

Energie, water en afval: duurzame opties voor nieuw ziekenhuis Tergooi

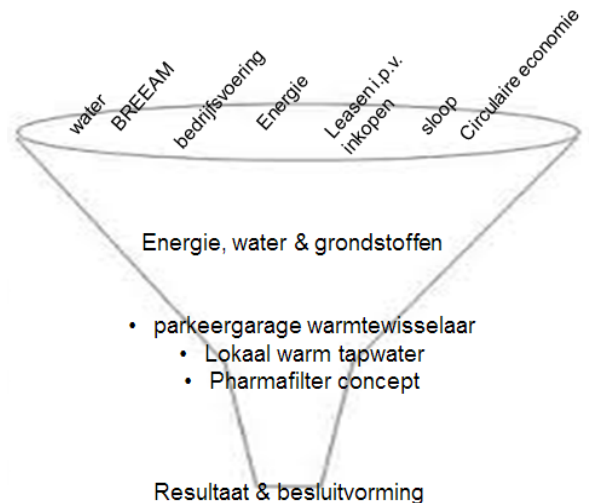
Jan Hofman, Edwin de Buijzer (KWR), Jeroen Nagel (Utrecht Sustainability Institute), Wim van Houdt (Tergooi)

In het Park Monnikenberg bij Hilversum wordt een nieuw zorgpark ontwikkeld, waarin door Tergooi een nieuw ziekenhuis wordt gebouwd. Dit ziekenhuis moet zo duurzaam worden dat het een BREEAM®-certificaat 'Excellent' krijgt. In het kader van het TKI Watertechnologie is daarom de technische haalbaarheid van verschillende concepten op het raakvlak van water en energie onderzocht. De resultaten van deze studie kunnen worden gebruikt om een energiezuinig en duurzaam ziekenhuis te ontwerpen. De financieel-economische afweging werd gebaseerd op *Total Costs of Ownership*. Binnenkort wordt besloten welke concepten zullen worden toegepast.

Het is een bijzondere samenwerking: sinds 2011 werken Tergooi, Merem behandelcentra, HPG Hilversum bv en het Goois Natuurreservaat samen aan de ontwikkeling van een ambitieus zorgpark, waarin een aantal zorgfuncties wordt ingepast in het natuurgebied Monnikenberg, aan de oostkant van Hilversum. Één van de nieuwe zorgfuncties is een nieuw ziekenhuis voor Hilversum, dat hier door Tergooi wordt gerealiseerd. Het nieuwe ziekenhuis zal plaats bieden aan circa 470 bedden en het neemt een deel van de taken van het ziekenhuis in Blaricum over. Dat laatste zal worden omgebouwd tot polikliniek waar in de toekomst uitsluitend nog dagbehandelingen plaatsvinden.

Vanwege de inpassing in het natuurgebied heeft Tergooi een hoge duurzaamheidsambitie voor het nieuwe gebouw. In 2012 is daarom met een aantal kennisinstellingen en andere belanghebbenden een workshop gehouden om te kunnen vaststellen wat kansrijke opties zijn voor het realiseren van deze duurzaamheidsambitie. De belangrijkste kansen konden worden gegroepeerd in drie categorieën: water, energie en afval (of grondstoffen). In een tweede workshop zijn binnen deze drie categorieën de opties verder verdiept tot concrete kansrijke ideeën. Op het gebied van water waren dat: toepassing van het Pharmafilter®-concept, de inzet van de parkeergarage als warmtewisselaar voor duurzame koeling en het toepassen van lokale elektrische bereiding van warm tapwater in plaats van een centrale bereiding met ringleiding.

Deze onderwerpen zijn vervolgens in één project verder uitgewerkt, in het kader van de TKI-regeling ('Topconsortia voor Kennis en Innovatie' in de Topsector Water), door een multidisciplinair team onder leiding van KWR Watercycle Research Institute. De overige partners in het consortium waren Tergooi, Ecofys, Deerns, Waternet, Pharmafilter BV en het Utrecht Sustainability Institute (USI).



Afbeelding 1. Aanpak van het project

Aanpak

Het project is uitgevoerd in twee fasen. In de eerste fase is in een *quick-scan* de haalbaarheid van de concepten onderzocht. Als basis hiervoor is eerst in beeld gebracht wat de omvang van de waterstromen in het nieuwe ziekenhuis zal zijn, en is er een schatting gemaakt van stofstromen en de energiebalans. Verder is in deze fase het financieel-economische afwegingskader op basis van het *Total Costs of Ownership* (TCO)-concept ontwikkeld.

Na fase 1 hadden twee opties verdere verdieping nodig: de toepassing van het Pharmafilter®-concept en de duurzame koeling. Voor besluitvorming over de voorziening van warm tapwater waren in fase 1 voldoende gegevens geanalyseerd.

Afwegingskader

Het afwegingskader voor de onderzochte systemen omvat vier aspecten: de technische haalbaarheid, de financieel-economische haalbaarheid, de voor- en nadelen en de mogelijke bijdrage aan de BREEAM®-score. BREEAM® is een in Nederland geaccepteerde methode om de mate van duurzaamheid van een gebouw in kaart te brengen.

Voor de evaluatie van de financieel-economische haalbaarheid is gebruik gemaakt van de TCO-systematiek (Total Costs of Ownership). Hierbij worden alle kosten en opbrengsten of besparingen over de verwachte levensduur van de installatie gesommeerd, gecorrigeerd voor inflatie. Het eindresultaat is voor elke optie één bedrag, waarmee verschillende opties onderling afgewogen kunnen worden. De uitgangspunten voor de TCO-berekeningen zijn vermeld in tabel 1.

De TCO-systematiek past bij het duurzame karakter van het nieuwe ziekenhuis. Met de systematiek worden de totale kosten inzichtelijk gemaakt. Hierdoor vallen opties met een hoge investering bij realisatie, maar met grote besparingen in de loop van de tijd, niet direct in het

begin van het selectieproces af. Tergooi hanteert bij de selectie het criterium dat de investeringen zich pas na 7 à 8 jaar hoeven terug te betalen.

Tabel 1. Uitgangspunten berekening Total Costs of Ownership

| <i>Parameter</i> | <i>Waarde</i> |
|---------------------------|----------------------------|
| <i>Evaluatieperiode</i> | 40 jaar |
| <i>Rente</i> | 6 % per jaar |
| <i>Inflatiecorrectie</i> | 2 % per jaar |
| <i>Prijsindex energie</i> | 6 % per jaar |
| <i>Elektriciteit</i> | € 0,450 per kWh |
| <i>Gas</i> | € 0,125 per m ³ |
| <i>Drinkwater</i> | € 1,75 per m ³ |
| <i>Onderhoud/beheer</i> | € 52 per persoon per uur |

Pharmafilter

Het Pharmafilter[®]-concept is niet nieuw. Het wordt sinds enkele jaren getest bij het Reinier de Graafgasthuis in Delft [1]. Bij het Pharmafilter[®]-concept wordt het verzorgingsproces rondom het bed vereenvoudigd. Op de verpleegafdelingen worden vermalers – Tonto[®]'s genaamd – geplaatst, die de conventionele bedpanspoelers vervangen. Patiënten die afhankelijk zijn van bedpannen en urinalen voor de toiletgang, maken gebruik van wegwerpmaterialen, gemaakt van biodegradeerbaar materiaal. Na gebruik worden deze wegwerpmaterialen vermalen in de Tonto[®] en met een waterspoeling afgevoerd via het riool. Behalve voor bedpannen en urinalen kunnen de Tonto[®]'s ook gebruikt worden voor het afvoeren van specifiek ziekenhuisafval (gebruikte verbandmaterialen, injectienaalden etc.) en overig afval, waaronder etensresten. Deze wijze van werken vermindert het aantal loopbewegingen van het verplegend personeel rond het bed, waardoor tijd bespaard kan worden en de kwaliteit van de zorg kan verbeteren. Ook neemt de kans op besmetting via de bedpannen af.

Pharmafilter[®]-zuivering

Het vermalen afval wordt via het riool afgevoerd naar de Pharmafilter[®]-zuivering. Daar vindt eerst een scheiding van de vaste en vloeibare fractie plaats. Het vaste deel wordt vergist. Het biogas dat daarbij vrijkomt, wordt gebruikt voor de energievoorziening van de zuivering. De vloeibare fractie van het afvalwater wordt behandeld in een membraanbioreactor, gevolgd door ozonisatie, actieve koolfiltratie en ten slotte UV-desinfectie. De Pharmafilter[®]-zuivering verwijdert de organische stof (CZV) vergaand, en de geneesmiddelen voor een groot deel. Bij lozing van het gezuiverde afvalwater op het riool is vrijwel geen zuiveringsheffing meer verschuldigd. Voor lozing direct op oppervlaktewater is extra stikstof- en fosfaatverwijdering vereist, die kan worden bereikt door het doseren van chemicaliën.

Locatiestudie

Specifiek aan de situatie in Hilversum is dat er op het terrein van Monnikenberg geen ruimte beschikbaar is voor de Pharmafilter®-zuivering. Daarom is gezocht naar alternatieve locaties, waaronder de rioolwaterzuivering (rwzi) Hilversum of de voormalige gemeentewerf (Mussenstraat). Voor deze beide locaties moet een persleiding worden aangelegd om het afvalwater van het ziekenhuis naar de zuiveringsinstallatie te transporteren. Deze leiding moet bovendien een spoorlijn kruisen, waardoor de aanlegkosten relatief hoog zijn.

Besparingspotentieel

Een eerste besparing is de besparing op menskracht rondom het bed. Door gebruik te maken van wegwerp bedpannen en urinalen kan het aantal loopbewegingen en handelingen aanzienlijk worden teruggebracht. In totaal kan circa 3 fte worden bespaard. De vraag is echter of dit werkelijk leidt tot minder personeel, omdat de besparing telkens maar enkele minuten bedraagt, verspreid over de hele dag. In de TCO-berekeningen is deze besparing wel meegerekend.

In het Pharmafilter®-concept wordt doorgaans gebruik gemaakt van wegwerpmaterialen die van biodegradeerbaar plastic gemaakt zijn (Olla®'s en Botta®'s). De kostprijs voor deze materialen is vrij hoog. Daarom is het scenario ook doorgerekend met alternatieve kartonnen wegwerpmaterialen. Ook deze kunnen in de Tonto® worden vermalen, en de prijs van deze wegwerpartikelen is bijna een factor 10 lager.

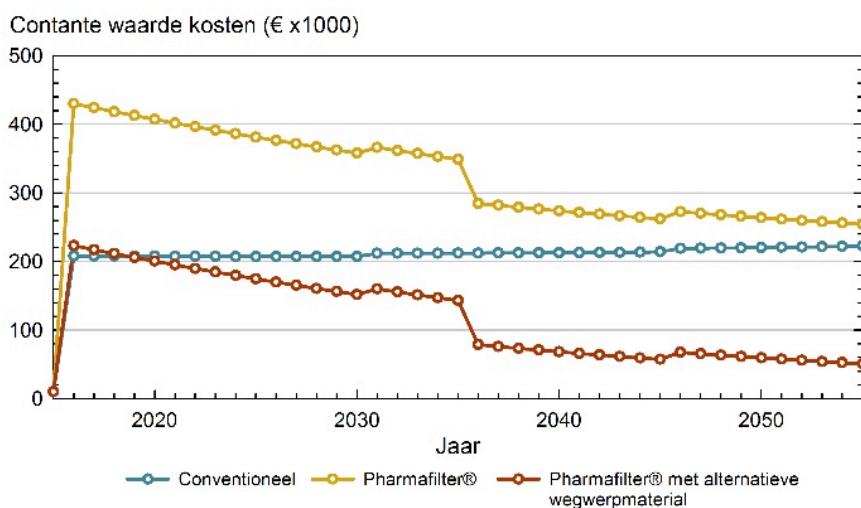
De tweede besparingspost is het afval. In de conventionele situatie wordt het afval op de verpleegafdelingen verzameld en vervolgens afgevoerd. Door het toepassen van het Pharmafilter®-concept kan een aanzienlijke financiële besparing worden bereikt op het afvoeren en verwerken van afval. In de Pharmafilter®-zuivering wordt het vaste afval vergist, waardoor het in volume afneemt. Het uitgegiste slib wordt vervolgens afgevoerd en verbrand. De kosten daarvan zijn beduidend lager dan bij een reguliere afvoer van het afval. De kostenbesparing voor Tergooi bedraagt jaarlijks zo'n € 130.000, voor 57 ton specifiek ziekenhuisafval en 390 ton bedrijfsafval.

BREEAM®

Om mogelijk 2 extra BREEAM®-punten te kunnen krijgen, is het nodig om het gezuiverde afvalwater te hergebruiken voor toiletspoeling in het ziekenhuis. Daarnaast kan het water worden ingezet voor het spoelen van de Tonto®'s. De huidige wetgeving laat echter alleen opvangen hemelwater toe als alternatieve bron voor toiletspoeling [2]. In een aantal vergelijkbare situaties is bij toepassing van Pharmafilter® een ontheffing verkregen voor hergebruik van het gezuiverde afvalwater. Om hergebruik mogelijk te maken is het noodzakelijk om een extra investering te doen in een retourleiding, hydrofoor en een tweede leidingnet. De meerkosten worden echter op korte termijn terugverdiend door de besparing op de inkoop van drinkwater (bijna 12.000 m³ per jaar).

Conclusie

Afbeelding 2 toont het verloop van de netto contante kosten (de huidige waarde van uitgaven in de toekomst) over de hele evaluatieperiode. De kosten van het conventionele concept zijn over de gehele periode nagenoeg gelijk. Dit komt doordat de kosten vooral afhankelijk zijn van de afvoer van afval en hierop worden geen besparingen gerealiseerd. Voor het Pharmafilter® blijven de kosten in de loop van de tijd vrijwel constant, maar door de kostenbesparingen nemen de totale kosten af in de tijd. De berekende TCO's zijn 13,0, 8,5 en 4,3 miljoen euro voor respectievelijk Pharmafilter®, conventioneel en Pharmafilter® met alternatieve wegwerpmaterialen. Deze laatste optie is dus financieel-economisch in het voordeel. Bij Pharmafilter® is ook rekening gehouden met additionele N- en P-verwijdering om lozing op het oppervlaktewater mogelijk te maken, en met besparingen op personeelskosten en door vermeden infecties.



Afbeelding 2. Verloop van de netto contante waarde van de kosten voor toepassing van Pharmafilter® in vergelijking met een conventioneel ingericht ziekenhuis.

Duurzame koeling

De gevels van het nieuwe ziekenhuis krijgen een hoge isolatiewaarde. Dat betekent dat de energiehuishouding in het gebouw en het binnenklimaat vrijwel volledig afhangen van de processen die binnen plaatsvinden. De verwachting is dat er een warmteoverschot ontstaat, waardoor extra koeling nodig is. De omvang van het warmteoverschot blijkt echter lastig vooraf in te schatten. Bovendien zal het energieverbruik en de vraag naar koeling sterk variëren binnen het gebouw. MRI-apparaten bijvoorbeeld vergen veel energie en koeling.

Warmteoverschot en koeling

Momenteel wordt uitgegaan van een warmteoverschot van 7,2 TJ per jaar. Het hiervoor benodigde koelvermogen kan worden geleverd door droge koelers te plaatsen op het dak. Om de koeling duurzamer te maken is in eerste instantie gezocht naar de mogelijkheid om de parkeergarage als warmtewisselaar in te zetten. In fase 2 is het onderzoek uitgebreid door ook

de gevels en het dak van de technische ruimtes – die op de bovenste verdiepingen van het ziekenhuis komen – in het onderzoek te betrekken. Voor de parkeergarage is een drietal varianten onderzocht: het gebruik van de betonconstructie, het aanleggen van een warmtewisselaar in de vloer (een soort omgekeerde vloerverwarming) en het plaatsen van warmtewisselaars aan de plafonds. Ook voor de technische ruimtes zijn verschillende varianten bekeken: een Energiedak® (Solatech), en het integreren van warmtewisselaars in de gevelbekleding van óf koper, óf staal. Tevens is gekeken of een stalen warmtewisselaar op het dak kan worden gemonteerd. Tabel 2 geeft een overzicht van de resultaten.

Warmte-koude-opslag in de bodem

Deze systemen werken door met de warmtewisselaars winterkoude in te vangen en op te slaan in een koude bron in de bodem van een Warmte-Koude-Opslag (WKO). Voor de berekeningen is aangenomen dat het systeem effectief kan worden ingezet als de luchttemperatuur voor meer dan 4 aaneengesloten uren onder de 4°C zakt. Het benodigde koelvermogen in deze periode is dan 775 kW, uitgaande van een warmteoverschot van 7,2 TJ.

Omdat nog niet precies bekend is hoeveel koelvermogen daadwerkelijk nodig is, zijn ook berekeningen uitgevoerd voor 3,6 TJ en 10,8 TJ koelcapaciteit. Daarnaast is flexibiliteit ingebouwd door per warmtewisselaar-systeem te kijken wat er direct bij de bouw van het ziekenhuis moet worden aangelegd (de zgn. voorinvestering, bijvoorbeeld leidingen voor transport van het koelmedium) en welk deel van de investering later gedaan kan worden als blijkt dat de koelcapaciteit daadwerkelijk nodig is.

Conclusie

Met deze uitgangspunten is berekend wat de kosten zijn per energie-eenheid (GJ), wat de aanlegkosten zijn en welk deel daarvan bij de bouw van het ziekenhuis moet worden besteed. Het blijkt dat in alle gevallen de droge koelers de laagste kosten opleveren, zowel per gigajoule als voor de TCO. Ook de voorinvestering bij droge koelers is laag. De kosten voor het bekleden van de technische ruimte met stalen warmtewisselaars of het plaatsen van warmtewisselaars aan het plafond van de parkeergarage zijn iets hoger, maar nog wel in dezelfde grootteorde. Voor de andere systemen zijn de TCO's fors hoger. Als minder koelvermogen nodig is, blijft dit beeld hetzelfde. Voor grotere koelvermogens (10,8 TJ) wordt het verschil groter, in het voordeel van droge koelers.

Tabel 2. Vergelijking energie-invangsystemen, uitgaande van 7,2 TJ benodigde koelcapaciteit

| | Eenheid | Vloer | Plafond | Beton- con- structie | Techn. Ruimte koper | Techn. Ruimte staal | Droge Koeler |
|-----------------------------------|---------|-------|---------|----------------------------|---------------------------|---------------------------|-----------------|
| TCO | k€ | 798 | 566 | 783 | 1.905 | 500 | 396 |
| Aanlegkosten | k€ | 535 | 320 | 448 | 1.091 | 282 | 162 |
| Kosten / GJ koude | €/GJ | 3,69 | 2,58 | 3,63 | 9,53 | 2,53 | 1,83 |
| Kosten voorinvestering | k€ | 428 | 80 | 358 | 55 | 14 | 8,1 |
| Percentage kosten voorinvestering | % | 80 | 25 | 80 | 5 | 5 | 5 |

Decentrale opwekking van warm tapwater

Warm tapwater wordt in een conventioneel systeem bereid in centraal opgestelde boilers en naar de tappunten gedistribueerd via een circulatieleiding. Daarnaast is een tweede leidingsysteem nodig om koud tapwater te distribueren. Een alternatief is om alleen koud tapwater te distribueren en lokaal warm tapwater te maken met behulp van elektrische doorstroomapparaten.

Alternatieven

De haalbaarheid en mogelijkheden van deze alternatieve warmtapwatervoorziening is onderzocht voor een 'standaard' verpleegafdeling (verdieping met 52 eenpersoons kamers, elk met eigen douche, toilet en wastafel). Voor de bereiding van warm tapwater voor wastafel en douche in de patiëntenkamers wordt hierbij gebruik gemaakt van elektrische doorstroomapparaten. Op andere tappunten, zoals de toiletten voor bezoekers, zal geen warm tapwater beschikbaar zijn.

De volgende opties zijn onderzocht en vergeleken:

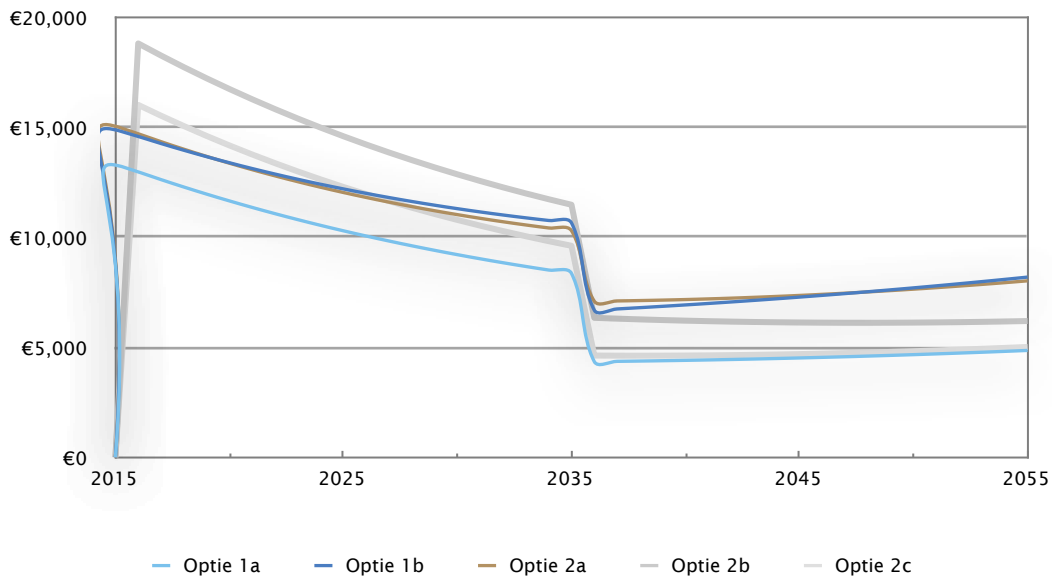
- optie 1a: conventioneel systeem: warmwatercirculatie met een centrale gasmotor-warmtepomp voor de bereiding van warm tapwater
- optie 1b: conventioneel systeem: warmwatercirculatie met een elektrische warmtepomp voor de bereiding van warm tapwater
- optie 2a: lokale warmwaterbereiding (1 doorstomer per natte cel)
- optie 2b: lokale warmwaterbereiding met terugwinning van warmte uit douchewater in de douchebak
- optie 2c: lokale warmwaterbereiding met terugwinning van warmte uit douchewater in de leidingschachten

Kosten

De vijf opties hebben vergelijkbare TCO's, variërend tussen k€ 420 en k€ 580. Het verloop van de contante kosten van de vijf opties is weergegeven in afbeelding 3. Optie 1a is daarbij het voordeligste, als gevolg van de lage energiekosten bij gebruik van een gasmotorwarmtepomp voor het bereiden van warm tapwater. De opties met doorstroomapparaten zijn duurder. Wanneer deze opties echter vergeleken worden met het gebruik van HR-ketels voor de bereiding van warm tapwater, dan zijn de decentrale elektrische doorstromers in het voordeel.

Conclusie

Door het gebruik van elektrische doorstromers neemt het elektrisch piekvermogen significant toe. Op basis van het verwachte aantal gelijktijdig in gebruik zijnde douches, wordt een extra vermogen van 880 kW gevraagd. Tijdens de ochtenddouche wordt daardoor circa 50 % van het opgenomen elektrisch vermogen van het ziekenhuis gebruikt voor de doorstroomapparaten. De consequenties van dit extra vermogen, zoals extra vaste lasten voor een zwaardere elektrische aansluiting, extra investeringen in transformatoren en veiligheidssystemen, zijn niet meegenomen in de berekeningen.



Afbeelding 3. Verloop contante kosten warmtapwatersystemen

Geconcludeerd is dat de uiteindelijke keuze voor de voorziening van warm tapwater sterk afhankelijk is van de keuze die gemaakt wordt voor de wijze van energievoorziening van het hele gebouw.

Tot besluit

Het project heeft voor het nieuwe ziekenhuis Tergooi een aantal mogelijkheden voor toepassing van duurzame energie- en watertechnologische oplossingen nader geconcretiseerd. De verkregen kennis en inzichten kunnen ook andere zorginstellingen en gebouweigenaren helpen om een energiezuinig en duurzaam gebouw te ontwerpen.

Door een intensieve samenwerking met bedrijven, kennisinstellingen en de eindgebruiker is in korte tijd een goede onderbouwing gegeven voor deze keuze. Hiermee zal Tergooi besluiten hoe de energie- en waterhuishouding in het nieuwe ziekenhuis Hilversum zal worden georganiseerd.

Dankwoord

Het project is uitgevoerd met grote inzet van een aantal multidisciplinaire teams. De leden van deze teams worden bedankt voor hun bijdrage aan de totstandkoming van dit project.

KWR: Tessa van den Brandt, Martin Bloemendal, Edwin de Buijzer, Claudia Agudelo, Andreas Moerman, Mirjam Blokker, Nellie Slaats / Deerns: Paul Stoelinga, Joris van Dorp / Ecofys: Renee Heller, Vera Haaksma, Ewald Slingerland, Anthonin van Bree / Waternet: Stefan Mol / Pharmafilter: Jochem de Louw / Tergooi: Bert Jan Grevink, Ad Loman, Hildy Treffers, Madelon Butterhoff.

Dit project is mede gefinancierd uit de Toeslag voor Topconsortia voor Kennis en Innovatie (TKI's) van het ministerie van Economische Zaken.

Litertuur

1. Batelaan, M.V., Berg, E.A.v.d., Koetse, E., Wortel, N.C., Rimmelzwaan, J. and Vellinga, S. (2012) Evaluatierapport Pharmafilter - Full scale demonstratie in het Reinier de Graaf Gasthuis, Delft. STOWA 2012-29.
2. Drinkwaterbesluit (2011) Besluit van 23 mei 2011, houdende bepalingen inzake de productie en distributie van drinkwater en de organisatie van de openbare drinkwatervoorziening.