



KWR 2014.081 | Februari 2015

Energiezuinig en duurzaam ziekenhuis Tergooi

Fase 2: Verdieping Pharmafilter®-concept en
duurzame koeling

Energiezuinig en duurzaam ziekenhuis Tergooi

Fase 2: Verdieping Pharmafilter®-concept en duurzame koeling

KWR 2014.081 | Februari 2015

Opdrachtnummer

400538

Projectmanager

Nellie Slaats

Opdrachtgever

TKI Watertechnologie

Kwaliteitsborger

Frank Oesterholt

Auteurs

KWR: Tessa van den Brand, Martin Bloemendal, Jan Hofman, Tergooi: Hildy Treffers, Wim van Houdt, Ecofys: Ewald Slingerland, Deerns: Joris van Dorp

Verzonden aan

Tergooi, Utrecht Sustainability Institute, Deerns, Pharmafilter, Ecofys

Jaar van publicatie
2015

Meer informatie

Jan Hofman
T +31-30-6069679
E jan.hofman@kwrwater.nl

PO Box 1072
3430 BB Nieuwegein
The Netherlands

T +31 (0)30 60 69 511
F +31 (0)30 60 61 165
E info@kwrwater.nl
I www.kwrwater.nl



KWR 2014.081 | Februari 2015 © KWR

Alle rechten voorbehouden.
Niets uit deze uitgave mag worden vervoelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen, of enig andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.

Samenvatting

Tergooi ontwikkelt een energiezuinig en duurzaam ziekenhuis in Hilversum. Dit moet tot uiting komen in de te behalen BREAAAM®-score, waarbij de score 'Excellent' de ambitie is. In 2014 is onderzoek uitgevoerd op welke innovatieve wijze watertechnologie een bijdrage kan leveren aan de duurzaamheidsambitie van Tergooi. Dit onderzoek is mede gefinancierd uit de Toeslag voor Topconsortia voor Kennis en Innovatie (TKI's) van het ministerie van Economische Zaken.

In fase 1, zijn de volgende drie opties uitgewerkt en geëvalueerd op hun technische en economische haalbaarheid:

- Het Pharmafilter®-concept
- Duurzame koeling met de parkeergarage
- Decentrale bereiding van warm tapwater

Ook de afwegingskaders daarvoor zijn in fase 1 uitgewerkt. De economische haalbaarheid is getoetst door voor de verschillende opties de *Total Cost of Ownership* (TCO) te berekenen over een periode van 40 jaar. Welke innovaties het ziekenhuis daadwerkelijk gaat implementeren, wordt eind 2014 besloten.

Het onderzoek in fase 1 heeft aangetoond dat realisatie van alle drie systemen technisch haalbaar is. Op basis van *Total Cost of Ownership* lijken toepassing van het Pharmafilter® en de parkeerkeergarage als duurzame koeler voldoende perspectief te hebben voor verdere uitwerking. Voor de derde optie was de context – in het bijzonder de energiebalans – nog onvoldoende uitgekristalliseerd en had fase 1 voldoende informatie opgeleverd voor een latere onderbouwing van de keuze omtrent de bereiding van warm tapwater.

Dit rapport beschrijft fase 2 van het project waarin de mogelijkheden van inzet van het Pharmafilter®-concept en de duurzame koeling met de parkeergarage in meer detail zijn onderzocht.

Pharmafilter®

Voor het Pharmafilter®-concept is een verdere onderbouwing gegeven voor het verbruik aan wegwerpmaterialen (bedpannen, urinalen) en is verder naar de locatiekeuze voor de zuivering gekeken. Daarnaast is ook aandacht besteed aan de medicijnenemissie en het eventueel hergebruiken van het gezuiverde afvalwater voor toiletspoeling en het spoelen van de Tonto®'s (vermalers). Met dit laatste bestaat de mogelijkheid om twee extra BREEAM®-punten te realiseren.

De kosten (verbruiksaantallen en prijs) van urinalen en bedpannen voor eenmalig gebruik zijn een kritische factor voor de *Total Cost of Ownership* van het Pharmafilter®-concept. Een goede inschatting van het percentage patiënten dat gebruik maakt van wegwerpmaterialen is daarom van groot belang. Vastgesteld is dat voor het nieuwe Tergooi Hilversum dit percentage 25,5 % bedraagt. De TCO voor het Pharmafilter® is daarmee berekend op € 4,8 miljoen. Binnen 5 jaar zijn de kosten van het Pharmafilter®-concept lager dan voor het conventionele concept met bedpanspoelers. Hierbij is een besparing van 4 FTE door vermindering van het aantal handelingen rondom het bed, het voorkómen van infecties (€

100.000/jaar) en het gebruik van goedkope kartonnen bedpannen en urinalen aangenomen als uitgangspunt.

Er zal gezocht moeten worden naar een geschikte locatie voor de Pharmafilter®-zuivering, omdat plaatsing op de RWZI of het terrein van Monnikenberg niet mogelijk is. Een optie hiervoor zou een deel van de voormalige gemeentewerf in Hilversum zijn.

Pharmafilter® verwijdert ook de medicijnen die in het afvalwater aanwezig zijn. Daarmee wordt de emissie van deze stoffen door het ziekenhuis beperkt. Het concept is daarmee ook toekomstbestendig, omdat op langere termijn regelgeving ten aanzien van geneesmiddelenemissie te verwachten is.

Duurzame koeling

Vanwege het zeer goed geïsoleerde gebouw van het nieuwe ziekenhuis in Hilversum, wordt de energiebalans voornamelijk bepaald door de processen die in het gebouw plaatsvinden. Het is daarom in dit stadium niet mogelijk om een goede inschatting te maken van het overschot of tekort aan warmte. De huidige inzichten wijzen in de richting van een jaarlijks warmte-overschot van 7,7 TJ en een behoefte aan koeling van deze omvang. Vanwege de onzekerheid over dit warmteoverschot zijn ook berekeningen uitgevoerd voor een warmteoverschot van 3,6 en 10,8 TJ.

In de meeste gevallen lijkt de inzet van droge koelers voordeliger dan de duurzame opties waarbij winterkoude wordt ingevangen. Systemen aan het plafond van de parkeergarage of het aanbrengen van warmtewisselaars in de gevelbekleding van de technische ruimtes op basis van stalen CV-leidingen zijn onder bepaalde omstandigheden financieel haalbaar.

Het is onduidelijk of en hoeveel extra BREEAM®-punten kunnen worden behaald door toepassing van duurzame koelsystemen.

Aanbevelingen

Voor het Pharmafilter®-concept zijn er duidelijk duurzaamheidsvoordelen te behalen voor Tergooi. Een cruciaal aspect voor de realisatie van het concept is de locatiekeuze voor de zuivering. Aanbevolen wordt om snel duidelijkheid te scheppen over geschikte locaties voor de zuivering.

Daarnaast biedt ook hergebruik van het gezuiverde afvalwater interessante perspectieven. Hergebruik kan echter alleen onder strikte voorwaarden. Wettelijk gezien moet er een ontheffing komen voor het gebruik van dit water. Dit vergt specifieke technische maatregelen die voorkomen dat het gebruikte afvalwater gezondheidsrisico's oplevert. Aanbevolen wordt om verder te onderzoeken aan welke voorwaarden moet worden voldaan om waterhergebruik voor toiletspoeling en spoeling van Tonto®'s mogelijk te maken.

Ten aanzien van duurzame koeling kan nog geen aanbeveling worden gedaan, anders dan dat op zo kort mogelijke termijn helderheid moet ontstaan over de energiebalans van het nieuwe ziekenhuis, teneinde goed inzicht te krijgen in de benodigde koelcapaciteit. Op basis van deze gegevens kan dan een keuze worden gemaakt uit de beschikbare opties voor duurzame koeling of droge koelers.

Inhoud

1	Inleiding	6
1.1	Wat ging vooraf?	6
1.2	Onderzoeksaspecten fase 2	6
2	Pharmafilter®	8
2.1	Inleiding	8
2.2	Verbruik van wegwerpmaterialen in het ziekenhuis	8
2.3	Locatiekeuze Pharmafilter®-installatie	11
2.4	Geneesmiddelen in het afvalwater	14
2.5	BREEAM-punten voor Pharmafilter®-concept	17
2.6	Samengevat	18
3	Duurzame koeling	20
3.1	Inleiding	20
3.2	Gevoeligheden energievraag / energiebalans ziekenhuis	21
3.3	Mogelijke systeemconcepten voor de energievoorziening	21
3.4	Afweging potentie en benodigde voor investering	26
3.5	Samengevat	28
4	Conclusies en aanbevelingen	30
4.1	Conclusies	30
4.2	Aanbevelingen	31
5	Referenties	32
Bijlage I		33
•	Standpunt Waternet ten aanzien van lozing van gezuiverd afvalwater Pharmafilter en locatie van de installatie	33
Bijlage II		34
•	Total Cost of Ownership hergebruik gezuiverd afvalwater	34
Bijlage III		36
•	Geneesmiddelen in afvalwater Tergooi Hilversum	36

1 Inleiding

1.1 Wat ging vooraf?

Tergooi ontwikkelt een energiezuinig en duurzaam ziekenhuis in Hilversum. Dit moet tot uiting komen in de te behalen BREAAAM®-score, waarbij de score 'Excellent' de ambitie is. In 2014 is onderzoek uitgevoerd op welke innovatieve wijze watertechnologie een bijdrage kan leveren aan de duurzaamheidsambitie van Tergooi. Dit onderzoek is mede gefinancierd uit de Toeslag voor Topconsortia voor Kennis en Innovatie (TKI's) van het ministerie van Economische Zaken.

In fase 1 (Hofman 2014), zijn drie opties uitgewerkt en geëvalueerd op hun technische en economische haalbaarheid. Ook de afwegingskaders daarvoor zijn uitgewerkt. De economische haalbaarheid is getoetst door voor de verschillende opties de *Total Cost of Ownership* (TCO) te berekenen over een periode van 40 jaar. Welke innovaties het ziekenhuis daadwerkelijk gaat implementeren, wordt eind 2014 besloten. De volgende drie duurzame ideeën zijn onderzocht:

1. Invoering van het Pharmafilter®-concept: Bedpannen, urinalen en een groot deel van alle andere afvalsoorten van de verpleegafdelingen worden vermalen in een Tonto®. Vervolgens wordt deze afvalstroom afgevoerd via het riool en behandeld in de eigen zuivering. Het concept zorgt voor kostenbesparingen door minder lozing van bijvoorbeeld medicijnresten op het riool, minder handelingen voor het personeel en minder kans op besmetting van patiënten.
2. Duurzame koeling door de inzet van een parkeergarage als warmtewisselaar: door de goede isolatie van het nieuwe gebouw is er overschot aan warmte voorzien. Door middel van warmtewisselaars aan de plafonds in de open parkeertoren kan de winterkoude worden opgeslagen in het WKO-systeem (warmte/koudeopslag). In de zomer kan het gebouw dan duurzaam gekoeld worden.
3. Nieuw concept voor de bereiding van warm tapwater: decentrale, elektrische doorstroomapparaten in plaats van een centraal ketelhuis met ringleiding.

Het onderzoek in fase 1, de quick-scan, heeft aangegeven dat alle drie de systemen technisch haalbaar zijn. Op basis van *Total Cost of Ownership* lijken toepassing van het Pharmafilter® en de parkeerkeergarage als duurzame koeler voldoende perspectief te hebben voor verdere uitwerking. De derde optie hangt af van de uiteindelijke keuze voor de wijze van energieopwekking in het ziekenhuis. Deze keuze is nog niet gemaakt waardoor optie 3 nog niet verder kan worden uitgewerkt. Bovendien was voldoende informatie uit fase 1 beschikbaar om op termijn een keuze voor optie 3 te kunnen maken en is een verdere verdieping niet nodig.

In fase 2 zijn de mogelijkheden van inzet van het Pharmafilter®-concept en de duurzame koeling met de parkeergarage verder gedetailleerd. Dit rapport beschrijft de resultaten daarvan.

1.2 Onderzoeksaspecten fase 2

In fase 2 is de van toepassing van het Pharmafilter®-concept en de inzet van duurzame koeling met behulp van de parkeergarage in meer detail onderzocht. De oorspronkelijke vraagstelling voor het concept van duurzame koeling, zoals geformuleerd aan het einde van

fase 1, is bij de uitvoering van fase 2 van het onderzoek gewijzigd. Omdat er nog teveel onzekerheden zitten in de berekening van de energiebalans van het nieuwe ziekenhuis, is de aandacht in deze fase verlegd naar het inschatten van de onzekerheden in die energiebalans en een gefaseerde realisatie van elementen voor duurzame koeling.

De onderzoeksvragen in fase 2 zijn als volgt geformuleerd:

Pharmafilter®-concept

1. Wat is de mogelijke BREEAM®-score die gehaald kan worden (afval, waterhergebruik, innovatiecredit)?
2. Wat is de meest voor de hand liggende locatiekeuze voor de zuivering en het lozingspunt van het gezuiverde afvalwater?
3. Wat is de vermindering van de emissievracht van geneesmiddelen door inzet van het Pharmafilter®-concept?
4. Hoe kan het geschatte verbruik aan bedpannen en urinalen voor eenmalig gebruik nader worden gepreciseerd?

De resultaten van hiervan zijn vermeld in Hoofdstuk 2.

Duurzame koeling via de parkeergarage

1. Wat zijn de gevoeligheden in energievraag en energiebalans?
2. Welke koude-Invangconcepten zijn toepasbaar? Welke voorinvesteringen zijn nodig? Wat zijn de kosten bij ingebruikname? Kan het systeem modulair worden uitgebreid na ingebruikname? Wat zijn de energieprestaties? Wat is de TCO?

Hoofdstuk 3 geeft een overzicht van de resultaten ten aanzien van de verdieping van de duurzame koeling.

2 Pharmafilter®

2.1 Inleiding

Vanuit de duurzaamheidsambitie van Tergooi is in fase 1 (quick-scan) onderzocht welke bijdrage de introductie van het Pharmafilter®-concept daarbij kan hebben. De resultaten uit de quick-scan waren veelbelovend, maar op een aantal punten was een verdiepingsslag nodig. Uit de in fase 1 berekende *Total Cost of Ownership* (TCO) bleek dat er een grote gevoeligheid was voor zowel het verbruik van wegwerpmaterialen als voor de locatiekeuze van de Pharmafilter®-zuiveringsinstallatie. Deze twee punten zijn daarom verder uitgewerkt op basis van nauwkeurigere informatie.

Tevens is er in fase 2 aandacht besteed aan de emissie van geneesmiddelen door het ziekenhuis en de bijdrage daarvan aan de totale emissievracht aan medicijnen van de rioolwaterzuiveringsinstallatie (RWZI) Hilversum Ten slotte is geëvalueerd hoeveel BREEAM-punten toepassing van het Pharmafilter®-concept kan opleveren.

2.2 Verbruik van wegwerpmaterialen in het ziekenhuis

Het jaarlijks verbruik van bedpannen en urinalen van wegwerpmateriaal bleek tijdens de quick-scan een grote invloed te hebben op de TCO's. Het verbruik van wegwerpmaterialen is daarom in fase 2 nauwkeuriger in beeld gebracht. Dit is gebeurd op basis van een interview met Hildy Treffers (stafmedewerker Veiligheid en Milieu, ziekenhuis Tergooi) en een inventarisatie bij de afdelingen bij Tergooi om inzicht te krijgen in hoeveel patiënten er gebruik maken van bedpannen en urinalen. Vervolgens zijn deze getallen vergeleken met de inkoopcijfers van het Reinier de Graafgasthuis in Delft, waar al enige tijd het Pharmafilter®-concept in de praktijk wordt getest.

2.2.1 Gegevens ziekenhuis Tergooi

Het ontwerp van het ziekenhuis dat in Hilversum gebouwd gaat worden is nog niet definitief. Zodoende staat het aantal bedden per afdeling nog niet definitief vast. In Tabel 1 zijn de gegevens, die nu (juli 2014) bekend zijn, samengevat. Voor afdelingen waar nog geen duidelijkheid over bestaat, is de categorie "overig" aangenomen. Er is door ziekenhuis Tergooi een inschatting gemaakt, op basis van ervaring van het personeel (Hildy Treffers). Het percentage patiënten dat afhankelijk is van bedpannen en urinalen, varieert sterk over de afdelingen. Zo is de verwachting dat op de afdeling kindergeneeskunde er vrijwel geen bedpannen en urinalen gebruikt worden, omdat hier voornamelijk gebruik wordt gemaakt van luiers, terwijl op de acute opname afdeling (AOA) ongeveer de helft van de patiënten gebruik zal maken van urinalen en bedpannen. Voor de categorie "overig" is aangenomen dat ongeveer 30% van de patiënten gebruik zal maken van bedpannen en urinalen (aanneمة uit quick-scan). Vervolgens is er een gewogen gemiddelde berekend, op basis van het aantal bedden per afdeling. Het gewogen gemiddelde percentage patiënten dat afhankelijk is van de urinalen en bedpannen, of de vervangende wegwerpmaterialen, bedraagt 25.5%.

TABEL 1. INSCHATTING PERCENTAGE VAN PATIËNTEN DAT GEBRUIK MAAKT VAN BEDPANNEN EN URINALEN. DEZE INFORMATIE IS VERKREGEN VIA HILDY TREFFERS, ZIEKENHUIS TERGOOI.

Afdeling	Bedden in toekomstig ziekenhuis	Ingeschatte percentage patiënten afhankelijk van wegwerpmateriaal (%)
Intensive care	18	0
Hartbewaking	16	20
Acute opname	25	50
Kindergeneeskunde	28	0
Gynaecologie	28	10
Overige afdelingen	244	30
Totaal	359	25,5 (gewogen gemiddelde)

2.2.2 Gegevens Reinier de Graaf gasthuis (Delft)

In het Reinier de Graaf gasthuis (RDGG) wordt op een aantal afdelingen al het Pharmafilter®-concept toegepast. Er wordt nog geen gebruik gemaakt van Botta®'s; in plaats daarvan wordt een alternatief gebruikt.

Het deel van het ziekenhuis waarin wegwerpmaterialen worden ingezet heeft de beschikking over 190 verpleegbedden (José Postma, coördinator duurzaamheid en innovatie bij RDGG). Er worden per dag 60 Olla®'s en 27 wegwerpurinalen gebruikt. Tabel 2 geeft een overzicht van de maandelijkse inkoop van Olla®'s in RDGG. Het totale verbruik per jaar bedraagt 16.600 stuks en is daarmee 33% hoger dan eerder door Pharmafilter BV aangegeven. Uit deze cijfers blijkt dat het verbruik bij RDGG (10 % van de patiënten) dus ruim onder het verwachte verbruik van Tergooi (25,5 % van de patiënten) zit.

TABEL 2. INKOOP VAN WEGWERPMATERIALEN DOOR REINIER DE GRAAF IN DELFT, TEN BEHOEVE VAN HET PHARMAFILTER®-CONCEPT, DEZE GEGEVENS ZIJN VERKREGEN VIA PHARMAFILTER®.

Maand	Inkoop cijfers Olla's®
januari	1.890
februari	2.970
maart	648
april	1.512
mei	1.800
juni	576
juli	1.440
augustus	1.152
september	1.440
oktober	576
november	2.016
december	576
Totaal over 1 jaar	16.596

Deze verschillen worden veroorzaakt door de verschillende type afdelingen waarop dit concept is toegepast bij het RDGG. Het Pharmafilter®-concept wordt daar maar op enkele afdelingen gebruikt. Bij de kraamafdeling, verloskamers, obstetrie, neonatologie, kort verblijf en kindergeneeskunde, samen goed voor 117 bedden in het RDGG, worden er naar verwachting weinig wegwerpmaterialen gebruikt. Als deze afdelingen worden vergeleken met

de overeenkomende afdelingen bij Tergooi, dan is ook daar rekening gehouden met een laag verbruik van wegwerpmaterialen voor de toiletgang. Als het aantal wegwerpmaterialen dat verbruikt wordt door ziekenhuis RDGG wordt toegeschreven aan de overige 77 bedden (190-117), dan blijkt het afhankelijkheidspercentage 27% te zijn. Dit is veel dichterbij de prognose voor ziekenhuis Tergooi. Voor de verdere berekening is daarom aangenomen dat 25,5% representatief is voor het aandeel patiënten dat afhankelijk is van wegwerpmaterialen in het toekomstige ziekenhuis Tergooi.

2.2.3 Aangepaste TCO-berekening

Met het nauwkeuriger ingeschatte afhankelijkheidspercentage van 25,5 % zijn nieuwe TCO-berekeningen uitgevoerd. Alle overige aannamen zijn gelijk gebleven aan die uit de quick-scan (Hofman 2014).

Er zijn zes verschillende scenario's doorgerekend. Het conventionele scenario maakt gebruik van de bedpanspoelers. Vervolgens is gerekend aan het Pharmafilter®-concept in vijf verschillende scenario's, uitgaande van een basis Pharmafilter®-scenario en scenario's waaraan trapsgewijs de volgende zaken zijn toegevoegd: de investerings- en onderhoudskosten voor additionele N- en P-verwijdering (NP), besparingen op kosten door tijdsbesparing door inzet van nieuwe processen (FTE), kostenbesparing door vermeden infecties (Infec), en als laatste het gebruik van alternatieve goedkopere wegwerpmaterialen (Disp).

Vervolgens is de contante waarde voor elk van deze scenario's berekend voor een periode van 40 jaar (Figuur 1). Voor de drie scenario's zijn ook de jaarlijkse kosten (niet contant) voor bedrijfsvoering, onderhoud en kapitaalkosten weergegeven (Figuur 2). Door uit te gaan van een hoger percentage patiënten dat afhankelijk is van gebruik van wegwerpmaterialen, zijn de bedrijfsvoeringskosten significant gestegen. Voor alle opties die gebruik maken van Olla®'s en Botta®'s gaan de bedrijfsvoering kosten met € 3.1 miljoen omhoog (Tabel 3). Wanneer er in plaats van Olla®'s en Botta®'s gebruik gemaakt wordt van alternatieve goedkopere wegwerpmaterialen gaan de bedrijfsvoeringskosten € 0.3 miljoen omhoog.

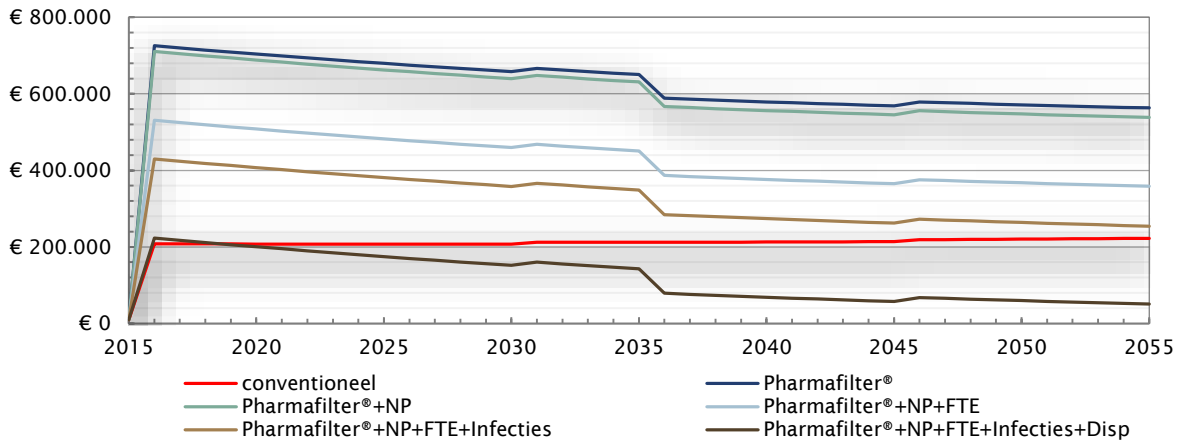
TABEL 3. OVERZICHT TOTAL COST OF OWNERSHIP VOOR PHARMAFILTER® SCENARIO'S (MILJOEN €).

Scenario	TCO	Kapitaal kosten	Onderhoudskosten	Bedrijfsvoering kosten	Besparing
Conventioneel	8,5	1,0	1,0	0,4	0
Pharmafilter®	25,1	10,9	5,5	21,6	0
Pharmafilter® + NP	24,3	11,4	5,8	19,4	0
Pharmafilter® + NP + FTE	17,1	11,4	5,8	19,4	11,1
Pharmafilter® + NP + FTE + Infec	13,0	11,4	5,8	19,4	17,3
Pharmafilter® + NP + FTE + Infec + Disp.	4,8	11,4	5,8	6,6	17,3

Het is belangrijk om te vermelden dat het gebruik van waskommen in deze analyse niet is meegenomen. Waskommen worden ingezet als een patiënt op bed gewassen moet worden. Momenteel worden deze waskommen gedesinfecteerd in een po-spoeler. Wanneer het Pharmafilter®-systeem wordt toegepast, dient ook een waskom van een wegwerpmateriaal te worden gebruikt. Als alternatief kan gekozen worden voor het wassen met lotiondoekjes. De schatting is dat het gebruik van lotiondoekjes voor het wassen van de patiënten een

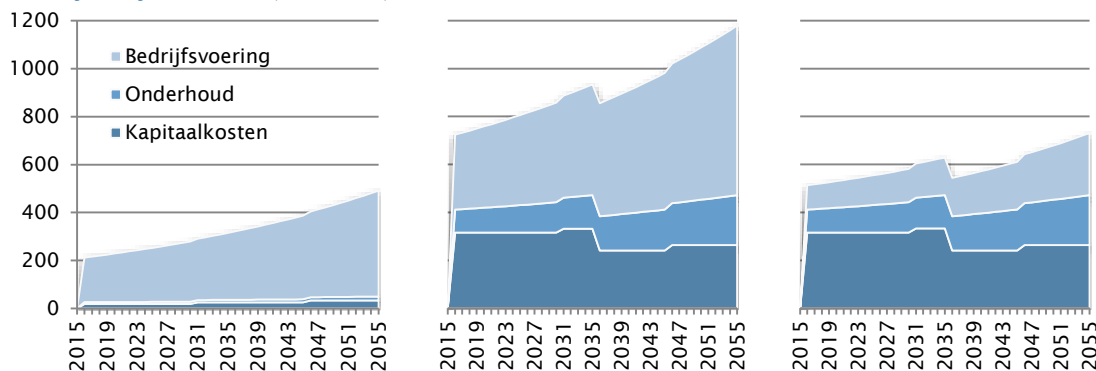
vergelijkbare prijs heeft als het conventionele systeem (mondelijke informatie van Hildy Treffers).

CONTANTE WAARDE JAARLIJKSE KOSTEN



Figuur 1. Contante waarde van de kosten als functie van de tijd voor het conventionele scenario en het Pharmafilter®-concept (locatie: RWZI Hilversum). Bij Pharmafilter zijn varianten berekend die rekening houden met additionele N- en P-verwijdering, een besparing op personeelskosten, door vermeden infecties en gebruik van kartonnen urinalen en bedpannen.

JAARLIJKSE KOSTEN (DUIZEND €)



Figuur 2. Jaarlijkse kosten: Links: conventioneel, Midden: Pharmafilter®, inclusief N,P-verwijdering en kostenbesparing op personeel en door vermeden infecties, Rechts: idem, maar met alternatieve wegwerpmaterialen (goedkoper).

2.3 Locatiekeuze Pharmafilter®-installatie

Er zijn verschillende locaties waar de Pharmafilter®-installatie geplaatst zou kunnen worden. Tijdens de quick-scan fase is echter niet in kaart gebracht wat het effect van de locatiekeuze is op de uiteindelijke *Total Cost of Ownership* (TCO).

Er zijn theoretisch drie mogelijke locaties voor de installatie:

- Op of vlak naast het terrein van de RWZI Hilversum
- De voormalige gemeentewerf in Hilversum (Mussenstraat)¹
- Het Monnikenbergterrein

¹ Er is nog geen contact geweest met de Gemeente Hilversum of een Pharmafilter®-zuivering op deze locatie daadwerkelijk mogelijk is.

De mogelijkheid om de installatie op terrein van Monnikenberg te plaatsen is in de evaluatie niet verder meegenomen, omdat er onvoldoende ruimte is op het terrein. In deze studie zijn daarom alleen de eerste twee locaties met elkaar vergeleken.

Bij toepassing van het Pharmafilter®-concept komt de vervuilingssheffing voor lozing van afvalwater op het riool (€ 40.500) te vervallen. Indien de Pharmafilter®-zuivering op de RWZI geplaatst wordt, is daarvoor wel additionele stikstof- en fosfaatverwijdering nodig, om directe lozing op het oppervlaktewater (via het effluent van de RWZI) mogelijk te maken. Door de vergaande CZV-verwijdering is het inbrengen van het effluent van het Pharmafilter® op het influent van de RWZI ongewenst. De apart te realiseren stikstof- en fosfaatverwijdering vergt een extra investering van naar schatting € 175.000 en additionele operationele kosten van ongeveer € 6.000 per jaar. Als de zuiveringsinstallatie echter op de voormalige gemeentewerf wordt geplaatst, is additionele N,P-zuivering niet noodzakelijk, omdat het gezuiverde effluent op het riool geloosd kan worden (er zijn geen wettelijke belemmeringen). In beide gevallen – plaatsing op de RWZI of op de voormalige gemeentewerf – zal er waarschijnlijk huur betaald moeten worden voor gebruik van het terrein. Voor beide opties moet er bovendien een persriool worden aangelegd dat de spoorlijn kruist. Hiervoor is een gestuurde boring noodzakelijk, waardoor de investeringskosten hoger zullen zijn. De afstand tot de gemeentewerf is ongeveer de helft van de afstand tot de RWZI. In Tabel 4 is een samenvatting van parameters per locatie vermeld.

TABEL 4. SAMENVATTING VAN PARAMETERS DIE BEÏNVLOED WORDEN DOOR DE LOCATIEKEUZE.

Locatie	RWZI Hilversum	Voormalige gemeentewerf
V.E. ter vervallen	€ -40.500	€ -40.500
N+P investering	€175.000	0
N+P operationeel	€ 6.000/jaar	0
Terreinhuur per jaar	€ 25.000	€ 10.000 (aaname)
Afstand overbruggen leiding	1.100 m	550 m
Specifieke graafkosten	€ 80.000	€ 80.000

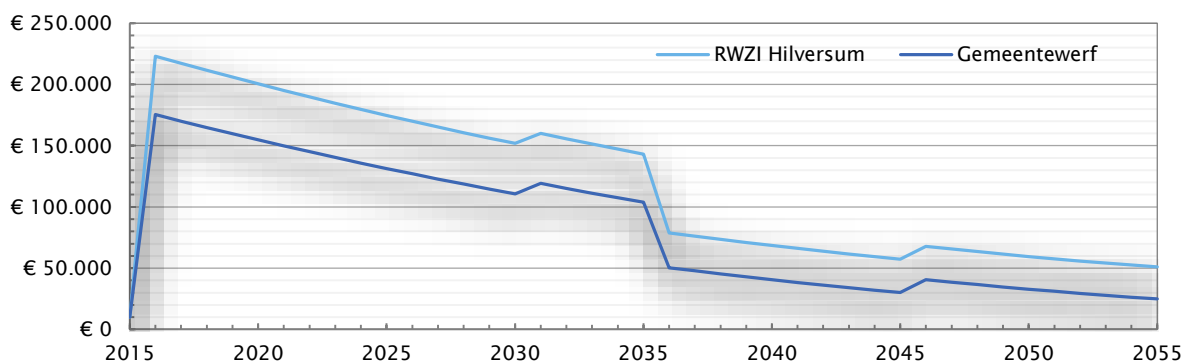
Van de twee locaties zijn de TCO's berekend. De resultaten zijn samengevat in Tabel 5 en Figuur 3. Doordat zowel de kapitaalkosten als de bedrijfsvoeringskosten significant lager zijn voor plaatsing van de installatie bij de voormalige gemeentewerf, is de uiteindelijke TCO bijna 30% lager dan wanneer de installatie bij de RWZI Hilversum (Waternet) geplaatst wordt. In Figuur 4 zijn de jaarlijkse kosten weergegeven, opgesplitst naar kapitaal-, bedrijfsvoerings- en onderhoudskosten.

Waternet (schriftelijke informatie Stefan Mol) heeft bovendien aangegeven dat plaatsing van de Pharmafilter®-installatie op het terrein van de RWZI waarschijnlijk niet zal worden toegestaan (zie **Error! Reference source not found.**). Het is daarom van belang, op korte termijn actie te ondernemen om een alternatieve locatie voor de Pharmafilter®-zuiveringsinstallatie te vinden. De voormalige gemeentewerf lijkt daarvoor een prima alternatief, zo blijkt uit deze TCO.

TABEL 5. OVERZICHT TOTAL COST OF OWNERSHIP VOOR PHARMAFILTER® SCENARIO'S MET PLAATSIING OP HET WATERNETTERREIN OF EEN VOORMALIGE GEMEENTEWERF (MILJOEN €).

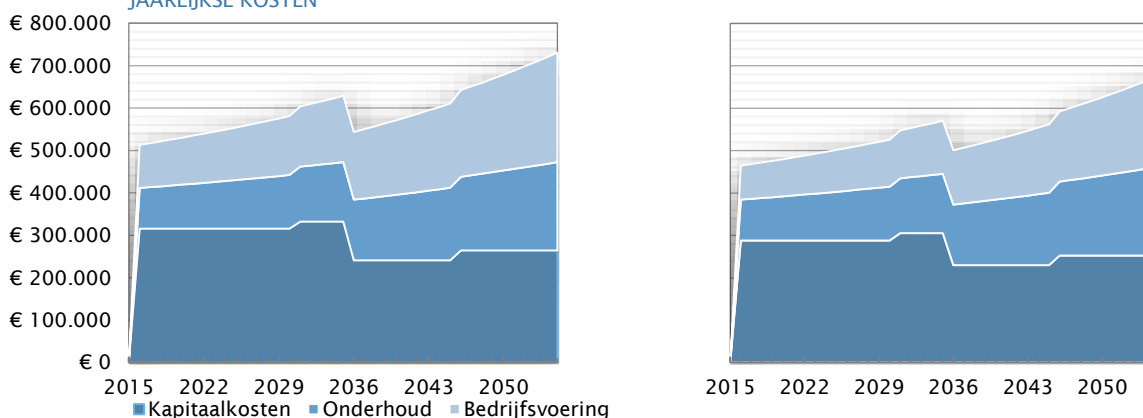
Locatie	RWZI Hilversum	Voormalige gemeentewerf
Kapitaalkosten (mln €)	11,4	10,7
Onderhoudskosten (mln €)	5,81	5,81
Bedrijfsvoeringskosten (mln €)	6,6	5,3
Besparing/inkomsten (mln €)	-17,3	-17,3
TCO (mln €)	4,82	3,41

CONTANTE WAARDE KOSTEN



Figuur 3. Contante waarde van de kosten als functie van de tijd voor het scenario van plaatsing van de Pharmafilter®-zuivering op de RWZI Hilversum en plaatsing op de voormalige gemeentewerf. Er is in beide scenario's rekening gehouden met een besparing op personeelslasten door vermeden infecties en gebruik van kartonnen urinalen en bedpannen.

JAARLIJKSE KOSTEN



Figuur 4. Jaarlijkse kosten van de twee scenario's, waarbij uit is gegaan van besparing op personeelslasten, door vermeden infecties en kartonnen wegwerp urinalen. Links: plaatsing op RWZI Hilversum, rechts: plaatsing op een voormalige Gemeentewerf.

2.3.1 Gevoeligheidsanalyse

Voor de berekening van de TCO's is een aantal aannames gedaan. Voor het scenario met plaatsing bij Waternet zijn de gegevens beschreven in de quick-scan (zie KWR 2014.048).

Voor plaatsing op de voormalige gemeentewerf is uitgegaan van twee nieuwe aannamen:

- de huur bij de gemeente is 10.000 €/jaar
- de afstand van het ziekenhuis naar de voormalige gemeentewerf is 550 m.

Er is een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd om de significantie van deze parameters te bepalen voor het scenario op het terrein van de voormalige gemeentewerf. Met de huidige aannames bedraagt de TCO voor dit scenario € 3,4 miljoen. Omdat er voor beide parameters een grote spreiding mogelijk is, is er een nieuwe TCO berekend voor situaties waarbij één van deze parameters twee keer zo groot is. Voor een verdubbeling van de huurprijs neemt de TCO toe tot €3,8 miljoen. Een verdubbeling van de afstand van het ziekenhuis tot zuiveringslocatie, resulteert in een TCO van € 3,6 miljoen. Deze analyse laat zien dat een verdubbeling van deze parameters leidt tot een verhoging van de TCO met 12 en 6% voor respectievelijk terreinhuur en persleidinglengte.

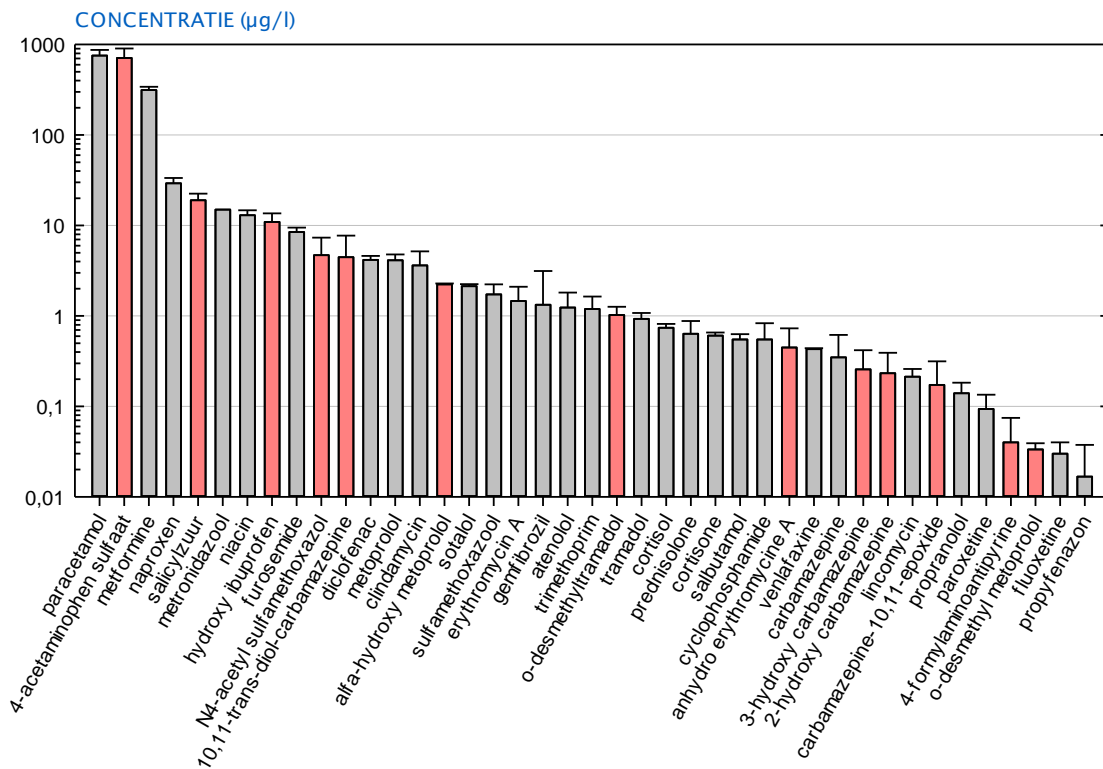
2.4 Geneesmiddelen in het afvalwater

De afvalwaterzuivering met de Pharmafilter®-installatie is onder andere ingericht op het verwijderen van medicijnresten uit het afvalwater. Medicijnen in de watercyclus hebben momenteel veel bestuurlijke aandacht². De EU heeft in 2013 een aantal stoffen, waaronder estradiol, ethinylestradiol en diclofenac, op een watchlist gezet. Bovendien moet de Europese Commissie in 2015 een strategie voor de aanpak van geneesmiddelen in oppervlaktewater ontwikkeld hebben. Op termijn zou dit kunnen leiden tot extra eisen of normen voor de oppervlaktewaterkwaliteit en daarmee voor de behandeling van afvalwater. De Pharmafilter®-zuivering levert een vergaande zuivering van medicijnresten op en is daardoor ook een toekomstbestendig concept.

Om een beeld te krijgen van de medicijnenemissie bij Tergooi, is op vrijdag 16, maandag 19 en dinsdag 20 mei 2014 het afvalwater van het huidige ziekenhuis in Hilversum bemonsterd en geanalyseerd op medicijnresten. De monsters zijn proportioneel met het debiet genomen gedurende een periode van 24 uur (vanaf 8 uur 's ochtends) uit de aansluitput op het gemeentelijk riool. De gevonden medicijnconcentraties in het afvalwater van ziekenhuis Tergooi in Hilversum zijn weergegeven in Figuur 5 en **Error! Reference source not found.** Medicijnen die opvallen door hun hoge concentraties (> 10 µg/l) zijn: paracetamol (757 µg/l), metformine (313 µg/l), naproxen (29 µg/l), salicylzuur (19 µg/l), metronidazool (15 µg/l), niacin (13 µg/l) en furosemide (8.50 µg/l). Bij de metabolieten vallen in het bijzonder 4-acetaminophen sulfaat (710 µg/l) en hydroxy ibuprofen (11 µg/l) op.

Vastgesteld is dat er voor de meeste medicijnen en afbraakproducten weinig spreiding is over de drie meetdagen. Echter voor een aantal medicijnen en afbraakproducten is die spreiding groter dan 50%, zoals: anhydro erythromycine A, N4-acetyl sulfamethoxazool, 4-acetaminophen sulfaat, atenolol, gemfibrozil, cyclophosphamide, sulfamethoxazool, prednisolone propyfenazon en trimethorpim. Ook voor carbamazepine en de afbraakproducten daarvan was er veel spreiding, waarbij in alle gevallen de concentraties op vrijdag 16 mei veel lager zijn dan op maandag 19 en dinsdag 20 mei. Dit wordt waarschijnlijk veroorzaakt door de werkcyclus van het ziekenhuis, waarin maandag en dinsdag de drukste dagen zijn, waarin de meeste mensen opgenomen worden in het ziekenhuis, terwijl er op vrijdag juist de meeste mensen worden ontslagen. De spreiding in de concentraties valt niet op in Figuur 5 door de logaritmische concentratie-as. In **Error! Reference source not found.** zijn de variaties wel goed zichtbaar gemaakt.

² <http://www.tweedekamer.nl/vergaderingen/commissievergaderingen/details/index.jsp?id=2013A05182>



Figuur 5. Gemiddelde concentraties van geneesmiddelen (grijze balken) en afbraakproducten (rode balken) in het afvalwater van Tergooi Hilversum op 16, 19 en 20 mei 2014. Alleen de stoffen boven de 'level of quantification' zijn vermeld.

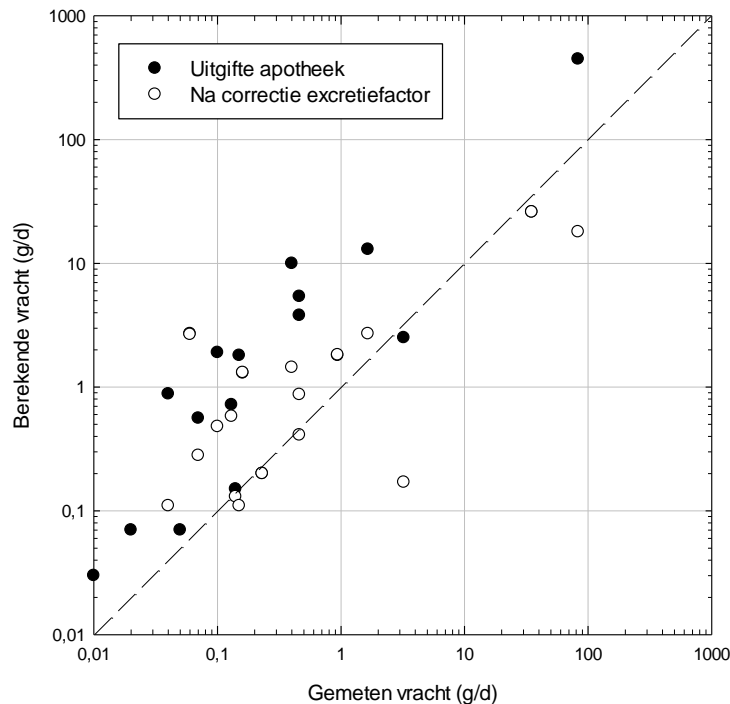
2.4.1 Vergelijking voorspelde en gemeten vrachten

De uit de metingen berekende medicijnvrachten zijn vergeleken met de verwachting op basis van de uitgifte van medicijnen door de ziekenhuisapotheek. De uitgifte van medicijnen in de periode 1 t/m 15 mei 2014 en de daaruit berekende vrachten staan vermeld in **Error! Reference source not found.** Bij deze berekening is er vanuit gegaan dat het ziekenhuis gemiddeld $110,2 \text{ m}^3$ afvalwater per dag loost op het riool. Ook is rekening gehouden met excretiefactoren van de medicijnen (aandeel van de medicijnen dat na gebruik wordt uitgescheiden via urine en feces) (STOWA 2010).

In Figuur 6 is de gemeten geneesmiddelenvracht vergeleken met de gemiddelde vracht berekend op basis van de uitgifte door de apotheek (voorspelde vracht). Het blijkt dat de voorspelde vracht van de meeste medicijnen hoger is dan de metingen. Zelfs na correctie voor de excretiefactor ligt voor de meeste medicijnen de voorspelde vracht hoger dan de gemeten vracht.

De vracht van individuele medicijnen in het afvalwater van het ziekenhuis is moeilijk te voorspellen. Variaties kunnen door veel verschillende oorzaken ontstaan. Ook de nauwkeurigheid van de excretiewaarden is een belangrijke factor: in het rapport van STOWA (2010) wordt aangegeven dat er een grote spreiding is van excretiefactoren in verschillende bronnen, waaruit af te lezen is dat er grote onzekerheden zijn over de hoogte van de excretiefactor. Bovendien wordt er discrepantie veroorzaakt door het feit dat niet alle medicijnen uitgegeven vanuit het ziekenhuis, ook daadwerkelijk daarna uitgescheiden worden. Vice versa is ook waar, er kunnen ook medicijnen uitgescheiden worden op het ziekenhuis, die via een apotheek van buiten het ziekenhuis verkregen zijn.

De uitgifte van medicijnen in het ziekenhuis is niet alleen bepalend voor de vracht in het afvalwater. Voor propranolol bijvoorbeeld is maar 980 µg uitgegeven in de periode van 15 dagen; dit is minder dan de gemiddelde dosis voor één patiënt. Desalniettemin is uit het onderzoek een vracht in het afvalwater van het ziekenhuis gevonden die een factor 5 hoger ligt dan op grond van de uitgifte kan worden verklaard. Deze hoeveelheid kan alleen verklaard worden door gebruikers van dit specifieke medicijn onder bezoekers en personeel.



Figuur 6. Vergelijking van de gemeten vrachten met de uitgifte van medicijnen in de apotheek.

2.4.2 Aandeel van ziekenhuis op vracht RWZI Hilversum

Er zijn geen meetgegevens bekend van de medicijnvrachten in het influent en effluent van RWZI Hilversum. Geneesmiddelenconcentraties die gemeten worden op RWZI's worden opgenomen in de Watsondatabase³, maar hierin zijn voor de RWZI Hilversum geen medicijngegevens opgenomen. Op basis van kentallen uit het STOWA-project 'Zorg' (Vergouwen et al. 2011) is het wel mogelijk om een schatting van de vrachten in het influent van RWZI Hilversum te maken. Eerder onderzoek voor de Geleenbeek (ter Laak et al. 2013, ter Laak et al. 2014), heeft laten zien dat deze methode goede overeenkomsten geeft met de daadwerkelijk gemeten medicijnvrachten. De vrachten zijn vervolgens vergeleken met die in het afvalwater van ziekenhuis Tergooi te Hilversum. Hierbij is uitgegaan van een gemiddelde effluent debiet van 110,2 m³/dag. Vervolgens is per medicijn de bijdrage van het ziekenhuis aan de totale emissie van de RWZI berekend.

Het blijkt dat het ziekenhuis gemiddeld slechts 2% bijdraagt aan de medicijnen in het influent van de RWZI. Uitzondering hierop vormt cyclofosfamide, met een grote bijdrage van

³ <http://www.ipsssoftware.com/rwzi/default.aspx> of [http://www.emissieregistratie.nl/erpubliek/\(A\(damW5R8wdykWI95hixfr2VX8kuEfUak7qyQhto4CTLqwlZNI189ED5Vqoqkkk0QcP0x_hI3yn-bS728nwxMTTsgMdRid4aEKLmB1e-FFsqhDeZVMeMWET2fp-XGvZbLvkfajMA_dTYNA7kS9c0hkN_hYhuWj7_2Xov6aZ4ex7c44Go2ujRz0k5BfEyA8RjlO0\)\)/erpub/wsn/default.aspx](http://www.emissieregistratie.nl/erpubliek/(A(damW5R8wdykWI95hixfr2VX8kuEfUak7qyQhto4CTLqwlZNI189ED5Vqoqkkk0QcP0x_hI3yn-bS728nwxMTTsgMdRid4aEKLmB1e-FFsqhDeZVMeMWET2fp-XGvZbLvkfajMA_dTYNA7kS9c0hkN_hYhuWj7_2Xov6aZ4ex7c44Go2ujRz0k5BfEyA8RjlO0))/erpub/wsn/default.aspx)

24%. Ook trimethoprim, diclofenac en carbamazepine leveren een bovengemiddeld aandeel in de RWZI. Het blijkt dus wel, dat de bijdrage door het ziekenhuis ook afhankelijk is van het type medicijn. Waarschijnlijk gaat het hier om medicijnen die meer specifiek bij opname in het ziekenhuis worden gebruikt

TABEL 6. VERGELIJKING VAN DE VERWACHTE MEDICIJNVRACT VAN RWZI HILVERSUM EN DE GEMETEN MEDICIJNVRACTEN IN HET EFFLUENT VAN ZIEKENHUIS TERGOOI HILVERSUM. DE VERWACHTE VRACT IS BEREKEND OP BASIS VAN DE KENTALLEN UIT HET PROJECT 'ZORG' (STOWA 2011) EN EEN INWONER AANTAL VAN 91.000 DAT OP RWZI HILVERSUM LOOST.

	Kentallen g/persoon/j in effluent RWZI	Verwachte vracht RWZI Hilversum (g/dag)	Gemeten concentratie in effluent ziekenhuis (µg/L)	Effluent Tergooi (g/dag)	Vracht percentage (%)
bezefibraat	0,02	5,0	0,01	0,00	0,02
diclofenac	0,03	7,5	4,2	0,46	6,1
carbamazepine	0,05	13	5,5	0,60	4,8
cyclofosfamide	0,001	0,2	0,6	0,06	24
gemfibrozil	0,08	20	1,3	0,15	0,73
ketoprofen	0,01	2,5	0,0	0,00	0,04
metformine	6,71	1672,9	313	35	2,1
metoprolol	0,35	87,3	4,1	0,46	0,52
naproxen	0,58	145	29,3	3,2	2,2
sotalol	0,11	27	2,1	0,23	0,86
sulfamethoxazole	0,04	10	1,7	0,19	1,9
trimethoprim	0,01	2,5	1,2	0,13	5,3
Totaal		1992,2		40.48	2
Totaal exclusief Metformine		320		5.48	2

2.5 BREEAM-punten voor Pharmafilter®-concept

Aan toepassing van het Pharmafilter®-concept zelf kunnen geen BREEAM-punten ontleend worden. De focus van de BREEAM-systematiek ligt enkel op het gebouw en niet op de processen (zoals Pharmafilter®) die daarin een rol spelen. Wel kunnen er twee extra BREEAM-punten worden behaald door hergebruik van gezuiverd afvalwater (grijs water). Er moet daarvoor aan een tweetal eisen zijn voldaan, namelijk dat 80% van het grijs water wordt hergebruikt en daarbij moet tenminste 10% van de toiletten in het ziekenhuis worden doorgespoeld met het gerecyclede water.

In fase 1 is vastgesteld dat het gezuiverde Pharmafilter®-effluent zou kunnen worden hergebruikt voor toiletspoeling, als spoelwater voor Tonto®'s en enkele andere wasvoorzieningen (o.a. ambulances). In totaal zou dit een drinkwaterbesparing van 32 m³/d opleveren. In de rapportage van fase 1 is becijferd dat dit een totale kostenbesparing van ongeveer 13.400 €/jaar oplevert door een besparing op inkoop van drinkwater. De besparing op de lozingsheffing is al meegenomen omdat deze vervalt door het inzetten van de Pharmafilter®-installatie.

Om hergebruik van grijs water mogelijk te maken is er een retourleiding nodig vanaf de Pharmafilter®-zuiveringsinstallatie naar het ziekenhuis. Omdat deze retourleiding tegelijk met de afvalwaterleiding aangelegd kan worden zijn de investeringskosten relatief laag,

namelijk ongeveer € 25 per strekkende meter. Er zijn om dezelfde reden ook geen additionele kosten voor de gestuurde boring bij aanleg van het systeem, omdat de boring voor deze twee leidingen gecombineerd uitgevoerd kan worden.

Om het grijs water te kunnen gebruiken voor toiletspoeling is binnen het ziekenhuis een tweede leidingnet nodig. Er is aangenomen dat dit tweede leidingnet een lengte van 1.000 m heeft. Ten slotte is een separate hydrofoor nodig, waarvoor is aangenomen dat de kosten ongeveer de helft bedragen van de kosten van het tweede leidingnet. De totale onderhoudskosten van een tweede leidingnet zijn geschat op € 1.600 per jaar.

Het huidige Drinkwaterbesluit (2011) definieert huishoudwater als water dat uitsluitend bestemd is voor toiletspoeling en staat alleen hergebruik van opgevangen hemelwater of grondwater toe als bron voor huishoudwater (Art. 5, Lid 1). Bovendien wordt het gebruik van huishoudwater beperkt tot *uitsluitend* toiletspoeling (Art. 4). Voor een andere bron voor huishoudwater, zoals het gezuiverde afvalwater uit de Pharmafilter®-installatie, kan een ontheffing worden verleend “indien de toezichthouder van oordeel is dat het gebruik van dit water geen nadelige gevolgen heeft voor de gezondheid van de consumenten en voor de aan hen toebehorende goederen” (Art. 5, Lid 4). Indien gekozen wordt voor hergebruik van gezuiverd afvalwater voor toiletspoeling, dient dus tijdig een ontheffing te worden aangevraagd bij de Inspectie Leefomgeving en Transport (Min. I en M).

TABEL 7. SAMENVATTING VAN INVESTERINGSKOSTEN NODIG VOOR TOEPASSING VAN HERGEBRUIK VAN GRIJS WATER UIT DE PHARMAFILTER®-ZUIVERING.

Kostenpost	Rekensom	Totale prijs	Bron
Retourleiding	1.500 m * € 25/m	€ 37.500	Deerns (Paul Stoelinga)
Kosten gestuurde boring	- *	€ 0	Deerns (Paul Stoelinga)
Aanleg tweede leidingnet	1.000 m * € 43/m	€ 43.000	rapport fase 1, warm tapwater
Hydrofoor	0,5 * € 43.000	€ 21.500	aanname
Totaal Investering		€ 102.000	
Onderhoudskosten	50 uur/jaar * 63€	€ 1.600 / jaar	aanname

* Geen additionele kosten nodig voor de boring om een grijs water leiding terug te laten voeren van RWZI naar het ziekenhuis.

In de berekening zijn ruwe schattingen gemaakt voor de verwachte lengte van het tweede leidingnet. De overige installaties, zoals de hydrofoor, zijn niet in detail berekend maar geschat. De totale investeringskosten voor een installatie om grijs water te kunnen hergebruiken bedragen daarmee ongeveer € 102.000. De TCO van het grijs water systeem bedraagt –€ 538.000, waarbij is aangenomen dat er een Pharmafilter®-installatie wordt geplaatst op of bij RWZI Hilversum en waarbij verder is aangenomen dat de gestuurde boring onder spoor al bekostigd is. (Zie **Error! Reference source not found.**). Door een investering in een systeem voor hergebruik van grijs water kan dus geld worden verdiend en kunnen tevens twee extra BREAAM-punten worden behaald.

2.6 Samengevat

Uit eerdere analyse in fase 1 kwam naar voren dat het verbruik van urinalen en bedpannen voor eenmalig gebruik een kritische factor is bij het bepalen van de *Total Cost of Ownership* (TCO) van het Pharmafilter®-concept. Het verbruik van wegwerpmaterialen wordt bepaald door het percentage patiënten dat gebruik maakt van urinalen en bedpannen bij de toiletgang. In Fase 2 is een nauwkeurige schatting gemaakt voor dit percentage van 25,5% voor Tergooi Hilversum. Dit resulteert in een TCO van €4,8 miljoen, waarmee de kosten van het Pharmafilter®-concept binnen 5 jaar lager zijn dan voor het conventionele concept met

de bedpanspoelers. Hierbij is uitgegaan van een besparing van 4 FTE, verminderd risico op infecties (100.000 €/jaar) en een goedkoop alternatief voor wegwerp bedpannen en urinalen.

Er zal gezocht moeten worden naar een geschikte locatie voor de zuiveringsinstallatie van het Pharmafilter®, omdat plaatsing bij de RWZI waarschijnlijk niet mogelijk is. Hier zal op korte termijn actie op moeten worden genomen. Het plaatsen van de zuiveringsinstallatie op een alternatieve locatie, zoals de voormalige gemeentewerf, heeft een gering effect op de TCO.

Het verkrijgen van 2 BREEAM-punten kan door hergebruik van het effluent voor toiletspoeling. Op langere termijn zal dit bovendien leiden tot een kostenbesparing (minder drinkwaterverbruik) waardoor de TCO negatief wordt (ofwel het concept betaalt zich terug).

Een bijkomend voordeel van het Pharmafilter®-concept is dat het ook medicijnen verwijdert. Ook al is de bijdrage van het ziekenhuis aan de totale medicijnemissie van de rioolwaterzuiveringsinstallatie beperkt, het Pharmafilter®-concept zorgt voor een toekomstbestendig concept.

Op basis van deze analyse lijkt de invoering van het Pharmafilter®-concept voor het nieuwe ziekenhuis in Hilversum haalbaar. Indien Tergooi kiest voor toepassing, zijn de locatiekeuze voor de zuivering en toestemming voor het gebruik van effluent voor toiletspoeling de twee sleutelfactoren.

3 Duurzame koeling

3.1 Inleiding

In de tweede fase van het TKI-project "Energiezuinig en duurzaam ziekenhuis Tergooi" is er nog steeds maar beperkte informatie beschikbaar over de energievraag en energiebalans van het nieuwe ziekenhuis. Wat duidelijk is, is dat door de goede gebouwschil die het ziekenhuis krijgt, de interne processen doorslaggevend zijn voor de uiteindelijke energiebalans. Omdat de interne processen moeilijk te voorspellen zijn, en daar ook nog niet alle keuzes over zijn vastgelegd, is het nog steeds niet mogelijk om de energiebalans te kunnen vaststellen. In paragraaf 3.2 is dit nader toegelicht.

De energiebalans wordt pas in een later stadium helder en ligt in feite pas na ingebruikname daadwerkelijk vast. Daarom is het van belang om op voorhand inzichtelijk te maken hoe aanvullende voorzieningen, die koelcapaciteit kunnen leveren, het beste (modulair) kunnen worden ingepast. Uitgangspunt hierbij is dat er bij de bouw van het ziekenhuis niet meteen een voorziening voor het invangen van koude uit de buitenlucht wordt aangelegd. Wel worden er voorbereidingen getroffen die het mogelijk maken om in een latere bouw- of gebruiksfase alsnog een voorziening te kunnen toepassen (voorinvesteringen).

In fase 2 is onderzocht welke methoden toegepast kunnen worden om koude in te vangen. Tevens is bepaald waar voorzieningen moeten worden getroffen bij de aanleg van het ziekenhuis, nodig voor realisatie van koudewinning. Op deze manier wordt de vrijheid gecreëerd om de omvang van de koudevoorziening aan te passen aan de behoefte.

Door voortschrijdend inzicht⁴ is de uitwerking van de tweede fase veranderd ten opzichte van wat in de eerste fase was voorgesteld. De oorspronkelijke vraagstelling vanuit de eerste fase was als volgt geformuleerd:

1. Hoe kan de parkeergarage worden ingepast in het totale systeem van energievoorziening van het ziekenhuis, o.a. in relatie tot de temperatuurtrajecten van het geplande WKO-systeem, de bijdrage aan de totale energiebalans, en het dynamisch gedrag?
2. Wat zijn de kosten voor realisatie (o.a. instorten in de constructie) en onderhoud?
3. Wat zijn de mogelijkheden van het gebruik van de gevelbekleding van de technische ruimtes?
4. Treedt er geluidsoverlast op bij toepassing van droge koelers?

Nieuwe vraagstelling fase 2

1. Wat zijn de gevoeligheden in energievraag en energiebalans?
2. Welke koude-Invangconcepten zijn toepasbaar? Welke voorinvestering is nodig? Wat zijn de kosten bij ingebruikname? Kan het systeem modulair worden uitgebreid na ingebruikname? Wat zijn de energieprestaties? Wat is de TCO?

In dit rapport wordt een indicatie gegeven van de ordegrrootte van het energieoverschot of -tekort. Daarnaast worden de specificaties van de inpasbare koudewinningsvoorzieningen

⁴ Het was de verwachting dat de energievraag beter in beeld zou zijn in fase 2. Aangezien dat niet het geval is konden de mogelijke voorzieningen niet volledig worden uitgewerkt.

uitgewerkt zodat Tergooi kan besluiten welk systeem de voorkeur heeft. Zodra er meer zicht ontstaat op de noodzaak van het realiseren van additionele duurzame koeling, kan een keuze worden gemaakt voor welke koudevoorzieningen een (meer)investering gerechtvaardigd is. Daarbij is het belangrijk om te realiseren dat:

1. de voorinvesteringen nodig zijn om de koudevoorziening in de gebruiksfase alsnog te kunnen realiseren; de voorinvestering gaat “verloren” als blijkt dat de voorziening op termijn niet nodig is,
2. de TCO en prijs per geleverde GJ gelden voor de situatie waarin het concept daadwerkelijk in gebruik wordt genomen.

Ten opzichte van de eerste fase zijn twee concepten voor het invangen van koude toegevoegd, namelijk de wand- respectievelijk de dakbekleding van de technische ruimtes op het dak van het ziekenhuis.

3.2 Gevoeligheden energievraag / energiebalans ziekenhuis

De gevel van het ziekenhuis krijgt een hoge isolatiewaarde. Het gevolg daarvan is dat het energieverbruik van interne processen in het ziekenhuis doorslaggevend zijn voor de verhouding tussen warmte- en koudevraag. Omdat de omvang van het energieverbruik van interne processen erg lastig te voorspellen is, en er nog verschillende keuzes moeten worden gemaakt ten aanzien van verschillende interne processen, kunnen er nog geen concrete verwachtingen worden vastgesteld over of, en zo ja in welke mate, er extra koelcapaciteit moet worden gerealiseerd.

Op basis van de laatste inzichten lijkt er een jaarlijks warmteoverschot van circa 7,2 TJ (2 GWh). In het meest extreme geval kan dit echter ook 10,8 TJ zijn. Voor de dimensionering van de componenten en het bepalen van de kosten is in deze studie uitgegaan van de 7,2 TJ koelcapaciteit die moet worden ingevangen met de beoogde voorziening. Er is een indicatieve gevoeligheidsanalyse uitgevoerd, waarbij ook voor 3,6 en 10,8 TJ de benodigde extra koelcapaciteit inzichtelijk is gemaakt met bijbehorende specificaties.

Op basis van de analyses van de klimaatgegevens uit fase 1 is het benodigde vermogen van de voorziening bij een warmteoverschot van 7,2 TJ circa 775 kW, uitgaande van het gemiddelde aantal graaduren op basis van het criterium dat alleen 's nachts koelcapaciteit wordt ingevangen wanneer de buitentemperatuur dit gedurende meer dan 4 uur achtereen toelaat (4 °C). Hierbij zijn de gegevens van de klimaatanalyses in fase 1 gehanteerd als uitgangspunt voor berekening van het potentiële energie-invangvermogen (Hofman 2014).

3.3 Mogelijke systeemconcepten voor de energievoorziening

In deze paragraaf is een korte beschrijving gegeven van de systeemconcepten en is inzichtelijk gemaakt welke aanlegkosten bij de bouw van het ziekenhuis moeten worden gemaakt om de voorziening later alsnog in te kunnen passen.

3.3.1 Parkeergarage

Met de parkeergarage kan op drie verschillende manieren koelcapaciteit uit de buitenlucht worden ingevangen. Via het plafond, het vloerdek en/of de betonconstructie. De parkeergarage bestaat uit zes bouwlagen van elk circa 4.000 m². De oppervlakte-eenheid die per optie kan worden aangesloten is vrij te kiezen, maar om een goede inschatting te kunnen maken van de haalbaarheid wordt voor deze studie gewerkt met de praktische eenheidsoppervlakten ter grootte van een verdieping.

- Voor de betonconstructie van de garage wordt een hele verdieping aangesloten. Het is praktisch/uitvoeringstechnisch onhandig om maar een deel van de constructie van een buisnetwerk voor thermische overdracht te voorzien. Ook energetisch is het niet optimaal om maar een deel van de constructie te activeren. De kracht van dit alternatief zit in de massa van de constructie.
De benodigde voorinvestering voor deze voorziening betreft het aanbrengen van de leidingen in de constructie, het aanleggen van leidingen naar de parkeergarage vanaf de technische ruimte(n), circa 80% van de totale aanlegkosten.
- Ook voor het vloerdek wordt een hele verdieping aangesloten.
De benodigde voorinvestering voor deze voorziening betreft het aanbrengen van de leidingen in het parkeerdek en het aanleggen van leidingen naar de parkeergarage vanaf de technische ruimte(n), circa 80% van de totale aanlegkosten.
- Ten aanzien van de plafondvariant wordt voor het specifieke uitwisselingsvermogen zoals bepaald in fase 1 een correctie toegepast. In fase 1 werd uitgegaan van een buisleidingnet over de gehele oppervlakte van het plafond. Dat is praktisch lastig te realiseren en erg onderhoudsgevoelig. Daarom worden de buisleidingen niet over het gehele oppervlak gerealiseerd. Het specifieke uitwisselingsvermogen per m² neemt daardoor af met circa 20%.
De benodigde voorinvestering voor deze voorziening betreft het aanleggen van leidingen naar de parkeergarage vanaf de technische ruimte(n) en het aanbrengen van enkele sparingen in de parkeergarage; circa 25% van de totale kosten.

Voor een uitgebreidere toelichting op het principe voor koude-invangen met de parkeergarage wordt verwezen naar het rapport van fase 1 (Hofman 2014).

3.3.2 Dak van technische ruimtes als warmtewisselaar

Bovenop elk bouwdeel van het ziekenhuis komt een technische ruimte. Zowel de gevels als het dak van de technische ruimte kunnen worden gebruikt om warmte of koelcapaciteit mee in te vangen.



Figuur 7. Het principe van een Energiedak®

Een Energiedak® (Solatech 2014) kan vergeleken worden met een zonnecollector alleen dan geïntegreerd in het dak. Het materiaal van het energiedak neemt de buitenluchttemperatuur over en geeft die door aan het onderliggende leidingsysteem waarbij de leidingen in of op het isolatiemateriaal van het dak zijn aangebracht. Het leidingsysteem brengt de thermische

energie op zijn beurt weer over op het door de leidingen stromende medium (water met vorstbeschermingsmiddel). Deze thermische energie kan weer op een andere plaats gebruikt worden. In Figuur 7 is een doorsnede van een dergelijk dak weergegeven. In veel gevallen wordt het leidingsysteem in of op het isolatiemateriaal aangebracht. Deze vorm wordt meestal toegepast in platte daken. Voor hellende daken zijn er systemen waarbij de gehele dakbedekking en constructie geïntegreerd zijn in één paneel (sandwich-paneel). Er zijn voorbeelden waarbij de absorberende dakbedekking en leidingsysteem uit één aluminium profiel bestaan. Daarnaast is het ook mogelijk het systeem verticaal uit te voeren (in de gevel). Dit biedt zelfs voordelen ten opzichte van een horizontaal systeem, omdat er minder rondpompenergie nodig is en de ontluchting minder aandacht behoeft. De maximale hellingshoek waarop een energiedak tot nu toe is toegepast is 45°. Het specifieke uitwisselingsvermogen is circa 17 W/m²/K.

Opbrengst en kosten

De benodigde voorinvestering voor deze voorziening is beperkt: leidingen aanleggen, sparingen maken, circa 5% van de totale investering.

De additionele investeringen ten opzichte van een gewoon dak of gevel worden bepaald door de afmetingen en vorm van het dak, de ondergrond, gewenste isolatie en afschot. Een richtwaarde hiervoor is 100 – 120 €/m² ⁵. De opbrengst van het energiedak voor invang van koude in Nederland bedraagt tussen de 1,1 en 1,3 GJ/m²/jaar ⁶. Voor de technische ruimtes op de daken van het nieuwe ziekenhuis is een inschatting gemaakt van het beschikbare dakoppervlak. Het blijkt dat er ca. 4.000 m² aan dakoppervlak beschikbaar is ⁷. Dit houdt in dat er ca. 4,7 TJ per jaar aan koude kan worden ingevangen bij een eenmalige investering van ca. € 450.000.

Randvoorwaarden en aandachtspunten

De additionele draagbelasting door toepassing van een energiedak loopt uiteen van 4 – 25 kg/m². De dakconstructie moet dit kunnen dragen, en de waterhuishouding van het dak mag niet beïnvloed worden. Ook is er ruimte voor extra leidingwerk van het dak naar het klimaatsysteem nodig. Een energiedak vergt weinig onderhoud en beheer. Het wordt wel aanbevolen om een jaarlijkse controle op aanwezigheid van voldoende vorstbeschermingsmiddel uit te voeren, en het systeem te ontluchten. In de ontwerpfase van een gebouw moet al rekening worden gehouden met het toepassen van een energiedak vanwege standaardmaten en de benodigde leidingen. Ten aanzien van koude-Invang is beschaduwning van de gevels positief. De opbrengst van het dak is afhankelijk van de gemaakte keuzes in de ontwerpfase, van het installatiewerk in de bouwfase en van het beheer in de exploitatiefase.

De leidingkoppelingen moeten goed te bereiken zijn om eventuele lekkages te verhelpen en te detecteren. Een ander aandachtspunt is vorstbestendigheid, bijvoorbeeld door flexibiliteit van het gebruikte materiaal. Verder dient te allen tijde een vat met water/glycol mengsel aanwezig te zijn om het energiedak na lekkage bij te vullen.

3.3.3 Gevelbekleding van technische ruimtes als warmtewisselaar

Volgens hetzelfde principe als in 3.3.2, kan ook worden gekozen om aan bijvoorbeeld de gevels van de technische ruimtes koperen leidingen te plaatsen als warmtewisselaar om de overtollige warmte uit het WKO-systeem af te staan. De aanleiding om deze variant te onderzoeken is tweeledig: ter vervanging van de architectonische schijnroosters die nu zijn

⁵ Bron: persoonlijke communicatie Solartech, 7 juli 2014

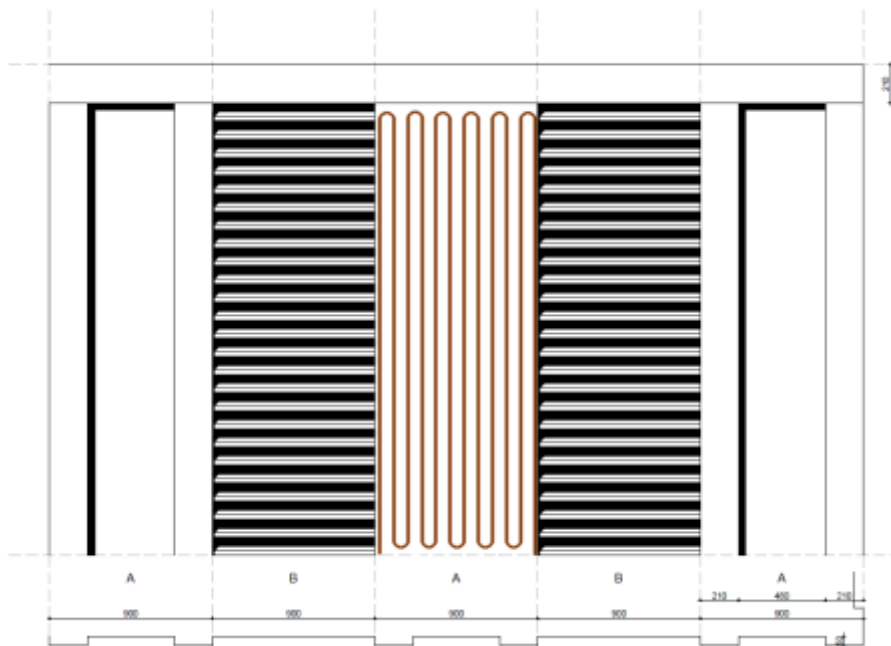
⁶ Bron: <http://www.rvo.nl/sites/default/files/Brochure%20zonthermische%20daken%20printversie.pdf>, aangevuld met persoonlijke communicatie Solartech, 7 juli 2014

⁷ Bron: KWR op basis van bouwtekeningen, gevalideerd door Ecofys

voorzien en de verwachting dat dit ten opzichte van de optie op het dak tot een grotere opbrengst kan leiden (immers componenten als zon-absorberende dakbedekking, isolatiemateriaal, damp-remmende afdichting zijn niet nodig en ook ontwikkelingskosten van het gestandaardiseerde product kunnen buiten de investering gelaten worden).

Voor de inpassing in de gevel van de technische ruimtes is hieronder geschetst hoe een dergelijk systeem eruit zou kunnen zien. Hierbij is ervan uitgegaan dat de aluminium schijnroosters (B in Figuur 8) worden vervangen. De koperen leidingen worden op het aluminium zetwerk (A in Figuur 8) geplaatst. Eventueel kan natuurlijk ook de hele gevel worden bekleed, of juist tussen de schijnroosters, zoals getekend in Figuur 9.

Op basis van tekeningen van de architect van het ziekenhuis is het beschikbare oppervlak op de gevels van de technische ruimten 3.500 m²⁸.



Figuur 8. Voorbeeld van gevelbekleding met koperen leidingen en schijnroosters.



Figuur 9. Plaatsing van gevelbekleding voor koudewinning op de technische ruimtes.

⁸ Bron: KWR op basis van bouwtekeningen, gevalideerd door Ecofys

Opbrengst en kosten

Voor het bepalen van de te verwachten (koude)opbrengst is een inschatting gemaakt van de convectieve- en stralingsverliezen van de cilindervormige koperen buizen⁹. Voor convectie blijkt voor verticale buizen de gedwongen convectie (door wind) dominant vanaf ca. 0,5 m/s windsnelheid. Voor de stralingsverliezen is uitgegaan van commercieel gepolijst koper (niet geoxideerd) met een emissiviteit van 0,07. De warmteoverdrachtscoëfficiënt voor een 7-jarig gemiddelde windsnelheid (KNMI De Bilt, bij temperaturen laag genoeg voor warmte-overdracht naar de lucht) komt hierbij op 57 W/m² buis/K. Bij een gevelbenutting van 45% komt dit overeen met ongeveer 26 W/m² gevel/K. Hiermee komt de gemiddelde opbrengst op 1.8 GJ/m² gevel/jaar¹⁰.

Voor het bepalen van de kosten voor een dergelijk systeem zijn twee installateurs gevraagd naar de kosten per meter buis voor een aantal diameters, inclusief arbeid. Voor een diameter van 12 mm resulteert dit in een gemiddelde prijs van € 14,50 per meter buis. Met een buis lengte van ca. 12 m/m² gevel, komt de investering hiermee op € 175 per m² gevel. Met de gevel kan dus ook ongeveer 3,6 TJ worden ingevangen, bij een investering van € 630.000,- (inclusief ontwerpkosten).

De benodigde voorinvestering voor deze voorziening is beperkt: leidingen aanleggen, sparingen maken, circa 5% van de totale investering.

3.3.4 Gevels en dak TR samengevoegd

Het blijkt dat de gecombineerde voorzieningen op dak en gevels van de technische ruimte samen de totale vraag kunnen dekken. Daarom is ook deze optie in de afweging meegenomen.

Daarnaast is er nog een alternatieve variant meegenomen, met zowel op het dak als tegen de gevel een buissysteem. De buizen waarin het warmtemedium in het dak stroomt kunnen ook, zoals de buizen tegen de gevel, op het dak worden aangelegd, in plaats van erin te worden geïntegreerd. Er wordt dan een netwerk van buizen op het dak en tegen de gevel geplaatst. Dit is vergelijkbaar met het systeem dat bij de parkeergarage aan het plafond wordt opgehangen. Daarnaast kunnen de leidingen in plaats van koper ook in staal worden uitgevoerd. Dit is esthetisch minder verantwoord, maar wel goedkoper. Uitgaande van CV-leidingen en gelijke leidingdichtheid als bij parkeergarage (zie rapport fase 1 (Hofman 2014)) is het uitwisselingsvermogen dan ook 21 W/m²/K. Ondanks dat het een gelijk systeem betreft, is deze waarde iets lager dan de waarde voor het parkeerdak. Dat komt door het feit dat de leidingen tegen het plafond van het parkeerdek altijd in de schaduw ligt. Door de zoninstraling zal de koude-Invang op het dak van de technische ruimte minder koelvermogen opleveren. Op basis van de prijs van stalen CV-buizen van € 1,5 per meter en een arbeidsfactor van twee is de prijs van dit systeem € 30 per m². In verband met koppelstukken etc. wordt uitgegaan van €35 per m². De aanlegsom bedraagt € 282.000,- (inclusief ontwerpkosten).

In Tabel 8 zijn de hierboven beschreven opties samengevat en zijn de bijbehorende kosten inzichtelijk gemaakt. Voor het bepalen van de hoeveelheid geleverde energie is dezelfde methode gehanteerd als in fase 1 van het onderzoek (Hofman 2014).

⁹ Uitgangspunt is een diameter van 12 mm, aangezien deze de hoogste warmteoverdracht per graad per euro kent.

¹⁰ Voor de berekeningswijze wordt verwezen naar het rapport van fase 1 Hofman, J., (ed) (2014) Energiezuinig en duurzaam ziekenhuis Tergooi; fase 1 quick scans. KWR 2014.048, KWR Watercycle Research Institute, Nieuwegein..

TABEL 8. VERGELIJKING VAN VERSCHILLENDE OPTIES VOOR HET INVANGEN VAN KOUDE RONDOM DE TECHNISCHE RUIJTE.

Uitvoering	Eenheid	Gevels Koper	Dak Energiedak	Gevels + Dak Koper + Energiedak	Gevels + Dak Staal (CV-leiding)
Oppervlakte beschikbaar	m ²	3.500	4.000	7.500	7.500
Specifiek vermogen	W/m ² /K	26	17	21,2	21
Potentieel beschikbaar vermogen	kW	410	306	716	709
Vermogen geleverd	kW	410	306	716	709
Energie geleverd	TJ	3,8	2,8	6,7	6,6
Oppervlakte benodigd	m ²	3.500	4.000	7.500	7.500
TCO	k€	1.100	805	1.905	500
Aanlegkosten	k€	631	460	1.091	282
Kosten / GJ koude	€/GJ	9,61	9,43	9,53	2,53
Kosten voorinvestering	k€	32	23	55	14
Percentage kosten voorinvestering	%	5	5	5	5

3.3.5 Droge koelers

Op de daken van de verschillende bouwdelen is ruimte gereserveerd om droge koelers te kunnen plaatsen. Voor nadere toelichting wordt verwezen naar het rapport van fase 1. Bij het bepalen van de aanlegkosten is rekening gehouden met het feit dat er dan op elk van de 5 bouwdelen een droge koeler van circa 150 kW wordt geïnstalleerd.

3.3.6 Asphaltcollectoren

Asphaltcollectoren zijn niet meegenomen in de evaluatie omdat de wegen op het zorgpark worden bestraat met klinkers.

3.4 Afweging potentie en benodigde voor investering

In deze paragraaf worden de eigenschappen van de mogelijke invangconcepten voor koelcapaciteit nader uitgewerkt. Uitgangspunt bij de vergelijking is dat de voorzieningen worden vergeleken uitgaande van een gelijk vermogen. De totale kostprijs (TCO) en kostprijs per GJ zijn een goede maat om de opties met elkaar te vergelijken. De uitgangspunten voor de TCO zijn gelijk met die uit fase 1, zie de details daarvoor in de rapportage van fase 1 (Hofman 2014).

Belangrijk punt bij het bepalen of een voorinvestering gewenst en acceptabel is, is de mate waarin de voorziening gelijktijdig met de bouw van het ziekenhuis moeten worden aangelegd. Hoe meer kosten van de voorziening kunnen worden uitgesteld des te beter.

Uit **Error! Reference source not found.** blijkt dat alle duurzame opties meer kosten dan de conventionele optie met droge koelers. Ook de benodigde voorinvestering is bij droge koelers het laagste. Alleen de optie van het plafond van de parkeergarage en de CV-leidingen aan de technische ruimte komen in de buurt van de kosten van de droge koeler. De voorzieningen op de technische ruimte vragen ook een relatief lage voorinvestering (5%). De opties in de parkeergarage en de droge koelers kunnen voorzien in het benodigde vermogen (~775 kW) voor het invangen van koude. Het alternatief aan de TR levert onvoldoende vermogen, de verwachting is dat dit kleine verschil in een detail ontwerp wel "goed gemaakt" kan worden.

Ter aanvulling zijn in Tabel 10 en **Error! Reference source not found.**Tabel 11 de berekende waarden vermeld voor de situaties waarbij 3,6 respectievelijk 10,8 TJ koude moet worden ingevangen.

TABEL 9. VERGELIJKING VAN DE ENERGIE-INVANGSYSTEMEN UITGAANDE VAN 7,2 TJ GELEVERDE ENERGIE

	Eenheid	Vloer	Plafond	Beton- con- structie	Techn. Ruimte koper	Techn. Ruimte staal	Droge Koeler
Oppervlakte beschikbaar	m ²	24.000	12.000	24.000	7.500	7.500	1.300
Specifiek vermogen per m2 per K	W/m ² /K	25	20	20	21,2	21	-
Potentieel beschikbaar vermogen	kW	2.700	1.080	2.160	716	709	-
Vermogen geleverd	kW	774	774	774	716	709	774
Energie geleverd	TJ	7,2	7,2	7,2	6,8	6,8	6,8
Oppervlakte benodigd	m ²	6.879	8.599	8.559	7.500	7.500	-
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

TABEL 10. VERGELIJKING VAN DE ENERGIE-INVANGSYSTEMEN UITGAANDE VAN ONGEVEER 3,6 TJ GELEVERDE ENERGIE

	Eenheid	Vloer	Plafond	Betoncon- structie	Techn. Ruimte staal	Droge Koeler
Oppervlakte beschikbaar	m ²	24.000	12.000	24.000	7.500	1.300
Specifiek vermogen	W/m ² /K	25	20	20	21	-
Potentieel beschikbaar vermogen	kW	2.700	1.080	2.160	709	-
Vermogen geleverd	kW	390	390	390	390	390
Energie geleverd	TJ	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6
Oppervlakte benodigd	m ²	3.439	4.299	4.299	4.095	-
TCO	k€	425	325	432	290	294
Aanlegkosten	k€	265	160	224	140	90
Kosten / GJ koude	€/GJ	3,91	2,99	3,97	2,66	2,70
Kosten voorinvestering	k€	212	40	179	7	4,5
Percentage kosten voorinvestering	%	80	25	80	5	5

TABEL 11. VERGELIJKING VAN DE ENERGIE-INVANGSYSTEMEN UITGAANDE VAN ONGEVEER 10,8 TJ GELEVERDE ENERGIE

	Eenheid	Vloer	Plafond	Constructie	Droge koeler
Oppervlakte beschikbaar	m ²	24.000	12.000	7.500	1.300
Specifiek vermogen	W/m ² /K	25	20	21	-
Potentieel beschikbaar vermogen	kW	2.700	1.080	709	-
Vermogen geleverd	kW	1160	1080	1160	1160
Energie geleverd	TJ	10,8	10,1	10,8	10,8
Oppervlakte benodigd	m ²	10.318	12.000	12.898	-
TCO	k€	1.225	874	1.200	556

Aanlegkosten	k€	803	480	140	243
Kosten / GJ koude	€/GJ	3,78	2,70	3,70	1,71
Kosten voorinvestering	k€	642	120	538	12
Percentage kosten voorinvestering	%	80	25	80	5

Als de behoefte aan koude de helft minder is (3,6 TJ i.p.v. 7,2 TJ), dan komen de uitkomsten van technische ruimte met stalen CV-leidingen, het plafond van de parkeergarage en de droge koelers dicht bij elkaar te liggen. Dat komt omdat het relatief duur is om vijf kleinere droge koelers te installeren. Als er meer koude moet worden ingevangen (10,8 TJ) dan blijven droge koelers en het plafond van de parkeergarage als opties over.

3.4.1 Het effect van duurzame koude-invang op BREEAM®-score

De beoordelingsrichtlijn (BRL) voor de BREEAM-score van een gebouw kijkt voor energie-efficiëntie alleen naar de EPC-score van een gebouw. De Dutch Green Building Council (DGBC) geeft aan dat energie-efficiëntie te allen tijde in de vorm van ENE1 (EPC) of ENE5 (CO₂-reductie) moet worden gegoten. Binnen de wettelijke EPC (NEN7120) wordt voor WKO systemen niet gekeken naar de jaarbalans in de bodem. Dat betekent dat er geen rekening wordt gehouden met de regeneratie van de koude bron waar juist in dit TKI-project de voordelen mee worden gehaald. Het enige alternatief voor BREEAM® is dan om regeneratie mee te nemen in de ENE5 haalbaarheidsstudie voor duurzame energie. Daarbij wordt de optie dan afgezet tegen een referentie met bijvoorbeeld droge koelers.

Regeneratie van de bronnen is slechts een klein deel van het totale gebouwgebonden energieverbruik, waardoor de verwachting is dat de invloed op de totale CO₂-besparing ook relatief klein is. Hoewel deze aanpak dus een positieve bijdrage zal leveren, is het sterk afhankelijk van de grootte van het warmteoverschot of zal leiden tot een extra BREEAM®-punt.

3.5 Samengevat

Door de hoge isolatiewaarde van de gebouwschil van het nieuwe ziekenhuis wordt de energiebalans voornamelijk bepaald door het energieverbruik van de interne processen in het gebouw. Dit is doorslaggevend voor de verhouding tussen de behoefte aan warmte en de koelcapaciteit. Omdat er ten aanzien van de interne processen en inrichting van het ziekenhuis nog belangrijke keuzes gemaakt moeten worden, is het nu (juli 2014) niet mogelijk om de warmtebalans goed in te schatten. Daarom is gekozen voor de uitwerking van een duurzame koeling in een meer flexibel concept: het aanleggen van voorzieningen en leidingen in het gebouw, en het zo nodig inpassen van extra koelcapaciteit.

Op basis van de huidige inzichten lijkt er jaarlijks 7,7 TJ koeling nodig te zijn. Uitgangspunt is daarbij dat de koelcapaciteit wordt gewonnen uit winterkoude via een warmtewisselaar. Als aangenomen wordt dat alleen 's nachts de koude kan worden gewonnen indien de temperatuur gedurende minimaal 4 uur beneden 4 °C is, is installatie van 775 kW koelvermogen voldoende. Vanwege de benodigde flexibiliteit is ook gerekend met 3,6 TJ en 10,8 TJ koeling.

Onderzocht is welke systemen dit koelvermogen kunnen leveren en daarbij kosteneffectief zijn, op basis van TCO en kosten per gigajoule koeling. De volgende systemen zijn onderzocht: warmtewisselaars in de betonconstructie, in de vloeren of tegen het plafond van de parkeergarage, warmtewisselaars geïntegreerd in de dak- en gevelbekleding van de technische ruimtes en toepassing van droge koelers. Uit de vergelijkingen van deze systemen blijkt dat bij 775 kW koelvermogen alle duurzame opties duurder zijn dan toepassing van conventionele droge koelers (in €/GJ).

Bij kleinere benodigde koelvermogens, komen de oplossingen met warmtewisselaars aan het plafond van de parkeergarage, het uitrusten van de technische ruimtes met gevelementen met CV-leidingen en droge koelers qua kosten bij elkaar in de buurt. Indien meer koelvermogen nodig is, zijn droge koelers het voordeligste, gevolgd door een systeem aan de plafonds van de parkeergarage.

Het behalen van extra BREEAM®-punten is onzeker en afhankelijk van de grootte van het warmteoverschot.

4 Conclusies en aanbevelingen

4.1 Conclusies

4.1.1 Pharmafilter®

De kosten (verbruiksaantallen en prijs) van urinalen en bedpannen voor eenmalig gebruik zijn een kritische factor voor de *Total Cost of Ownership* van het Pharmafilter®-concept. Een goede inschatting van het percentage patiënten dat gebruik maakt van wegwerpmaterialen is daarom van groot belang. Vastgesteld is dat voor het nieuwe Tergooi Hilversum dit percentage 25,5 % bedraagt. De TCO voor het Pharmafilter® is daarmee berekend op € 4,8 miljoen. Binnen 5 jaar zijn de kosten van het Pharmafilter®-concept lager dan voor het conventionele concept met bedpanspoelers. Hierbij is uitgegaan van een besparing van 4 FTE door vermindering van het aantal handelingen rondom het bed, het voorkomen van infecties (€ 100.000/jaar) en goedkope kartonnen bedpannen en urinalen.

Er zal gezocht moeten worden naar een geschikte locatie voor de Pharmafilter®-zuivering, omdat plaatsing op de RWZI of het terrein van Monnikenberg niet mogelijk is. Een optie hiervoor zou een deel van de voormalige gemeentewerf in Hilversum zijn.

Pharmafilter® kan 2 extra BREEAM®-punten opleveren, indien ervoor wordt gekozen om het gezuiverde afvalwater te hergebruiken in het ziekenhuis, bijvoorbeeld voor toiletspoeling en het spoelen van de Tonto®'s (vermalers).

Pharmafilter® verwijdert ook de medicijnen die in het afvalwater aanwezig zijn. Daarmee wordt de emissie van deze stoffen door het ziekenhuis beperkt. Het concept is daarmee ook toekomstbestendig, omdat op langere termijn regelgeving ten aanzien van geneesmiddelen-emissie te verwachten is.

Op basis van deze analyse lijkt de invoering van het Pharmafilter®-concept voor het nieuwe ziekenhuis in Hilversum haalbaar. Indien Tergooi kiest voor toepassing, zijn de locatiekeuze voor de zuivering en toestemming voor het gebruik van effluent voor toiletspoeling de twee sleutelfactoren.

4.1.2 Duurzame koeling

Vanwege het zeer goed geïsoleerde gebouw van het nieuwe ziekenhuis in Hilversum, wordt de energiebalans voornamelijk bepaald door de processen die in het gebouw plaatsvinden. Het is daarom in dit stadium niet mogelijk om een goede inschatting te maken van het overschot of tekort aan warmte. De huidige inzichten wijzen in de richting van een warmteoverschot van 7,2 TJ en een behoefte aan koeling van deze omvang. Vanwege de onzekerheid over dit warmteoverschot zijn ook berekeningen uitgevoerd voor een warmteoverschot van 3,6 en 10,8 TJ.

In de meeste gevallen lijkt de inzet van droge koelers voordeliger dan de duurzame opties waarbij winterkoude wordt ingevangen. Systemen aan het plafond van de parkeergarage of het aanbrengen van warmtewisselaars in de gevelbekleding van de technische ruimtes op basis van stalen CV-leidingen zijn onder bepaalde omstandigheden financieel haalbaar. Als de onbalans binnen de 7,2 GJ blijft zijn de gevels en daken van de technische ruimte qua prijs vergelijkbaar met de droge koelers.

Het is onduidelijk of en hoeveel extra BREEAM®-punten kunnen worden behaald door toepassing van duurzame koelssystemen.

4.2 Aanbevelingen

Voor het Pharmafilter®-concept zijn er duidelijk duurzaamheidsvoordelen te behalen voor Tergooi. Een cruciaal aspect voor de realisatie van het concept is de locatiekeuze voor de zuivering. Aanbevolen wordt om snel duidelijkheid te scheppen over geschikte locaties voor de zuivering.

Daarnaast biedt ook hergebruik van het gezuiverde afvalwater interessante perspectieven. Hergebruik kan echter alleen onder strikte voorwaarden. Wettelijk gezien moet er een ontheffing komen voor het gebruik van dit water. Dit vergt specifieke technische maatregelen om te voorkomen dat het gebruikte afvalwater gezondheidsrisico's oplevert. Aanbevolen wordt om verder te onderzoeken aan welke voorwaarden moet worden voldaan om waterhergebruik voor toiletspoeling en voor de spoeling van Tonto®'s mogelijk te maken.

Ten aanzien van duurzame koeling kan nog geen aanbeveling worden gedaan, anders dan dat op zo kort mogelijke termijn duidelijkheid moet ontstaan over de energiebalans van het nieuwe ziekenhuis, teneinde goed inzicht te geven in de benodigde koelcapaciteit. Op basis hiervan en de resultaten van deze fase 2 studie kan dan een keuze worden gemaakt uit de beschikbare opties voor duurzame koeling en/of droge koelers. De beste duurzame optie is dan het gebruik van de gevels en de daken van de technische ruimtes.

5 Referenties

Hofman, J., (ed) (2014) Energiezuinig en duurzaam ziekenhuis Tergooi; fase 1 quick scans. KWR 2014.048, KWR Watercycle Research Institute, Nieuwegein.

Vergouwen, A.A., Pieters, B.J. and Kools, S. (2011) ZORG Inventarisatie van emissie van geneesmiddelen uit zorginstellingen; Deel C. Eindrapportage. 2011-02, Stowa.

ter Laak, T.L., Tolkamp, H. and Hofman, J.A.M.H. (2013) Geneesmiddelen in de Watercyclus in Limburg; Fase 1: Voorkomen, herkomst en ernst van geneesmiddelen in het watersysteem. KWR 2013.011, KWR Watercycle Research Institute, Nieuwegein.

ter Laak, T.L., Kooij, P.J.F., Tolkamp, H. and Hofman, J. (2014) Different compositions of pharmaceuticals in Dutch and Belgian rivers explained by consumption patterns and treatment efficiency. Environmental Science and Pollution Research, DOI: 10.1007/s11356-014-3233-9, 1-13.

Solatech (2014) Energiedak®: www.energiedak.nl.

Bijlage I

Standpunt Waternet ten aanzien van lozing van gezuiverd afvalwater Pharmafilter en locatie van de installatie

From: Mol, Stefan [mailto:Stefan.Mol@waternet.nl]

Sent: zondag 29 juni 2014 20:53

To: Brand, Tessa van den; Houdt, Wim van (WHoudt@tergooi.nl);
htreffers@tergooi.nl; paul.stoelinga@deerns.nl; j.louw@pharmafilter.nl

Subject: RE: overleg fase 2 Pharmafilter

Beste mensen,

Voor het overleg wil ik alvast één inhoudelijke opmerking meegeven. Bij vergelijking van de locaties is wellicht ten onrechte verondersteld dat de aanvullende N- en P-verwijdering alleen bij de rwzi vereist zou zijn. Ik denk dat dat niet juist is.

Er zijn volgens mij twee mogelijkheden om het effluent van de Pharmafilter-installatie te lozen:

- lozing rechtstreeks naar oppervlaktewater, onder voorwaarde van aanvullende N- en P-verwijdering

- lozing op het riool, tegen een nader vast te stellen zuiveringstarief

Het lijkt mij te kort door de bocht om nu te stellen dat er bij plaatsing op de gemeentewerf geen inspanning gedaan zou hoeven worden voor N- en P-verwijdering, of dat de v.e. heffing volledig zou vervallen.

Overigens maakt dit voor de locatie-keuze niet veel uit: Waternet lijkt immers niet voornemens de installatie op het terrein van de rwzi toe te staan. Ik zal de notitie hierover nog nasturen.

Het is natuurlijk wel van belang om voor de alternatieve locatie alle kosten in beeld te hebben.

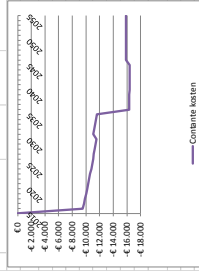
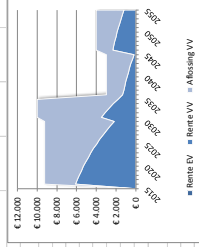
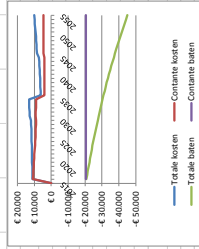
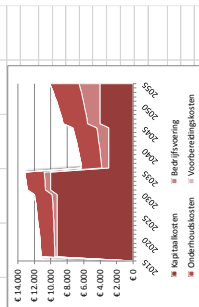
Met vriendelijke groet,

Stefan Mol
Onderzoeker Waternet

Bijlage II

Total Cost of Ownership hergebruik gezuiverd afvalwater

TKI Tergooi Berekening total cost of ownership technische installaties	Tijdslijn Overzicht																
	Jahr	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Overzicht	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
Waarde	€ -	€ 11.229	€ 11.178	€ 11.228	€ 11.280	€ 11.333	€ 11.389	€ 11.446	€ 11.503	€ 11.567	€ 11.630	€ 11.696	€ 11.764	€ 11.833	€ 11.908	€ 11.985	€ 12.029
Constante Waarde kosten	€ -	€ 10.911	€ 10.744	€ 10.580	€ 10.421	€ 10.265	€ 10.113	€ 9.964	€ 9.820	€ 9.678	€ 9.541	€ 9.407	€ 9.276	€ 9.149	€ 9.025	€ 8.905	€ 9.345
Kostenbesparing/inkomsten	€ -	€ -20.845	€ -21.266	€ -21.651	€ -22.125	€ -22.567	€ -23.019	€ -23.479	€ -23.943	€ -24.428	€ -24.915	€ -25.415	€ -25.931	€ -26.461	€ -26.970	€ -27.510	€ -28.060
Constante Waarde besparing/inkomsten	€ -	€ -20.440	€ -20.440	€ -20.440	€ -20.440	€ -20.440	€ -20.440	€ -20.440	€ -20.440	€ -20.440	€ -20.440	€ -20.440	€ -20.440	€ -20.440	€ -20.440	€ -20.440	€ -20.440
Kosten/Baten	€ -	€ -9.220	€ -10.088	€ -10.463	€ -10.845	€ -11.234	€ -11.630	€ -12.033	€ -12.444	€ -12.861	€ -13.286	€ -13.719	€ -14.159	€ -14.606	€ -15.062	€ -15.525	€ -15.230
TCO	€ -	€ -9.220	€ -9.696	€ -9.860	€ -10.019	€ -10.175	€ -10.327	€ -10.476	€ -10.620	€ -10.762	€ -10.899	€ -11.033	€ -11.164	€ -11.291	€ -11.415	€ -11.535	€ -11.095
Totalen	€ -	€ -	€ 258.361	€ 258.361	€ 258.361	€ 258.361	€ 258.361	€ 258.361	€ 258.361	€ 258.361	€ 258.361	€ 258.361	€ 258.361	€ 258.361	€ 258.361	€ 258.361	€ 258.361
Waarde	€ -	€ 11.229	€ 11.178	€ 11.228	€ 11.280	€ 11.333	€ 11.389	€ 11.446	€ 11.503	€ 11.567	€ 11.630	€ 11.696	€ 11.764	€ 11.833	€ 11.908	€ 11.985	€ 12.029
Constante Waarde kosten	€ -	€ 10.911	€ 10.744	€ 10.580	€ 10.421	€ 10.265	€ 10.113	€ 9.964	€ 9.820	€ 9.678	€ 9.541	€ 9.407	€ 9.276	€ 9.149	€ 9.025	€ 8.905	€ 9.345
Kostenbesparing/inkomsten	€ -	€ -20.845	€ -21.266	€ -21.651	€ -22.125	€ -22.567	€ -23.019	€ -23.479	€ -23.943	€ -24.428	€ -24.915	€ -25.415	€ -25.931	€ -26.461	€ -26.970	€ -27.510	€ -28.060
Constante Waarde besparing/inkomsten	€ -	€ -20.440	€ -20.440	€ -20.440	€ -20.440	€ -20.440	€ -20.440	€ -20.440	€ -20.440	€ -20.440	€ -20.440	€ -20.440	€ -20.440	€ -20.440	€ -20.440	€ -20.440	€ -20.440
Kosten/Baten	€ -	€ -9.220	€ -10.088	€ -10.463	€ -10.845	€ -11.234	€ -11.630	€ -12.033	€ -12.444	€ -12.861	€ -13.286	€ -13.719	€ -14.159	€ -14.606	€ -15.062	€ -15.525	€ -15.230
TCO	€ -	€ -9.220	€ -9.696	€ -9.860	€ -10.019	€ -10.175	€ -10.327	€ -10.476	€ -10.620	€ -10.762	€ -10.899	€ -11.033	€ -11.164	€ -11.291	€ -11.415	€ -11.535	€ -11.095
Totale Kosten	€ -	€ -	€ 258.361	€ 258.361	€ 258.361	€ 258.361	€ 258.361	€ 258.361	€ 258.361	€ 258.361	€ 258.361	€ 258.361	€ 258.361	€ 258.361	€ 258.361	€ 258.361	€ 258.361
Waarde	€ -	€ 11.229	€ 11.178	€ 11.228	€ 11.280	€ 11.333	€ 11.389	€ 11.446	€ 11.503	€ 11.567	€ 11.630	€ 11.696	€ 11.764	€ 11.833	€ 11.908	€ 11.985	€ 12.029
Constante Waarde kosten	€ -	€ 10.911	€ 10.744	€ 10.580	€ 10.421	€ 10.265	€ 10.113	€ 9.964	€ 9.820	€ 9.678	€ 9.541	€ 9.407	€ 9.276	€ 9.149	€ 9.025	€ 8.905	€ 9.345
Kostenbesparing/inkomsten	€ -	€ -20.845	€ -21.266	€ -21.651	€ -22.125	€ -22.567	€ -23.019	€ -23.479	€ -23.943	€ -24.428	€ -24.915	€ -25.415	€ -25.931	€ -26.461	€ -26.970	€ -27.510	€ -28.060
Constante Waarde besparing/inkomsten	€ -	€ -20.440	€ -20.440	€ -20.440	€ -20.440	€ -20.440	€ -20.440	€ -20.440	€ -20.440	€ -20.440	€ -20.440	€ -20.440	€ -20.440	€ -20.440	€ -20.440	€ -20.440	€ -20.440
Kosten/Baten	€ -	€ -9.220	€ -10.088	€ -10.463	€ -10.845	€ -11.234	€ -11.630	€ -12.033	€ -12.444	€ -12.861	€ -13.286	€ -13.719	€ -14.159	€ -14.606	€ -15.062	€ -15.525	€ -15.230
TCO	€ -	€ -9.220	€ -9.696	€ -9.860	€ -10.019	€ -10.175	€ -10.327	€ -10.476	€ -10.620	€ -10.762	€ -10.899	€ -11.033	€ -11.164	€ -11.291	€ -11.415	€ -11.535	€ -11.095



Waarde	€ -	€ 11.229	€ 11.178	€ 11.228	€ 11.280	€ 11.333	€ 11.389	€ 11.446	€ 11.503	€ 11.567	€ 11.630	€ 11.696	€ 11.764	€ 11.833	€ 11.908	€ 11.985	€ 12.029
Constante Waarde kosten	€ -	€ 10.911	€ 10.744	€ 10.580	€ 10.421	€ 10.265	€ 10.113	€ 9.964	€ 9.820	€ 9.678	€ 9.541	€ 9.407	€ 9.276	€ 9.149	€ 9.025	€ 8.905	€ 9.345
Kostenbesparing/inkomsten	€ -	€ -20.845	€ -21.266	€ -21.651	€ -22.125	€ -22.567	€ -23.019	€ -23.479	€ -23.943	€ -24.428	€ -24.915	€ -25.415	€ -25.931	€ -26.461	€ -26.970	€ -27.510	€ -28.060
Constante Waarde besparing/inkomsten	€ -	€ -20.440	€ -20.440	€ -20.440	€ -20.440	€ -20.440	€ -20.440	€ -20.440	€ -20.440	€ -20.440	€ -20.440	€ -20.440	€ -20.440	€ -20.440	€ -20.440	€ -20.440	€ -20.440
Kosten/Baten	€ -	€ -9.220	€ -10.088	€ -10.463	€ -10.845	€ -11.234	€ -11.630	€ -12.033	€ -12.444	€ -12.861	€ -13.286	€ -13.719	€ -14.159	€ -14.606	€ -15.062	€ -15.525	€ -15.230
TCO	€ -	€ -9.220	€ -9.696	€ -9.860	€ -10.019	€ -10.175	€ -10.327	€ -10.476	€ -10.620	€ -10.762	€ -10.899	€ -11.033	€ -11.164	€ -11.291	€ -11.415	€ -11.535	€ -11.095

TKI Tergooi								
Berekening total cost of ownership technische installaties								
Investeringskosten								
Afschrijftermijn 20 jaar								
Omschrijving	Aantal	Eenheid	Prijs per eenheid	Totaal	Herinvestering?	2015	2035	
Aanleg retourleiding	1500	m	€ 25	€ 37.500	Nee	€ 37.500		
Tweede leidingnet in gebouw	1000	m	€ 43	€ 43.000	Nee	€ 43.000		
				€ -	Nee	€ -		
				€ -	Nee	€ -		
				€ -		€ -		
				€ -		€ -		
				Af: Inzet Eigen Vermogen		€ -		
Totaal						€ 80.500	€ -	
Investeringskosten								
Afschrijftermijn 15 jaar								
Omschrijving	Aantal	Eenheid	Prijs per eenheid	Totaal	Herinvestering?	2015	2030	2045
Hydrofoor	1	stuks	€ 21.500	€ 21.500	Ja	€ 21.500	€ 28.936	€ 38.944
Ontwerp	0	uur	€ 120	€ -	Nee	€ -		
Voorbereiding financiering	0	uur	€ 80	€ -	Nee	€ -		
	0			€ -		€ -		
				€ -		€ -		
				€ -		€ -		
				€ -		€ -		
Totaal						€ 21.500	€ 28.936	€ 38.944

TKI Tergooi				
Berekening total cost of ownership technische installaties				
Bedrijfvoering				
Omschrijving	Aantal	Eenheid	Prijs per eenheid	Totaal
Verbruik Elektriciteit per jaar	2000	kWh	€ 0,13	€ 250
Verbruik Gas per jaar	0	m ³	€ 0,45	€ -
Verbruik Water per jaar	0	m ³	€ 1,75	€ -
				€ -
				€ -
				€ -
				€ -
				€ -
Totaal				€ 250
Kostenbesparing/Inkomsten				
Omschrijving	Aantal	Eenheid	Prijs per eenheid	Totaal
Verbruik Elektriciteit per jaar	0	kWh	€ 0,13	€ -
Verbruik Gas per jaar	0	m ³	€ 0,45	€ -
Verbruik Water per jaar	11680	m ³	€ 1,75	€ -20.440
				€ -
				€ -
				€ -
				€ -
Totaal				€ -20.440

Bijlage III

Geneesmiddelen in afvalwater Tergooi Hilversum

metaboliet / medicijn	16-mei (µg/L)	19-mei (µg/L)	20-mei (µg/L)	Gemiddelde (µg/L)
Atenolol	1,9	1	0,82	1,24
bezafibraat	< 0.01	< 0.01	< 0.01	<0,01
carbamazepine	0,05	0,43	0,57	0,35
clenbuterol	< 0.01	< 0.01	< 0.01	<0,01
clindamycin	3,4	2,2	5,3	3,63
clofibrinezuur	< 0.01	< 0.01	< 0.01	<0,01
cortisol	0,7	0,83	0,69	0,74
cortisone	0,65	0,62	0,55	0,61
cyclophosphamide	0,65	0,77	0,23	0,55
diatrizoic zuur	< 0.01	< 0.01	< 0.01	<0,01
diclofenac	3,7	4,2	4,6	4,17
erythromycin A	1,2	2,2	1	1,47
fenazon	< 0.01	< 0.01	< 0.01	<0,01
fluoxetine	0,03	0,02	0,04	0,03
furosemide	8,1	7,8	9,6	8,5
gemfibrozil	0,58	0,02	3,4	1,33
ifosfamide	< 0.01	< 0.01	< 0.01	<0,01
ketoprofen	< 0.01	< 0.01	< 0.01	<0,01
lincomycin	0,24	0,24	0,16	0,21
metformine	290	345	305	313
metoprolol	4,7	4,3	3,4	4,13
metronidazool	15	15	15	15,00
naproxen	26	34	28	29
paracetamol	785	630	855	757
paroxetine	0,08	0,06	0,14	0,09
penicillin V	< 0.01	< 0.01	< 0.01	<0,01
pentoxifylline	< 0.01	< 0.01	< 0.01	<0,01
pindolol	< 0.01	< 0.01	< 0.01	<0,01
prednisolone	0,62	0,89	0,4	0,64
propranolol	0,19	0,11	0,12	0,14
propyfenazon	0,01	0,04	< 0.01	<0,01
salbutamol	0,63	0,55	0,47	0,55
salicylzuur	23	17	17	19,00
sotalol	2,2	2	2,2	2,13
sulfachloropyridazine	< 0.01	< 0.01	< 0.01	<0,01
sulfadiazine	< 0.01	< 0.01	< 0.01	<0,01
sulfamethoxazool	1,8	1,2	2,2	1,73
sulfaquinoxalin	< 0.01	< 0.01	< 0.01	<0,01
terbutaline	< 0.01	< 0.01	< 0.01	<0,01

tramadol	1,1	0,82	0,87	0,93
trimethoprim	1,5	0,69	1,4	1,20
venlafaxine	0,42	0,43	0,44	0,43
o-desmethyl metoprolol	0,03	0,04	0,03	0,03
alfa-hydroxy metoprolol	2,2	2,3	2,2	2,23
dimethylaminophenazon	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
AMPH	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
hydroxy ibuprofen	14	9,2	9,7	10,97
norfluoxetine	< 0,50	< 0,50	< 0,50	<0,50
anhydro erythromycine A	0,16	0,72	0,47	0,45
oxcarbamazepine	< 0,01	< 0,01	< 0,01	<0,01
carbamazepine-10,11-epoxide	0,01	0,24	0,27	0,17
10,11-trans-diol-carbamazepine	0,68	6,1	6,6	4,46
3-hydroxy carbamazepine	0,07	0,37	0,33	0,26
2-hydroxy carbamazepine	0,05	0,33	0,32	0,23
o-desmethyltramadol	1,3	0,93	0,85	1,03
N4-acetyl sulfamethoxazol	3,6	2,8	7,7	4,70
acetyl sulfadiazine	< 0,01	< 0,01	< 0,01	<0,01
4-formylaminoantipyrine	0,06	0,06	< 0,01	0,04
4-acetaminophen sulfaat	690	525	915	710,00
o-desmethyl naproxen	< 0,05	< 0,05	< 0,05	<0,05
guanylurea	< 0,05	< 0,05	< 0,05	<0,05
niacin	15	12	12	13