Universiteit. Dit heeft geresulteerd in twee extra pilots, die tussen juli 2017 en mei 2019 zijn uitgevoerd (Utrecht: juli 2017-juli 2018; potentieel vervolg 2019 en Kopenhagen/Birkerød: november 2017-mei 2019) tot stand zijn gekomen. Beide pilots zijn uitgevoerd bij en met een werkende WKO-installatie. In Utrecht is bij de bestaande WKO aan de Grebberberglaan een injectie met biomassa uitgevoerd, 5 meter van de WKO bron vandaan. In Denemarken is een WKO apart voor deze pilot aangelegd (recirculatiesysteem), waarbij tussen de injectie- en extractiebron een bio-actieve zone is aangebracht door injectie van bacteriën. In Utrecht zijn in totaal 4 m<sup>3</sup> hoog-geconcentreerde bacteriën geïnjecteerd, in Denemarken 6 m<sup>3</sup>.

Net als in Apeldoorn kan zowel in Utrecht als in Denemarken worden aangetoond dat de geïnjecteerde bacteriën hechten aan de bodem en daar actief zijn. In Utrecht vindt afbraak van zeer lage concentraties (enkele microgrammen VOCl/liter) plaats gedurende minimaal 1 jaar onder ijzerreducerende condities. De functionele verblijftijd in de actieve zone is daarbij slechts enkele uren! Getracht wordt de metingen in Utrecht ook in 2019 voort te zetten om meer inzicht in de levensvatbaarheid van de bacteriën onder de relatief slechte condities (ijzerreducerende) te krijgen.

In Denemarken worden zeer hoge afbraaksnelheden gevonden. De biologisch actieve zone is ongeveer 8 meter stroomafwaarts van de WKO injectiebron gerealiseerd. In deze zone is door de WKO een temperatuur van circa 20-22 graden ontstaan. Deze pilot is uitgevoerd op een locatie die van nature zuurstofrijk is. Vandaar dat op deze locatie eerst via koolstofbroninjectie het grondwater is gereduceerd, ook omdat via labtesten is aangetoond dat de bacteriën niet overleven in de van nature optredende zuurstofrijke condities. Reductie van het grondwater is gerealiseerd door op de warme WKO bron intermitterend (1x per maand) koolstofbron te injecteren. Dit heeft vooralsnog niet geleid tot significante verstopping van de WKO bron. Per direct na injectie van de bacteriën vindt snelle omzetting van c-DCE en VC naar etheen plaats, waarbij de verblijftijd van het grondwater in de actieve zone maar circa 3-5 dagen is. Concentraties c-DCE en VC samen van circa 500 microgram/liter worden voor 70-80% omgezet in etheen en ethaan. Doordat grondwater continue wordt gerecycled tussen onttrekking en infiltratie wordt verwacht dat op termijn allen VOCl wordt verwijderd. Monitoring is gepland in juni 2019 (data nog niet beschikbaar).

Alle vier de pilots hebben laten zien dat met het injecteren van specifiek gekweekte en hooggeconcentreerde bacteriën (DHC; dechlorerende bacteriën) een sanerende werking kan worden gecreëerd en dat het WKO+ concept een goede optie biedt om bij bestaande en nieuwe WKO systemen in stedelijk gebied simultaan een grondwaterkwaliteitsverbetering te creëren.

## 5.2 Bioreactor

De bioreactor zoals deze in dit WKO+ concept is ontwikkeld en operationeel wordt gehouden, werkt nog steeds conform verwachting. Er is regulier onderhoud nodig om de werking van het systeem te kunnen garanderen. Met deze reactor zijn we in staat om binnen een periode van circa 6 weken een 10 m<sup>3</sup> (10.000 liter) bacteriekweek met zeer hoge dichtheid van circa 100 miljard DHC bacteriën per liter (!) te produceren. Dit is voor zover bekend de hoogste dichtheid aan kweek die wereldwijd wordt gekweekt en aangeboden. Door continue procescontrole en exploitatie van de bioreactor hebben we een vrij nauwkeurig beeld van de totale kosten voor dit systeem kunnen opstellen. Deze informatie is gebruikt om de technisch-economische haalbaarheid uit te werken.

## 5.3 Verkenning full scale toepassingen

Op basis van deze positieve resultaten van de pilots zijn we beland in de fase van verkenning en realiseren van een eerste full scale toepassing. De eerder als kansrijk benoemde locatie in Den Bosch blijkt niet realiseerbaar te zijn, ook omdat daar concurrerende (bovengrondse) energieopties voorhanden bleken te zijn en er dus geen noodzaak was om WKO systemen te plaatsen. Bovendien bleek de afstand tussen de verontreinigde pluim – waar de WKO bronnen geplaatst zouden moeten worden – en de feitelijke locatie waar de energie benodigd was met circa 250 meter door stedelijk, bebouwd gebied te groot. Aanleg van deze leidingen bleek een te grote kostenpost in het gehele kostenplaatje. De conclusie op basis van deze toentertijd uitgewerkte case is dan ook dat het leidingwerk bij een WKO+ toepassing maximaal circa 100 meter kan bedragen.



Gezien de zeer positieve resultaten, met name in Apeldoorn, Utrecht en Denemarken, is er in de voorbij maanden een groeiende interesse bij meerdere gemeenten in het concept WKO+. Onder andere de gemeenten Apeldoorn, Utrecht en Woerden zijn geïnteresseerd en op dit moment worden eerste conceptberekeningen uitgevoerd van de mogelijke impact op de grondwaterkwaliteit bij full scale toepassing in een groter gebied. Tevens wordt daarbij op basis van onze kostenramingen voor toepassing van WKO+ een evaluatie uitgevoerd van het full scale kostenplaatje.

Ook in Denemarken is mogelijk interesse om de pilot die is gerealiseerd verder uit te breiden en het concept op de pilotlocatie full scale te gaan toepassen voor het volledig saneren van de locatie.

Interessant is in de Deense case dat het concept daar wordt gezien als saneringsconcept, waaraan WKO wordt toegevoegd (dus doel is saneren, neven doel is WKO; ERD+), terwijl in Nederland de focus ligt op toepassing van duurzame energie (met WKO) en daaraan als neven doel saneren (WKO+).

De verwachting is dat in 2019 op één of meerdere van de genoemde plekken een stap richting grootschaligere toepassing kan worden gezet.

#### 5.4 Technisch-economische haalbaarheid

Op basis van de huidige monitoringsgegevens en data over de bioreactor zijn technisch-economische berekeningen gemaakt. Uit deze evaluatie kan worden geconcludeerd dat WKO+ prima kan concurreren met de meer traditionele saneringstechnieken. Indien eerst gesaneerd zou moeten worden voordat een WKO systeem geplaatst mag worden in verontreinigd gebied, dan blijkt de WKO toepassing – uitgaande van jaarlijks doseren van biomassa gedurende 25 jaar – nog steeds goedkoper of maximaal even duur te zijn als andere biologische processen en tot 3x goedkoper dan chemische oxidatie of pump en treat.

De exploitatiekosten (OPEX) van een WKO zijn duidelijk lager dan de OPEX van een traditioneel energiesysteem met op gasketels en koelers. Met het verschil tussen deze kosten kunnen saneringskosten ruimschoots worden gedragen en WKO+ worden gefinancierd. Dit is met name relevant indien de probleemeigenaar (saneringsplichtige partij) dezelfde is als de WKO-initiatiefnemer. Voordeel is dat door de initiatiefnemer per direct de WKO kan worden gerealiseerd en niet eerst een sanering hoeft te worden uitgevoerd. Dit is tevens een unique selling point voor de WKO als duurzame energiebron ten opzichte van andere duurzame energiebronnen (luchtwarmtepomp, zonnepanelen etc.) omdat WKO een van de weinige technieken is waarmee de combinatie met bodemsanering kan worden gemaakt.

Op basis van de kosten voor kweek van de benodigde bacteriën en van de mogelijke infrastructuur die nodig is om – al dan niet gebruik makend van de WKO bronnen – de bacteriën te injecteren worden op dit moment berekeningen gemaakt van de kosten voor grootschalige toepassing voor verschillende gemeenten in Nederland.

## 5.5 Kennisdoorwerking

Een uitgebreide evaluatie over de kennisdoorwerking heeft geleid tot een aantal belangrijke conclusies. Met name beheerders van WKO systemen zijn terughoudend zijn bij het toepassen van toevoegingen aan de bodem in of nabij WKO systemen. Ondanks uitgebreide gesprekken, toelichtingen en berekeningen blijkt het standpunt “liever niet” stand te houden. Onze conclusie is daaruit dat meer onderzoek of onderbouwing op dit punt geen doorbraak zal creëren. Wat wel kan werken is dat een WKO systeem niet zal worden gezien als stand alone systeem voor duurzame energie, maar veel meer als een integraal onderdeel van een totale omgevingsaanpak kan en moet worden benut (energie én kwaliteitsverbetering).

Deze visie en insteek ligt vanzelfsprekend niet logischerwijze bij een initiatiefnemer of beheerder van een WKO, maar veel meer bij een gemeente of gebiedsbeheerder, die meer integrale afwegingen maakt en meerdere doelstellingen parallel wil realiseren. De komst van de Omgevingswet en Omgevingsvisies kan daarin een (stimulerende) rol spelen. In de komende periode 2019 willen we dan ook vanuit het consortium hier meer energie in stoppen, om te focussen op gebiedsbeheerders, gemeenten en provincies (ook in relatie tot doelstellingen met betrekking tot grondwaterkwaliteit; zie verderop).

Een ander aspect is het ‘risico van de innovators’: wie dekt mogelijk de onrendabele top en extra risico’s bij de eerste toepassingen van nieuwe concepten? Uit de markt is gesuggereerd dat hier het Rijk mogelijk een rol kan en moet spelen, bijvoorbeeld met het bieden van een garantiefonds.

Eén van de meest belangrijke aspecten in de kennisdoorwerking betreft: is er een (blijvende) ambitie bij de bevoegde overheden om de grondwaterkwaliteit te verbeteren? Door het wegvallen van de Wbb in 2021 en het overgaan naar Omgevingswet alsmede de positie van grondwater daarin (en de gewenste kwaliteit) worden tussen provincies gesprekken gevoerd, onder andere over het voldoen aan de KRW. In de komende periode zal hieruit blijken of en zo ja, in welke mate kwaliteitsverbetering van het grondwater als urgent en relevant wordt gezien. Zo ja, dan biedt de ontwikkelde WKO+ techniek een uitstekende optie om dit op effectieve wijze te realiseren.

Zowel Bioclear earth als Brabant Water is bij verschillende gremia betrokken waar we input leveren aan deze discussie. Evident is dat dit een aspect betreft waar ons uitvoerende consortium geen overheersende impact heeft. Besluitvorming over en ontwikkeling van beleid op grondwatergebied wordt door overheden gedaan. In de komende periode wil het consortium zich wel verder inzetten om de mogelijkheden van WKO+ te onderstrepen en input te (blijven) leveren in deze discussie.

## 6 Voortgang in project en projectonderdelen

### 6.1 Onderdelen project

Het project bestaat conform het projectplan uit de volgende onderdelen:

- Onderdeel 1: ontwikkeling en opstart bioreactor, optimalisatie kweekproces.
- Onderdeel 2: selectie en ontwerp voor pilotlocaties.
- Onderdeel 3: uitvoering twee pilotprojecten.
- Onderdeel 4: ontwerp en uitvoering van full scale toepassing.
- Onderdeel 5: financieel en organisatorisch instrument.
- Onderdeel 6: communicatie en kennisoverdracht.
- Onderdeel 7: project- en procesmanagement.

Onderdelen 1 t/m 3 zijn volledig gerealiseerd. Voor onderdeel 4, ontwerp en uitvoering full scale toepassing, geldt dat de focus in 2019 ligt bij het verkennen en uitwerken van de opties voor één of meerdere gemeente die interesse hebben getoond in WKO+. Onderdeel 5, financieel en organisatorisch instrument is deels gerealiseerd en zal in 2019 op basis van gesprekken met marktpartijen, belanghebbenden en beleidspartijen verder worden uitgewerkt. Onderdeel 6 (communicatie en kennisoverdracht) en onderdeel 7 (project- en procesmanagement) lopen naar rato van voortgang van het project mee.

Naast de geplande onderdelen zijn extra pilots in Utrecht respectievelijk Denemarken in uitvoering en is de monitoring van de pilot Apeldoorn voortgezet. Dit zijn activiteiten die tot doel hebben de implementatie van het concept te versterken, zoals nadenken over nieuwe financiële en organisatorische arrangementen, andere verdienmodellen en (last-but-not-least) met marktpartijen – vaak de overheden – gesprek voeren over de beweegredenen om een kwaliteitsverbetering van het grondwater te realiseren en gezamenlijk randvoorwaarden c.q. criteria daartoe af te leiden. De kennisoverdracht en instrumenten daartoe worden op basis van deze interacties aangescherpt en uitgebreid.

## 7 Aanpassingen in de aanpak en effect daarvan binnen het project

De conclusie is dat alle pilotonderdelen nagenoeg volledig conform voorstel zijn verlopen. De aanpassing en afwijking ten opzichte van het projectplan is dat de oorspronkelijke planning moet worden bijgesteld. Zoals eerder vermeld zijn de belangrijkste redenen hiervoor de uitvoering van de extra pilots in Utrecht en in Denemarken alsmede de voortgezette monitoring van de pilot Apeldoorn en de vertraging in het realiseren van de full scale uitvoering. Deze laatste stagneert als gevolg van de planning van marktpartijen en het vinden van een nieuwe full scale locatie. De vertraging bedraagt momenteel circa 1 jaar.