



KWR 2014.048 | Juni 2014

Energiezuinig en duurzaam ziekenhuis Tergooi

Fase 1: Quick-scans

Energiezuinig en duurzaam ziekenhuis Tergooi

Quick-scans

KWR 2014.048 | Juni 2014

Opdrachtnummer

400538

Projectmanager

Nellie Slaats

Opdrachtgever

TKI

Kwaliteitsborger

Frank Oesterholt

Auteur

Jan Hofman (ed.)

Verzonden aan

Tergooi, Utrecht Sustainability Institute, Ecofys,
Deerns, Pharmafilter BV, Waternet

Jaar van publicatie
2014

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 2014.048 | Juni 2014 © KWR

Alle rechten voorbehouden.
Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd,
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.

Voorwoord

Tergooi zorgt vooruit,

dat is de opdracht die we ons gesteld hebben. Een ambitieuze opdracht, waaraan we op vele terreinen invulling willen geven. We streven naar een zo klein mogelijke ecologische voetafdruk en willen het duurzaamste ziekenhuis van Nederland worden. In onze nieuwbouwplannen hebben we al diverse beslissingen genomen en concrete activiteiten ontplooid die deze ambitie waar kunnen maken. Dit zijn bijvoorbeeld de aanleg van een systeem voor warmte-koude opslag samen met warmtepompen en het ontwerpen van gevels en daken die optimaal gebruik maken van natuurlijk licht en buitenlucht. Ook onderzoekt Tergooi de mogelijkheden om windenergie te kunnen benutten en reststoffen tot een minimum te beperken. Tergooi gaat nog verder in haar ambitie om maximale duurzaamheid bereiken en om het energiegebruik tot een minimum te beperken. Hierbij is de BREEAM-score "excellent" een realistische score gebleken.

Samen met Utrecht Sustainability Institute, KWR Watercycle Research Institute en in samenwerking met overige leden van het nieuwbouw ontwerpteam zijn in het najaar van 2013 workshops gehouden om alle mogelijke nieuwe technieken te analyseren op technische en maatschappelijke haalbaarheid. Dankzij de TKI-regeling en een netwerk van zeer gemotiveerde technici van hoog niveau blijkt het mogelijk om een aantal ambitieuze onderwerpen verder om te zetten in een haalbaarheidstudie. In deze rapportage vindt u heldere en aansprekende conclusies daarover.

In het kader van duurzaamheid gaat Tergooi intussen verder met de uitwerking van alle aspecten van deze studies die met de ontwikkeling van de nieuwbouw te maken hebben: technische oplossingen en maatregelen op het gebied van de uitgekende bouw en installatietechniek, maar daarmee ook aan het creëren van een *healing environment* in een groene omgeving. Dit is een integraal concept voor een ziekenhuis waar niet alleen het milieu niet belast wordt, maar de natuur zelf een rol gaat spelen in de genezing en het bevorderen van gezondheid, waar patiënten en bezoekers zich welkom en veilig voelen en waar medewerkers zich duurzaam ontwikkelen:

Tergooi zorgt vooruit.

Ir. Bert Jan Grevink
Projectdirecteur Huisvesting en Vastgoed
Tergooi

Management Samenvatting

Tergooi Hilversum

Als onderdeel van het herontwikkelingsproject voor het landgoed Monnikenberg ten oosten van Hilversum, ontwikkelt Tergooi een nieuw ziekenhuis. Het nieuwe ziekenhuis is een onderdeel van het zorgpark dat in Monnikenberg gerealiseerd wordt. Daarnaast omvat het plan Monnikenberg de realisatie van nieuwe woonvormen, het opnieuw inrichten van het landschap en de ontwikkeling van natuur, en de ontsluiting en bereikbaarheid van het gebied Monnikenberg.

Voor de ontwikkeling van het nieuwe ziekenhuis heeft Tergooi zich een hoge duurzaamheidsambitie ten doel gesteld. Het streven is om voor het nieuwe ziekenhuis een BREEAM-predicaat 'excellent' te realiseren. Daarvoor is een aantal innovatieve ideeën op het gebied van watertechnologie onderzocht die kansrijk zijn voor toepassing in het nieuwe ziekenhuis en een bijdrage leveren aan de duurzaamheidsambitie:

1. invoering van het Pharmafilter®-concept;
2. herstel energiebalans door de inzet van een parkeergarage als warmtewisselaar voor duurzame koeling;
3. nieuw concept voor decentrale bereiding van warm tapwater.

In de eerste fase van dit project zijn quick-scans uitgevoerd naar de technische en economische haalbaarheid van deze opties en zijn voor- en nadelen in kaart gebracht. De economische haalbaarheid is getoetst door voor de verschillende opties de *Total Cost of Ownership* (TCO) te berekenen over een periode van 40 jaar. Om de TCO's te kunnen berekenen, is een groot aantal gegevens verzameld of zo goed mogelijk geschat.

Pharmafilter®

Het Pharmafilter®-concept is een integraal concept voor de optimalisatie van de verzorging, afvalverwerking en zuivering van afvalwater. Iedere verpleegafdeling krijgt één of meerdere vermalers (Tonto®'s) die onder meer eenmalig te gebruiken bedpannen en urinalen, etensresten en restafval verwerken. De bedpannen en urinalen zijn bij voorkeur van biologisch afbreekbaar materiaal gemaakt zodat ze in de zuivering kunnen worden vergist tot biogas.

Naast de wegwerp urinalen en bedpannen kan ook een groot deel van ander afval verwerkt worden door het te vermalen in de Tonto® en het via het riool af te voeren. Het vermalen afval wordt samen met het afvalwater van douches, wasbakken en toiletten via de riolering van het ziekenhuis afgevoerd. Het afvalwater met het vermalen afval kan niet direct op de gemeentelijke riolering worden geloosd en wordt daarom naar een zuiverings- en vergistingsinstallatie geleid. Hier worden de vaste delen gescheiden van het water, dat verder wordt gezuiverd. De vaste delen worden vergist en het uitgegiste slib wordt thermisch gedesinfecteerd en afgevoerd. Het bij de vergisting verkregen biogas wordt door middel van een gasmotor omgezet in elektriciteit en warmte, die worden ingezet voor de energievoorziening van de zuivering.

Op basis van het Pharmafilter®-concept kunnen verschillende processen binnen het ziekenhuis efficiënter plaatsvinden. Er zijn minder loopbewegingen nodig rondom het gebruik van bedpannen en urinalen. Ook de logistiek rondom afval van patiëntenkamers kan

verder worden geoptimaliseerd. Ten slotte biedt het concept interessante perspectieven rondom het verstrekken van maaltijden aan patiënten. Door gebruik te maken van biodegradeerbaar serviesgoed, kunnen etensresten en het gebruikte serviesgoed tegelijk via de Tonto® worden afgevoerd. Het gebruikte serviesgoed hoeft dan niet naar een speelkeuken vervoerd en afgewassen te worden. Pharmafilter claimt bovendien de volgende voordelen voor dit concept:

- verbetering van patiëntveiligheid en -tevredenheid,
- vereenvoudiging van werkprocessen,
- veiliger en schoner werken,
- besparingen op afvalwater, specifiek ziekenhuisafval en personeel,
- minder afvalstations en minder afvaltransporten,
- verwijdering van alle schadelijke ziekenhuisstoffen uit het afvalwater,
- realiseren van een infrastructuur voor procesinnovatie,
- geen (detecteerbare) medicijnresten in het effluent.

Het Pharmafilter®-concept is vergeleken met een conventioneel concept, waarbij normale bedpannen en urinalen worden ingezet en op de afdelingen worden gespoeld met bedpanspoelers en het afval op de gebruikelijke manier wordt afgevoerd. Het Pharmafilter®-concept vergt een forse investering, in het bijzonder in de zuiveringsinstallatie. Daarnaast zijn er extra kosten voor de gebruikte wegwerp urinalen en bedpannen (Olla®'s en Botta®'s). Daar staat een financieel voordeel tegenover door een efficiënter proces op de verpleegafdelingen, kostenbesparingen voor afvalverwerking en afvalwaterlozing.

In de specifieke situatie in Hilversum biedt het terrein geen ruimte voor plaatsing van de Pharmafilter®-zuivering. Voor de uitvoering van de quick-scan is uitgegaan van een plaatsing van de zuivering op de rioolwaterzuiveringsinstallatie (RWZI) van Hilversum. Het afvalwater van het ziekenhuis dient dan met een persleiding van ongeveer anderhalve kilometer naar de zuivering getransporteerd te worden.

In de Pharmafilter®-zuivering vindt een belangrijke zuivering van het afvalwater plaats. Voornamelijk organische stof – uit te drukken in chemisch zuurstof verbruik (CZV) – en geneesmiddelen worden verwijderd. Daarnaast wordt het water gedesinfecteerd. Het gezuiverde afvalwater bevat echter nog wel stikstof (nitraat) en fosfaat in zodanige concentraties dat het niet direct op oppervlaktewater geloosd mag worden. Door de vergaande mate van zuivering is het echter ook niet gewenst om het water te mengen met het influent van de RWZI. Een aanvullende zuivering voor stikstof- en fosfaatverwijdering is nodig, waarna het afvalwater kan worden geloosd. Deze extra zuivering is meegenomen als optie in de TCO berekeningen.

De kostenbesparingen door het gebruik van Pharmafilter® zijn moeilijk exact te becijferen. Vooral de werkelijke kostenbesparing door efficiëntere processen voor de verpleging zijn lastig te kwantificeren. Per handeling gaat het telkens om slechts enkele minuten tijdswinst. Deze is uiteraard op te tellen tot een totaal per jaar en om te zetten in een formatieomvang, maar of het leidt tot een vermindering van de personeelsomvang, is de vraag. Het is eerder aannemelijk dat de personeelsomvang gelijk blijft, maar de kwaliteit van de verpleging en het comfort van de patiënt toeneemt. Ook de vermindering van kosten door vermeden infecties als gevolg van het gebruik van bedpannen en urinalen is moeilijk te kwantificeren, omdat gegevens over ziekenhuisinfectie, die via bedpannen en urinalen worden overgedragen, niet voorhanden zijn. Voor deze studie zijn zo goed mogelijk onderbouwde aannames gedaan: er is uiteindelijk gerekend met een besparing van 4 FTE personeelsinzet

in de verpleging en afhandeling van afvalmaterialen en een besparing van € 100.000 per jaar door vermeden infecties.

Indien alle investeringen en mogelijke besparingen worden meegenomen in de afweging, dan blijkt dat de TCO voor de conventionele situatie uitkomt op 8,4 miljoen Euro en de inzet van het Pharmafilter®-concept op 11,4 miljoen Euro. Door gebruik te maken van goedkopere wegwerp bedpannen of urinalen kan de TCO voor het Pharmafilter®-concept worden gereduceerd tot 4,6 miljoen Euro.

Het gezuiverde afvalwater zou in het ziekenhuis ook kunnen worden ingezet voor laagwaardige toepassingen waar geen drinkwater voor nodig is, bijvoorbeeld toiletspoeling, het spoelen van de afvalvermalers (Tonto®'s), wassen van ambulances of het groenonderhoud. Door dit waterhergebruik zouden extra BREEAM-punten kunnen worden verkregen. Het gebruik van het water vergt echter het aanleggen van een retourleiding vanaf de zuivering en de aanleg van een separate hydrofoorinstallatie. De kosten voor de aanleg van dit systeem blijken veel hoger dan de besparing op het drinkwaterverbruik.

Parkeergarage als warmtewisselaar voor duurzame koeling

Volgens de verwachte jaarlijkse energiebalans voor verwarmen en koelen van het nieuwe ziekenhuis is er een warmteoverschot. Er zijn droge koelers (DK) voorzien om in de wintermaanden warmte aan de buitenlucht af te geven en koelcapaciteit op te slaan in de Warmte-Koude Opslag (WKO). Op deze manier wordt een duurzame koeling gerealiseerd, door winterkoude tijdelijk in de bodem op te slaan. Nadelen van DK's zijn dat ze hoge onderhoudskosten vragen, veel ruimte op het dak innemen en aanvullende maatregelen vereisen om geluidsoverlast te beperken.

DK's bewerkstelligen de overdracht van thermische energie tussen de buitenlucht en een koudemedium met een geforceerde luchtstroming door middel van een ventilator. De warmteoverdracht vergt daarom arbeid. De overdracht van thermische energie aan de buitenlucht kan ook worden bereikt zonder arbeid (passief). Er is dan echter een groot contactoppervlak voor de warmte-uitwisseling nodig. De parkeergarage bij het nieuwe ziekenhuis krijgt een open constructie en zes parkeerlagen, waardoor er een groot oppervlak beschikbaar is op het terrein van het ziekenhuis. De vraag is gerezen of de parkeergarage kan worden gebruikt in plaats van, of naast DK's, om de gewenste hoeveelheid warmte aan de buitenlucht af te geven en het koelend vermogen van de WKO "op te laden".

Om als warmtewisselaar te kunnen functioneren moet de parkeergarage worden uitgerust met een op vloerverwarming lijkend leidingstelsel, gemonteerd op of in de constructie van de parkeergarage. Omdat de parkeergarage een open ontwerp heeft met weinig verticale oppervlakken wordt in eerste instantie uitgegaan van de benutting van de horizontale oppervlakken waarmee de warmte wordt afgegeven aan de buitenlucht. De volgende onderzoeksvragen zijn in de quick-scan beantwoord:

- Welke koelcapaciteit kan worden gerealiseerd in de parkeergarage?
- Wat is de Total Cost of Ownership van een DK-systeem in vergelijking met de parkeergarage als warmtewisselaar?

De benodigde aanvullende koelcapaciteit vanuit de parkeergarage voor het nieuwe ziekenhuis is momenteel nog niet exact bekend, maar is geschat op 260 MWh_{th} per jaar. Volgens de berekeningen kan via één verdieping in de parkeergarage circa 150 MWh_{th} worden gekoeld. Met andere woorden het gebruik van twee verdiepingen in de parkeergarage zou voldoende duurzame koelcapaciteit kunnen leveren. Het voordeel van het

inzetten van de parkeergarage is dat het een passief systeem is. Daarmee is ten opzichte van droge koelers veel minder onderhoud nodig, en wordt er nauwelijks energie gebruikt voor het bewerkstelligen van de koeling.

In de quick-scan is de TCO berekend voor drie opties: toepassing van droge koelers, een warmtewisselaar in de vloer van de parkeergarage, en een warmtewisselaar aan het plafond. Uit de berekeningen blijkt dat de realisatie van een systeem aan het plafond de laagste TCO oplevert, namelijk circa k€ 290 over een periode van 40 jaar. De droge koelers leveren een TCO van k€ 435 op.

Hierbij is vastgesteld dat er nog een aantal onzekerheden over de werkelijke haalbare koelcapaciteit en kosten is. Ook over de risico's bij falen is nog onzekerheid. Deze punten dienen verder onderzocht te worden.

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.

De haalbaarheid en mogelijkheden van deze alternatieve warm tapwatervoorziening is onderzocht. In het nieuwe ontwerp is ervoor gekozen om niet meer overal een tappunt voor warm water te creëren (bijvoorbeeld bij de bezoekerstoiletten).

De quick-scan spitst zich toe op een "standaard" verpleegafdeling. Uitgangspunt hierbij is dat elektrische doorstroomapparaten gebruikt worden voor wastafel en douche in de patiëntenkamers.

De volgende opties zijn onderzocht en vergeleken:

- Optie 1a: conventioneel systeem: warmwaterrecirculatie met gasmotorwarmtepomp
- Optie 1b: conventioneel systeem: warmwaterrecirculatie met elektrische warmtepomp
- Optie 2a: Lokale warmwaterbereiding (1 doorstromer per natte cel)
- Optie 2b: Lokale warmwaterbereiding met douche warmteterugwinning in de douchebak
- Optie 2c: Lokale warmwaterbereiding met douche warmteterugwinning in de schacht

De standaard verpleegafdeling bestaat uit één verdieping in het nieuwe ziekenhuis met 52 kamers (elke kamer met douche, toilet en wastafel). In het vigerende ontwerp bestaat een dergelijke afdeling uitsluitend uit eenpersoonskamers met eigen natte cel. Een echte "standaard" afdeling bestaat overigens niet. Ervaring in het huidige ziekenhuis leert dat er tussen de verschillende specialisaties grote verschillen kunnen bestaan (bijvoorbeeld kraamafdeling en oncologie).

De vijf opties hebben vergelijkbare TCO's, variërend tussen k€ 420 en k€ 580. 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 echter deze opties vergeleken worden met het gebruik van HR-ketels voor de bereiding van warm tapwater, dan zijn de decentrale elektrische doorstromers in het voordeel.

Door het gebruik van elektrische doorstromers neemt het elektrisch piekvermogen significant toe. Op basis van gelijktijdigheid bij het gebruik van douches wordt een extra vermogen van 880 kW gevraagd. Tijdens de ochtenddouche wordt circa 50 % van het opgenomen elektrisch vermogen 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.

Omdat er nog onvoldoende duidelijkheid is over de inrichting van het energiesysteem van het nieuwe ziekenhuis, is het in dit stadium, nog niet mogelijk om een keuze te maken voor het systeem van de warm tapwatervoorziening. De resultaten van de quick-scan bieden wel voldoende inzicht om de keuze in een later stadium te maken.

Tot slot

De resultaten van het onderzoek hebben aangetoond dat de drie voorgestelde systemen technisch haalbaar zijn. Voor het Pharmafilter[®]-concept en de parkeergarage biedt de afweging op basis van TCO ook voldoende perspectief op een mogelijke toepassing in het nieuwe ziekenhuis. Beide systemen zullen in fase 2 verder worden gedetailleerd. Voor het systeem voor de bereiding van warm tapwater is voldoende inzicht gecreëerd om in een later stadium een definitieve keuze te kunnen maken. Daarvoor zijn echter afwegingen nodig over de volledige energiehuishouding van het nieuwe ziekenhuis. Deze vallen buiten het bereik van dit onderzoek. Het warm tapwatersysteem wordt daarom in fase 2 niet verder uitgewerkt.

Hieronder zijn de aspecten vermeld die in fase 2 verder onderzocht worden.

Pharmafilter[®]-concept

- a. De mogelijke BREEAM[®]-score die gehaald kan worden (afval, waterhergebruik, innovatiecredit)
- b. Locatiekeuze voor de zuivering en het lozingspunt van het gezuiverde afvalwater
- c. Vermindering van de emissievracht van geneesmiddelen door inzet Pharmafilter[®]-concept
- d. Nadere precisering van het geschatte verbruik aan bedpannen en urinalen voor eenmalig gebruik

Verdieping parkeergarage

- a. Inpassing van de parkeergarage als warmtewisselaar in het totale systeem van de energievoorziening van het ziekenhuis
- b. Verdere onderbouwing van de kosten voor realisatie (o.a. instorten in de constructie) en onderhoud
- c. Mogelijkheden van het gebruik van de gevelbekleding van de technische ruimtes van het nieuwe ziekenhuis als warmtewisselaar
- d. Geluidsaspecten van droge koelers

Inhoud

1	Inleiding	10
1.1	Achtergrond	10
1.2	Duurzaamheidsontwikkeling Ziekenhuis Hilversum	10
1.3	Doel van het project	11
1.4	Leeswijzer	12
2	Basisgegevens en uitgangspunten	13
2.1	Quick-scans	13
2.2	Waterverbruikers en waterstromen	15
2.3	Energiebalans	31
2.4	Stofstromen	31
3	Het Pharmafilter®-concept	33
3.1	Inleiding	33
3.2	Het Pharmafilter®-concept	33
3.3	Uitgangspunten quick-scan	35
3.4	Total Cost of Ownership	35
3.5	Risico's en kansen	46
3.6	Hergebruik gezuiverd afvalwater	48
3.7	Conclusie	51
4	Parkeergarage als warmtewisselaar	52
4.1	Parkeergarage als warmtewisselaar – het concept	52
4.2	Technische haalbaarheid	53
4.3	Synthese en discussie	58
4.4	Financiële haalbaarheid	61
4.5	Conclusies	64
4.6	Aanbevelingen	64
5	Warm tapwater	66
5.1	Inleiding	66
5.2	Uitgangspunten	66
5.3	Standaard afdeling in het nieuwe ziekenhuis	68
5.4	Dimensionering van koud- en warmwatersysteem	70
5.5	Kosten	70
5.6	Samengevat	73
5.7	Algemene aandachtspunten voor definitief ontwerp	74
6	Betekenis voor andere ziekenhuizen	78
6.1	Achtergrond	78
6.2	Inleiding	78
6.3	Verzamelen basisgegevens	79
6.4	Het Pharmafilter®-concept	79
6.5	Herstel warmte/koudebalans door de inzet van een parkeergarage als warmtewisselaar	79

6.6	Een nieuw concept voor warm en koud tapwater	80
6.7	Conclusies	80
7	Conclusies	82
7.1	Pharmafilter®-concept	82
7.2	Parkeergarage	82
7.3	Warm en koud tapwater	83
8	Literatuur	84
Bijlage I		85
•	Gegevens Waterbalans	85
Bijlage II		86
•	Metingen in Blaricum	86
Bijlage III		89
•	Kosten voor extra zuivering voor stikstof- en fosfaatverwijdering	89
Bijlage IV		91
•	Bedpanspoeler	91
Bijlage V		93
•	Schatting gebruik Olla®'s en Botta®'s in nieuw ziekenhuis	93
Bijlage VI		94
•	Berekening Total Cost of Ownership	94

1 Inleiding

1.1 Achtergrond

Als onderdeel van het herontwikkelingsproject voor het landgoed Monnikenberg¹ ten oosten van Hilversum, ontwikkelt Tergooi een nieuw ziekenhuis. Het nieuwe ziekenhuis is een onderdeel van het bovenregionaal zorgpark dat in Monnikenberg gerealiseerd wordt. Daarnaast omvat het plan de realisatie van nieuwe woonvormen, het opnieuw inrichten van het landschap en de ontwikkeling van natuur, en de ontsluiting en bereikbaarheid van het gebied Monnikenberg.

Voor de ontwikkeling van het nieuwe ziekenhuis heeft Tergooi zich een hoge duurzaamheidsambitie ten doel gesteld. Het streven is om voor het nieuwe ziekenhuis een BREEAM 'excellent' predicaat te realiseren. Om deze ambitie concreet te kunnen maken, heeft Tergooi in 2012 contact gelegd met het Utrecht Sustainability Institute (USI). Op 15 oktober 2012 heeft dit geleid tot een workshop waarin de thema's voor duurzaamheidsontwikkeling geïnventariseerd zijn. De belangrijkste thema's waren energie, water en afval. Deze thema's zijn vervolgens in een workshop op 9 juli 2013 verder geconcretiseerd. Voor het thema water zijn de volgende onderwerpen geformuleerd als kansrijk voor toepassing in het nieuwe ziekenhuis:

1. Invoering van het Pharmafilter®-concept;
2. Herstel warmte/koudebalans door de inzet van een parkeergarage als warmtewisselaar.
3. Nieuw concept voor levering van warm en koud tapwater (lokaal bereiden van warm tapwater).

Deze onderwerpen zijn vervolgens ondergebracht in een samenwerkingsproject met een aantal partijen die tijdens de workshops aanwezig waren: Tergooi, USI, Waternet, Pharmafilter BV, Ecofys, Deerns en KWR. Het projectvoorstel is ingediend binnen het TKI Watertechnologie-programma en gehonoreerd.

1.2 Duurzaamheidsontwikkeling Ziekenhuis Hilversum

De ontwikkeling van een nieuw ziekenhuis biedt interessante duurzaamheidsmogelijkheden. Daarbij wordt ook nadrukkelijk naar de omgeving van het ziekenhuis gekeken. Als duurzaam ziekenhuis zal Tergooi nagaan hoe er meer samenhang en sturing aangebracht kan worden op het gebied van duurzaamheid voor wat betreft de manier waarop met de omgeving, het milieu en natuurlijke bronnen omgegaan wordt. Omdat de ruimte op het terrein van het nieuwe ziekenhuis beperkt is, zal gezocht worden naar synergie met de omgeving. Zo wordt in overleg met Waternet, de beheerder van de nieuwe nabijgelegen rwzi Hilversum, bekeken in hoeverre de Pharmafilter®-zuivering op het terrein van de rwzi kan worden gehuisvest. Dit biedt verdere voordelen, bijvoorbeeld de inzet van restwarmte of het hergebruik van rest-ozon. Pharmafilter® is een integraal concept voor de verzorging, afvalverwerking en zuivering van afvalwater ten behoeve van ziekenhuizen, verpleeghuizen en andere zorginstellingen. Het concept heeft grote voordelen voor de logistiek in het ziekenhuis, met meer efficiëntie en betere hygiëne. Er wordt bijvoorbeeld gebruik gemaakt van materialen van bioplastiek die door middel van een shredder worden vermalen en via de

¹ Zie ook www.planmonnikenberg.nl

ziekenhuisriolering worden afgevoerd. Het afvalwater wordt vervolgens lokaal gezuiverd. In de afvalwaterzuiveringsinstallatie wordt het vaste en vloeibare afval gescheiden. Het organische afval, inclusief de producten van bioplastic, wordt door vergisting voor meer dan 90% omgezet in biogas dat wordt gebruikt voor de productie van warmte en elektriciteit ten behoeve van de installatie. Naast de normale omzettingen, worden pathogenen, medicijnen, röntgencontrastmiddelen en hormoonverstorende stoffen in de afvalwaterzuivering verwijderd. Het gezuiverde water kan zonder probleem worden geloosd op het oppervlaktewater of worden hergebruikt.

De energiehuishouding is een belangrijk element in het nieuwe duurzame ziekenhuis. Door de vergaande isolatie van het gebouw zal er in het ziekenhuis een overschot aan warmte zijn. Om de warmtebalans te herstellen is extra koelcapaciteit nodig. Het gebruik van de parkeergarage als warmtewisselaar, bijvoorbeeld door warmtewisselende elementen op te nemen in de vloeren of de verticale gevels van de parkeergarage, zorgt wellicht voor een significante bijdrage aan het herstel van de balans, zonder extra ruimtegebruik.

Ook een nieuw concept voor levering van koud en warm tapwater draagt mogelijk bij aan de besparing van energie en materialen, en biedt voordelen voor de waterkwaliteit en het onderhoud. Meestal wordt warm tapwater centraal bereid en via een warmwatercirculatiesysteem naar de gebruikspunten gebracht. In een ziekenhuis hebben veel gebruikspunten maar een heel geringe afname, bijvoorbeeld douches op patiëntenkamers (hooguit een paar keer per dag enkele minuten). Wanneer alleen een net voor koud water wordt aangelegd met lokale productie van warm water (met doorstroomapparaten en eventueel de toepassing van douchewarmtewisselaars) kan mogelijk bespaard worden op energie en materialen. Bij de aanleg van het koud waternet kan verder gesegmenteerd worden, waarbij bijvoorbeeld onderscheid wordt gemaakt tussen patiënten- en behandelkamers enerzijds en overige tappunten (bijvoorbeeld brandkranen) anderzijds. Dit biedt mogelijk voordelen voor de waterkwaliteit en het onderhoud. In de overweging is het belangrijk om de consequenties van alleen een koud waternet goed in beeld te krijgen (bijvoorbeeld extra zware elektrische installatie voor de lokale warmwatertoestellen, keuze voor 'all electric' of verwarmen met gas, etc).

1.3 Doel van het project

Het doel van het project is het ontwikkelen en nader onderzoeken van concepten met een hoge duurzaamheid voor het Ziekenhuis Hilversum. Meer specifiek:

- Integratie van het Pharmafilter®-concept met de RWZI Hilversum met synergievoordelen ten aanzien van ruimtegebruik, benutting van restwarmte, hergebruik van biogas en water en afstemming tussen de zuiveringen (Pharmafilter® en RWZI).
- Onderzoeken van de haalbaarheid van de inzet van de parkeergarage als warmtewisselaar voor levering van (aanvullende) koude voor het ziekenhuis.
- Het uitwerken van een nieuw concept voor de levering van warm en koud tapwater op basis van een koud waternet en lokale bereiding van warm water.
- Het integreren van de resultaten van het onderzoek in het ontwerp van het nieuwe Tergooi Ziekenhuis Hilversum.

Dit project moet inzicht geven in de technische/economische haalbaarheid van de verschillende concepten. De resultaten van dit project kunnen ook in andere situaties worden toegepast, van zorginstellingen tot algemene utiliteitsbouw.

Het project wordt uitgevoerd in twee fasen. In de eerste fase worden voor de drie concepten quick-scans uitgevoerd om de haalbaarheid in kaart te brengen. In de tweede fase zal een

verdere verdieping worden uitgevoerd, waarbij nauwkeuriger naar de drie opties zal worden gekeken en meer gedetailleerde en beter onderbouwde basisgegevens zullen worden gezocht.

1.3.1 Doel Fase 1: Quick-scan

Voor de drie onderwerpen – Pharmafilter®, parkeergarage, warm- en koud tapwater – is in een quick-scan eerst de haalbaarheid in kaart gebracht. In de quick-scans is een schatting gegeven van de *Total Cost of Ownership* (TCO), de duurzaamheidswinst en de voor- en nadelen van het gekozen concept.

1.4 Leeswijzer

Voordat de quick-scans worden besproken in de hoofdstukken 3, 4 en 5 zullen in hoofdstuk 2 de basisgegevens en de uitgangspunten, die voor het opstellen van de quick-scans zijn gehanteerd, worden beschreven. In Hoofdstuk 6 worden de resultaten van dit onderzoek vertaald naar meer algemeen toepasbare principes, die ook in andere nieuwe of bestaande zorginstellingen kunnen worden toegepast. Het rapport wordt afgesloten met Conclusies en Aanbevelingen in Hoofdstuk 7.

2 Basisgegevens en uitgangspunten

Auteurs: Edwin de Buijzer, Jan Hofman, Antonin van de Bree, Joris van Dorp, Wim van Houdt, Hildy Treffers

2.1 Quick-scans

In het TKI project zijn drie quick-scans uitgevoerd: toepassing van Pharmafilter®, de parkeergarage als warmtewisselaar en een nieuw concept voor warm en koud tapwater. Het doel van deze quick-scans is om de financiële en technische haalbaarheid van deze opties, de te behalen duurzaamheidswinst, en de voor- en nadelen zo goed mogelijk in te schatten.

Op basis van de quick-scans kan vervolgens door het ontwerpteam (COT) van het nieuwe ziekenhuis in Hilversum en de Stuurgroep Locatie Ontwikkeling van Tergooi worden besloten of de onderzochte optie wordt uitgewerkt in het definitief ontwerp van het ziekenhuis. Om dit besluit goed onderbouwd te kunnen nemen, zijn business cases opgesteld die zijn doorgerekend. Hierbij zijn minimaal de volgende aspecten beschreven:

- Financiële aspecten: voor alle concepten en deelopaties zijn de Total Cost of Ownership berekend. Daarvoor is een spreadsheet ontwikkeld, zodat in alle gevallen dezelfde rekenwijze wordt toegepast. Voor een acceptabele terugverdientijd wordt door Tergooi een periode van 7 tot 8 jaar gehanteerd.
- Technische haalbaarheid: is realisatie mogelijk binnen de kaders van het voorlopig ontwerp van het nieuwe ziekenhuis Hilversum?
- Voor- en nadelen: wat zijn de voor- en nadelen van de gekozen opties? Hierbij is onderscheid te maken tussen de betekenis voor de bedrijfsvoering en het onderhoud, de effecten voor de patiënten en de effecten voor het verplegend personeel.
- Duurzaamheidswinst: wat is de te behalen duurzaamheidswinst? Dit kan worden uitgedrukt in de te behalen extra BREEAM-score, het “vermeden (primair) energieverbruik” of “vermeden CO₂-emissies”.
- Kennislacunes: welke onderzoeksvragen of kennislacunes resteren?
- “Show stopper”: welke aspecten die niet in de quick-scan zijn meegenomen, vormen een risico of obstakel voor de uiteindelijke realisering.

2.1.1 Werkpakket 1: Water-, energie- en stofbalans

In dit werkpakket zijn de basisgegevens verzameld die nodig zijn om de drie quick-scans te kunnen uitvoeren.

De waterbalans is opgesteld aan de hand van de verbruikscijfers van het ziekenhuis in Blaricum, op basis van de volgende uitgangspunten:

- De enige “waterbron” is ingekocht leidingwater.
- Voor Blaricum wordt gemiddeld ca. 92 m³/dag ingekocht en voor het huidige Hilversum gemiddeld 110 m³/dag leidingwater [Milieujaarverslag Tergooi 2012]
- Al het water wordt geloosd op het riool; er is slechts een verwaarloosbare hoeveelheid water die verdwijnt via verdamping naar de lucht en afstroming naar de bodem.

- Van het waterverbruik van ziekenhuis Tergooi Blaricum zijn veel gegevens bekend. Aname is dat het waterverbruik van het huidige ziekenhuis Tergooi Hilversum vergelijkbaar is met dat van Blaricum.
- Op basis van expertbeoordeling en ontwerpgegevens zijn de waterstromen voor het toekomstige ziekenhuis Tergooi Hilversum bepaald.
- De benaderingswijze voor het doorvertalen van de waterbalans van Tergooi Blaricum, is door KWR en Deerns zo goed mogelijk onderbouwd en waar mogelijk gestaafd met de praktijk gerelateerde kentallen.
- De energiebalans is berekend aan de hand van de EPG (Energie Prestatienorm Gebouwen, NEN7120)
- Voor de stoffenbalans is gebruik gemaakt van de gegevens uit het Milieujaarverslag van Tergooi-ziekenhuizen uit 2012 (versie 'definitief', 18 juli 2013, auteur Hildy Treffers-Veldkamp).

2.1.2 Werkpakket 2. Pharmafilter

Werkpakket 2 onderzoekt de haalbaarheid en doelmatigheid van de inzet van het Pharmafilter®-concept. Er zijn drie situaties vergeleken:

- Conventioneel ontwerp (zonder Pharmafilter)
- Ontwerp met Pharmafilter (gesitueerd op de rwzi Hilversum)

Voor hergebruik van grijs water moet een extra leiding en een hydrofoor van de rwzi Hilversum naar het ziekenhuis worden aangelegd. Gebruik van grijs water is in eerste instantie door Tergooi uitgesloten vanwege risico's door kruisverbindingen met het drinkwaternet. Omdat waterhergebruik mogelijk wel leidt tot extra BREEAM punten, is toch een evaluatie van grijs water voor specifieke toepassingen uitgevoerd. Dat wil zeggen toepassingen die geen eigen distributienet vereisen maar leveren op één punt (voorbeelden: wasplaats ambulances, voeding RO systemen, bevoeding groen). Hergebruik van grijs water uit het Pharmafilter wordt als aparte case behandeld

Uitgangspunten voor de studie:

- De Pharmafilter zuivering wordt geplaatst op het terrein van de RWZI Hilversum (terrein Waternet).
- Het afvalwater van het ziekenhuis wordt door middel van een persleiding naar de zuivering getransporteerd.
- Het geproduceerde biogas wordt benut voor de energievoorziening van de Pharmafilterzuivering. De productie is echter onvoldoende om de zuivering zelfvoorzienend te maken.
- De mogelijkheden van hergebruik van grijs water in het ziekenhuis is apart onderzocht in relatie tot de waterbalans en afgewogen tegen de additionele kosten voor de aanleg van een leiding en hydrofoor om het grijs water in het ziekenhuis te krijgen.

2.1.3 Werkpakket 3. Parkeergarage als warmtewisselaar

Werkpakket 3 onderzoekt de mogelijkheden van de inzet van de parkeergarage als warmtewisselaar, die gebruikt kan worden om in de winter het WKO systeem energetisch in balans te brengen. De warmtewisselaar zal daarvoor in de winter gebruikt worden om restwarmte weg te koelen en/of koude in te vangen voor de koude bron van het WKO-systeem. Ook is nog de mogelijkheid onderzocht om gebruik te maken van piek-last koeling op basis van een WKO systeem met drie brontemperaturen.

Uitgangspunten:

- Omdat de warmtebalans nog niet bekend is, is onderzocht welke capaciteit maximaal haalbaar is met de parkeergarage
- De prestaties van de parkeergarage zijn vergeleken met het gebruik van droge koelers, zoals in het huidige ontwerp worden voorzien.

2.1.4 Werkpakket 4. Warm en koud tapwater

Dit werkpakket onderzoekt de haalbaarheid en mogelijkheden van een alternatieve voorziening van warm tapwater met behulp van doorstroomapparaten.

Uitgangspunten:

- Het systeem is toegepast op een “standaard” verpleegafdeling. Dit is één verdieping in het nieuwe ziekenhuis met 52 kamers (elke kamer met douche, toilet en wastafel). In het vigerende ontwerp bestaat een dergelijke afdeling uitsluitend uit éénpersoons kamers met eigen natte cel. Een echte “standaard” afdeling bestaat niet. Ervaring in het huidige ziekenhuis leert dat er tussen de verschillende specialisaties grote verschillen kunnen bestaan (bijvoorbeeld kraamafdeling en oncologie).
- Met name het gelijktijdig gebruik van warm tapwater en de duur van het gebruik is van belang voor het ontwerp. Om de maximaal volumestroom te bepalen zijn er metingen verricht in Blaricum.
- Het systeem is vergeleken met een conventioneel recirculatie systeem.
- Er is een kwalitatieve beschouwing gemaakt voor de inpassing in het totale systeem.

2.1.5 Overige algemene uitgangspunten

De volgende uitgangspunten zijn gebruikt voor de berekeningen van de *Total Cost of Ownership*:

TABEL 1 BASISUITGANGSPUNTEN VOOR TCO-BEREKENINGEN

Factor	Aangenomen uitgangspunt
Waterprijs	€ 1,75 per m ³
Gasprijs	€ 0,45 per Nm ³
Elektriciteitsprijs Hoog	€ 0,125 per kWh
Elektriciteitsprijs Laag	€ 0,090 per kWh
Prijs warmte gasmotorwarmtepomp	€ 0,017 per kWh _{th}
Rente voor afschrijving investeringen	6 %
Afschrijvingstermijn	20 jaar
Drempel om vervangende onderdelen af te schrijven (vervangingsinvesteringen)	€ 1.500

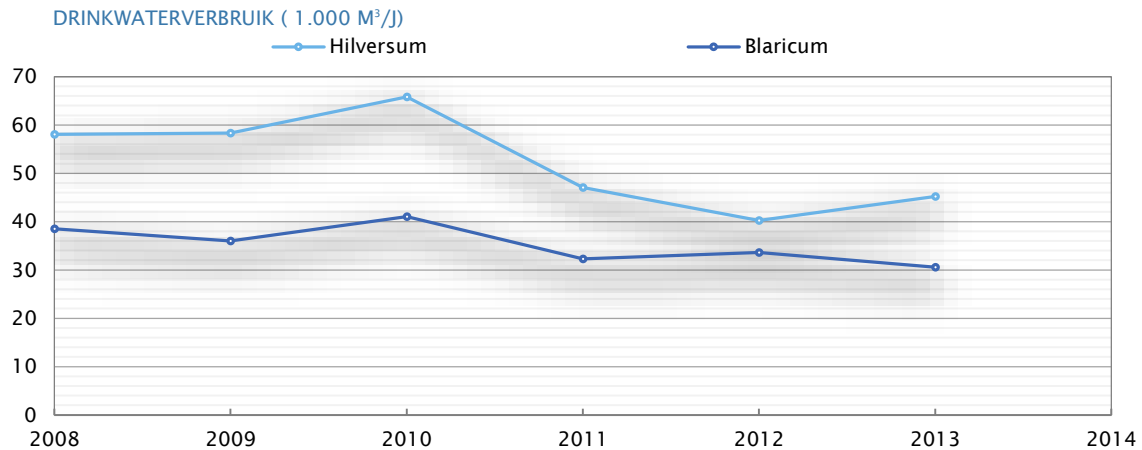
2.2 Waterverbruikers en waterstromen

2.2.1 Inleiding

In deze paragraaf worden de diverse waterstromen in kaart gebracht. Eerst zijn de huidige verbruiken van Hilversum en Blaricum, en de waterstromen in Blaricum geanalyseerd. De huidige situatie in Blaricum is vervolgens vertaald in een hypothetische situatie met dezelfde functies die het toekomstige ziekenhuis Hilversum zal hebben. Vervolgens is deze situatie weer omgezet naar de verwachte situatie in het nieuwe ziekenhuis in Hilversum, inclusief toepassing van het Pharmafilter®-concept.

2.2.2 Inname water

Voor de watervoorziening van Ziekenhuis Tergooi Hilversum en Blaricum wordt uitsluitend drinkwater gebruikt. In Hilversum wordt dit door Vitens geleverd, in Blaricum door PWN Waterleidingbedrijf Noord Holland. De totale hoeveelheid ingekocht drinkwater door de twee ziekenhuizen samen over de periode 2008 – 2013 is weergegeven in Figuur 1.

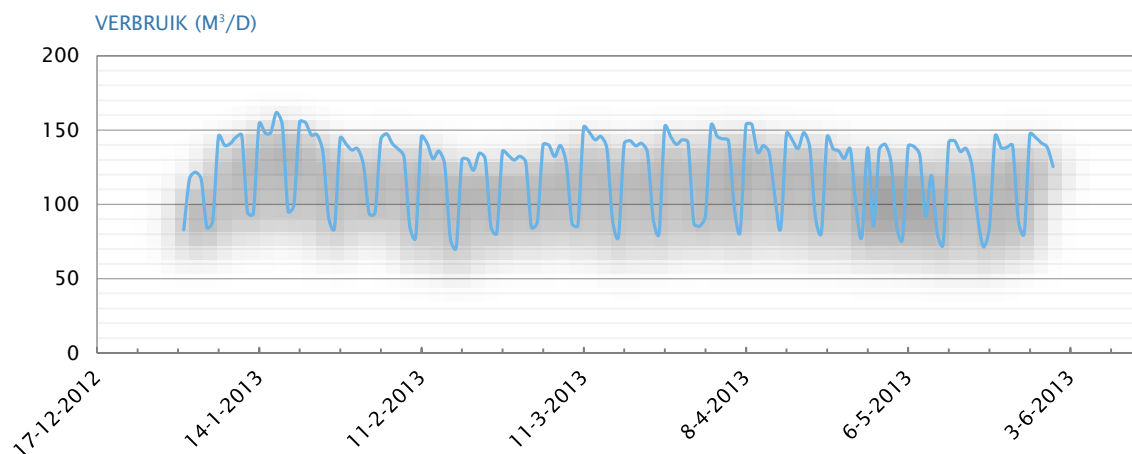


Figuur 1. Inkoop leidingwater ziekenhuis Tergooi Hilversum en Blaricum.

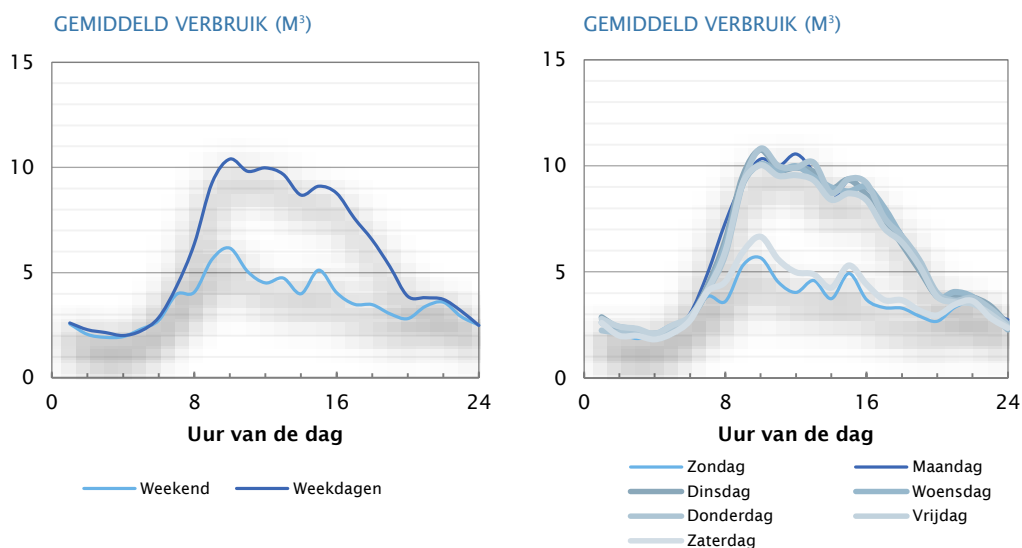
Het waterverbruik in deze periode is overwegend gedaald. De belangrijkste oorzaak hiervoor is een dalende bezettingsgraad van de ziekenhuizen sinds 2010. In Hilversum is het waterverbruik in 2013 gestegen ten opzichte van 2012 door een verschuiving van de verpleegafdelingen Orthopedie en Chirurgie van Blaricum naar Hilversum. Ook is ongeveer de helft van de operaties verplaatst naar Hilversum [bron: Tergooi].

In 2012 is door Hilversum en Blaricum respectievelijk 40.240 m³ en 33.630 m³ leidingwater ingekocht (resp. gemiddeld 110 en 92 m³/dag) [bron: Milieu jaarrapport Tergooi Ziekenhuizen 2012].

Gedurende een etmaal is een duidelijk dag-nacht patroon waarneembaar in het waterverbruik (Figuur 2). Het nachtverbruik voor Hilversum bedraagt circa 3 m³/h. Het dagverbruik (tussen 8.00 en 17.00 uur) is gemiddeld 8 m³/h en varieert van 4 tot een hoogst gemeten gebruik van 14 m³/h. Rond 8.00 uur wordt het grootste watergebruik geregistreerd (Figuur 3). Voor de maand december van 2013 is het hoogst geregistreeerde piekverbruik 22 m³/h water [Vitens AMR klantrapportage 01-2013 ziekenhuis Hilversum].



Figuur 2. Waterverbruik (in m³/dag) ziekenhuis Tergooi Hilversum.



Figuur 3. Gemiddeld waterverbruik in een etmaal links: werkdagen en weekenddagen, rechts: per weekdag

In Tabel 2 zijn de kosten voor drinkwater in de periode 2010-2012 vermeld. Er is een significant prijsverschil per m³ ingekocht water voor beide locaties: in 2012 betaalde Tergooi voor Hilversum € 1,15/m³ (Vitens) en in Blaricum € 1,64/m³ (PWN) [bron: Milieu jaarrapport Tergooi Ziekenhuizen 2012].

TABEL 2. KOSTEN INKOOP LEIDINGWATER TERGOOI

Locatie	2010		2011		2012	
	Verbruik (m ³)	Kosten (€)	Verbruik (m ³)	Kosten (€)	Verbruik (m ³)	Kosten (€)
Blaricum	41.048	64.032	32.304	66.860	33.630	55.156
Hilversum	65.815	63.182	47.099	59.962	40.240	46.266
Totaal Tergooi	106.330	122.054	82.774	126.822	73.870	101.422

2.2.3 Gebruiksdoelen water

Ingekocht drinkwater wordt binnen Tergooi Blaricum gebruikt voor de volgende doeleinden (zie Figuur 4):

- stoombevochtiging (alleen in de winter).
- buitenramen wassen.
- drinkwater bezoekers, verpleging en overige medewerkers.
- afwasmachines in de decentrale keuken per verpleegafdeling en de bedpanspoelers.
- koud water gebruik voor toiletten, wastafels patiëntenkamers.
- aanvoer naar ionenwisselaar ten behoeve van de productie van onthard water voor de technische installaties/stoomketels.
- koud water naar de boiler ten behoeve van de productie van warmwater.
- koud water deel douche ten behoeve van patiënten en personeel.
- koud water gebruik afwasmachine centrale keuken.
- aanvoer naar RO-installaties ten behoeve van de autoclaven, demiwater in laboratoria, centrale sterilisatieafdeling (CSA) e.d.
- wassen ambulances.

Om het leidingwater geschikt te maken voor ketelvoedingwater wordt het door een ionenwisselaar geleid en vervolgens ontgast. Een groot gedeelte van het ontharde water wordt bij Tergooi Blaricum ingezet als bron voor warm tapwater.

Voor toepassing in het laboratorium en voor de laatste spoelfase van de afwasmachine wordt het leidingwater door een Reverse Osmose installatie geleid.

Alleen de ingekochte hoeveelheid drinkwater wordt echt bemeten. Voor de overige (interne) waterstromen is een schatting van de hoeveelheden gemaakt op basis van kennis en ervaring bij Tergooi. Figuur 4 geeft deze waterstromen voor ziekenhuis Tergooi Blaricum schematisch weer als Sankey-diagram. De breedte van de pijlen geeft de grootte van de betreffende waterstroom weer. Hierdoor is in een oogopslag te zien hoe hoog het waterverbruik is van de verschillende processen of toepassingen in het ziekenhuis en welke processen of toepassingen de grote(re) waterverbruikers zijn.

Ambulances wassen

Voor het wassen van de ambulances wordt ook drinkwater gebruikt. In Blaricum zijn zes ambulances in gebruik. De ambulances worden één keer per week gewassen. Per wasbeurt kost dit ongeveer 90 liter water. Het totale waterverbruik bedraagt dus $0,08 \text{ m}^3/\text{d}$ en is daarmee verwaarloosbaar ten opzichte van de andere watergebruikers. Het watergebruik voor het wassen van ambulances is daarom niet zichtbaar gemaakt in Figuur 4.

In Hilversum zijn nu tien ambulances in gebruik. Dit zou een waterverbruik van $0,13 \text{ m}^3/\text{d}$ verklaren en kan eveneens verwaarloosd worden in de waterbalans van het toekomstig ziekenhuis Hilversum (Tabel 7).

Verificatie waterverbruiken

De waterverbruiken van de huidige ziekenhuizen in Blaricum en Hilversum zijn vermeld in Tabel 3. In 2012 bedroeg het totale waterverbruik van beide locaties samen 73.870 m^3 . In de tabel is het waterverbruik vergeleken met waarden uit de literatuur gebaseerd op het aantal patiëteenheden of bedden. Hieruit blijkt dat het waterverbruik bij de huidige Tergooi-ziekenhuizen relatief laag is (onder het gemiddelde). Dit duidt op een efficiënt gebruik van water in de ziekenhuizen van Tergooi.

TABEL 3. WATERVERBRUIK IN HET ZIEKENHUIS (BLARICUM EN HILVERSUM).

Jaar	Waterverbruik (m ³)					Literatuurwaarden		
	2009	2010	2011	2012	2013	min	gem	max
Blaricum	37.000	41.048	32.304	33.630	30.575			
Hilversum		65.815	47.099	40.240	45.244			
Totaal (633 bedden)		106.863	79.403	73.870	75.819			
Patiënten Eenheid (PE)	660.164	706.784	690.444	670.041				
Waterverbruik (liter/PE)		151	115	110		92 ^a	140 ^a	213 ^a
Waterverbruik (liter/bed)		463	344	320		300 ^b	367 ^c	700 ^b
Warmwaterverbruik				6.570 ^e				
Warmwaterverbruik (Liters/bed)				57 ^e		50 ^d		300 ^d
Warmwaterverbruik (liters/PE)				22				

^a milieubarometer.nl, ^b ISSO 2001 richtlijnen, ^c Lodder, 2008, ^d Usemann, 2007, ^e NEN 7120

^{*} Blaricum locatie (~45% bedden)

Hieronder is een aantal deelstromen nader beschouwd om de opgegeven waarden te kunnen verifiëren. Hierbij is uitgegaan van de volgende aannames [bron: Tergooi]:

- 24 uur/dag aanwezig: gemiddeld circa 300 patiënten
- maximaal 8 uur/dag aanwezig: personeel, poliklinische patiënten en bezoekers: samen ca. 600 mensen
- gemiddeld per etmaal zijn dan aanwezig: circa 500 mensen ($= 300 + 600 * 8/24$)

Drinkwatergebruik bezoekers, poliklinische patiënten, verpleging en overige medewerkers

Gemiddeld wordt circa 1 liter per persoon per werkdag aan water geconsumeerd. Bovenstaande 600 mensen kunnen hiermee een drinkwaterverbruik door bezoekers, verpleging en overige medewerkers verklaren van minder dan 1 m³ per etmaal.

Bezoekers, verplegend personeel en overige medewerkers wassen hun handen en gebruiken het toilet veelal niet in de natte cel op de patiëntenkamers. In een normale situatie – niet specifiek een ziekenhuis – wordt gemiddeld zes keer per etmaal een toilet bezocht. Gemiddeld zijn er 200 mensen – niet patiënten – continu aanwezig in het ziekenhuis, waardoor met een verbruik van 9 liter water per toiletspoeling een waterverbruik kan worden verklaard van 11 m³ per etmaal ($=200*6*9/1000$).

Voor handenwassen geldt een kental van 2,5 liter waterverbruik per keer. Uitgaande van circa 10 keer handenwassen per persoon per etmaal – inclusief het handen wassen na gebruik van het toilet – resulteert dit in een waterverbruik van 12,5 m³ per etmaal voor handen wassen ($=200*10*2,5/1000$).

Totaal zou een drinkwaterverbruik door mensen – niet zijnde de patiënten – verklaard kunnen worden van maximaal 25 m³/etmaal. Omdat bezoekers veelal veel korter dan 8 uur aanwezig zijn in een ziekenhuis en daar ook minder vaak het toilet bezoeken en handen wassen, zou een waterverbruik voor deze groep van gemiddeld 7 m³/etmaal, mogelijk wat te laag ingeschat, maar best realistisch kunnen zijn.

Bedpanspoelers

In het huidige ziekenhuis Blaricum zijn 17 bedpanspoelers in gebruik. Gemiddeld vinden circa tien spoelingen (charges) plaats per etmaal. Het waterverbruik bedraagt circa 12 liter warm en 10 liter koud water per spoeling [bron: Tergooi].

Hieruit kan een waterverbruik door de bedpanspoelers in Blaricum verklaard worden van bijna 4 m³ per etmaal ($17*10*(12+10)/1000=3,74$). Hiervan is per etmaal circa 2 m³ warm water en circa 1,7 m³ koud water.

Bij het in gebruik hebben van 20 bedpanspoelers (dit geldt in de eerdere situatie toen het ziekenhuis Blaricum volledig in gebruik was), zou voor de bedpanspoelers een waterverbruik verklaard kunnen worden van 4,4 m³ water per etmaal.

Gebruik van koud water voor toiletten en wastafels in patiëntenkamers

In een normale situatie – niet specifiek een ziekenhuis – wordt gemiddeld zes keer per etmaal een toilet bezocht. Gemiddeld zijn er 300 patiënten continu aanwezig in het ziekenhuis. Hiermee kan een waterverbruik voor de toiletten verklaard worden van 16 m³ per etmaal ($=300*6*9/1000$).

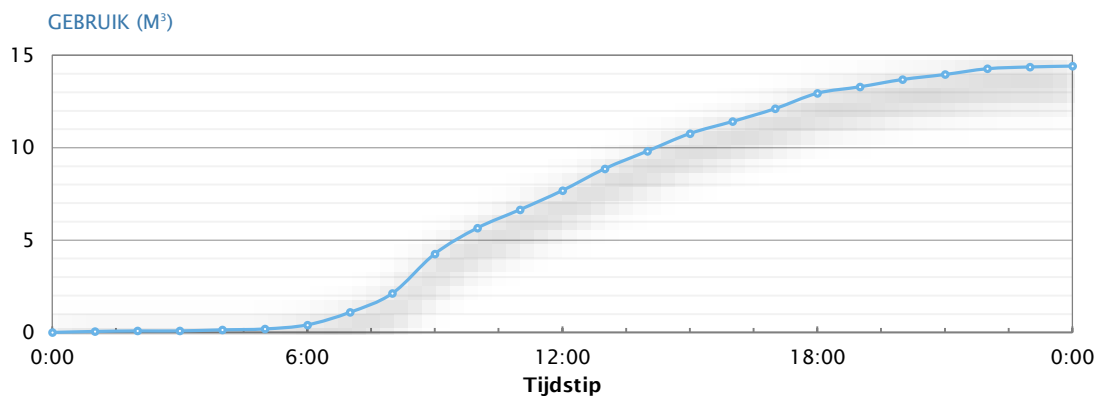
Circa tien keer handenwassen per etmaal – inclusief het handen wassen na gebruik van het toilet – leidt tot een waterverbruik van 7,5 m³ per etmaal (=300*10*2,5/1000).

Gemiddeld wordt circa 2 liter per persoon per etmaal aan water geconsumeerd. Als de patiënten gemiddeld eenzelfde hoeveelheid water drinken, dan wordt hiermee een waterverbruik van 0,6 m³ etmaal verklaard (=300*2/1000).

Buiten het douchen, kan dus een koud watergebruik in patiëntenkamers verklaard worden van in totaal 24 m³ per etmaal. Dit komt zeer goed overeen met de in de waterbalans opgenomen waarde voor dit doeleinde van 25 m³/d.

Onthard water voor de bereiding van warm tapwater

Het cumulatief verbruik van water uit de boiler van Blaricum is weergegeven in Figuur 5. De boiler heeft een maximale capaciteit voor de bereiding van warm water van 65-70°C van 18 m³ per etmaal. Circa 2 m³/etmaal hiervan wordt gebruikt in de afwasmachine van de centrale keuken en ook circa 2 m³/etmaal wordt ingezet als warm water voor de bedpanspoelers (zie hierboven). Het resterende warme water uit de boiler (=14 m³/etmaal) wordt gevoerd aan de ringleiding voor warm tapwater ten behoeve van douches.



Figuur 5. Cumulatief warm watergebruik over een etmaal [bron: Tergooi]

Koud water voor de douches

Uitgaande van een douchetemperatuur van gemiddeld 40°C, is naast warm water voor douchen eenzelfde hoeveelheid koud water nodig. Voor douchen is daarmee volgens de waterbalans Blaricum het verbruik 28 m³ per etmaal.

Douchen vergt gemiddeld 45 liter per douchebeurt (van 10 minuten). Als alle 500 aanwezige mensen dagelijks gemiddeld één keer zouden douchen dan zou dit een douchewaterverbruik verklaren van 22,5 m³ per etmaal (=500*1*45/1000). Omdat poliklinische patiënten, bezoekers en personeel minder frequent in het ziekenhuis douchen, zal het waterverbruik echter lager liggen.

Mogelijk is het verbruik van warm tapwater voor het douchen in Blaricum ook overschat. Het verschil wordt wat kleiner indien meegenomen wordt dat ook voor het handenwassen in de patiëntenkamers een geringe hoeveelheid warmwater wordt verbruikt uit dezelfde warmwaterringleiding als het douchewater. Deze hoeveelheid is echter niet bekend.

2.2.4 Lozing

Al het water wordt geloosd via de gemeentelijke riolering naar de rioolwaterzuiveringsinrichting (rwzi) Hilversum. Er is slechts een verwaarloosbare hoeveelheid water die verdwijnt via verdamping naar de lucht en afstroming naar de bodem. Meetwaarden voor de lozingsgegevens van Tergooi Blaricum uit 2012 (Tabel 4) bevestigen deze veronderstelling. Gemiddeld is over deze 4 meetdagen 110 m³ per dag water ingekocht en is er 103 m³ per dag geloosd (een verschil van gemiddeld circa 6%).

TABEL 4. MEETGEGEVENS LOZING AFVALWATER TERGOOI BLARICUM

Dag			Do	Di-Wo	Wo	Wo-Do
Periode			23-2-2012	8+9/5	8-8-2012	28+29/11
Monsternummer			657675	734791	822331	50221
Geloosd	m ³ /d		117	136,2	77,7	111,5
Ingenomen	m ³ /d		98	127	82	106,2
Parameter	Eenheid	Eis				
Totaal cyanide	µg/l	150	19	21	23	13
Chroom	µg/l		<4	<4	<4	<4
Koper	µg/l		220	170	200	210
Nikkel	µg/l		<10	<10	<10	<10
Lood	µg/l		7	<5	<5	6
Tin	µg/l		<30	<30	<30	<30
Zink	µg/l		130	150	130	130
Som metalen	µg/l	1000	357	320	330	346
Kwik	µg/l	1	<0,10	0,14	<0,10	0,23
VOX	µg/l	50	5	3	<2	2
EOX	µg/l	0,10	<0,1	<0,1	0,18	<0,1
Benzeen	µg/l		<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Tolueen	µg/l		<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Ethylbenzeen	µg/l		<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
m-, p-xyleen	µg/l		0,3	<0,2	<0,2	<0,2
o-xyleen	µg/l		<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Som BTEX	µg/l	50	0,3	n.a.	n.a.	n.a.

n.a. = niet aantoonbaar, in rood: overschrijding lozingsgrens; Metingen uitgevoerd door Tauw

Op beide locaties is de afvoerleiding van de centrale keuken voorzien van een vetput. Het afvalwater uit de centrale keuken wordt door deze vetput geleid om opdrijvend vuil (vetten, oliën e.d.) af te vangen. Dit is een wettelijke verplichting en zorgt er tevens voor dat er minder vuil afgevoerd wordt via de riolering. De vetputten worden minimaal 4 keer per jaar leeggemaakt.

Ziekenhuis Blaricum loost haar afvalwater op het rioleringsstelsel van de gemeente Blaricum. Deze transporteert het water naar de rwzi Blaricum waar het gezuiverd wordt en vervolgens geloosd op oppervlaktewater. Het afvalwater van ziekenhuis Tergooi Hilversum wordt via de riolering van de gemeente Hilversum getransporteerd naar de rwzi Hilversum. Beide rwzi's zijn in beheer bij Waternet.

De heffing voor de lozing van afvalwater in 2012 door Tergooi Hilversum en Blaricum op de rwzi's is gesteld op respectievelijk 604 en 504 vervuilingseenheden (v.e.). (Tabel 5). Deze vervuilingswaarde is gebaseerd op de voor ziekenhuizen geldende klasse 7 van de afvalwatercoëfficiëntentabel. Voor klasse 7 geldt dat het zuurstofverbruik per m³ ingenomen water tussen de 0,012 en 0,018 v.e./m³ bedraagt. Uit eerder onderzoek blijkt dat dit voor beide locaties van Tergooi juist is en in de praktijk wordt dan ook een vervuilinggraad van

0,015 v.e./m³ aangehouden. Door vermenigvuldiging met de ingenomen hoeveelheid water en uitgaande van het zuiveringstarief per v.e. van € 54, =, kostte deze lozing over 2012 € 31.594 respectievelijk € 27.240 [bron: Milieu jaarrapport 2012 Tergooi Ziekenhuizen]

TABEL 5. GEGEVENS AFVALWATERLOZING TERGOOI.

Locatie	Aantal	Prijs	Kosten	Aantal	Prijs	Kosten	Aantal	Prijs	Kosten
	ve	€/ve	€	ve	€/ve	€	ve	€/ve	€
Blaricum	923	53,04	48.980	888	54,00	47.941	504	54,00	27.240
Hilversum	830	53,04	44.054	831	54,00	44.851	604	54,00	31.594
Buitenlocaties	10	53,04	530	46	54,00	2.510	35	54,00	1.889
Totaal Tergooi	1.755	53,04	93.564	1.765	54,00	95.305	1.143	54,00	61.723

2.2.5 Waterbalans toekomstig Tergooi Hilversum

Van het waterverbruik voor de diverse gebruiksdoelen in ziekenhuis Tergooi Blaricum zijn veel meer (ervaring)gegevens bekend dan van het huidige ziekenhuis Tergooi Hilversum. In deze fase van het onderzoek wordt aangenomen dat het waterverbruik en de verdeling over de verschillende gebruiksdoelen, van het huidige ziekenhuis Tergooi Hilversum vergelijkbaar is met het ziekenhuis Tergooi Blaricum, behalve voor wat betreft dialysebehandelingen. De waterbalans van Blaricum heeft daarom als basis gediend voor het schetsen van de waterbalans van het toekomstige ziekenhuis Tergooi Hilversum (zie Figuur 6). Als indicatie voor de grootte van de waterstromen in het toekomstige ziekenhuis Hilversum zijn deze waarden geëxtrapoleerd. Voor deze extrapolatie is in eerste instantie uit gegaan van een vergelijkbaar ziekenhuisontwerp als Blaricum, maar dan met een grotere omvang en capaciteit. Als grondslag hiervoor zijn de volgende gegevens gebruikt:

TABEL 6. BEREKENINGSGRONDSLAG WATERVERBRUIK NIEUW ZIEKENHUIS

Grootheid	Eenheid	Blaricum	Toekomstig Hilversum
vloeroppervlakte	m ²	45.000	70.000
aantal bedden (als maat voor aantallen patiënten)	aantal	350	468

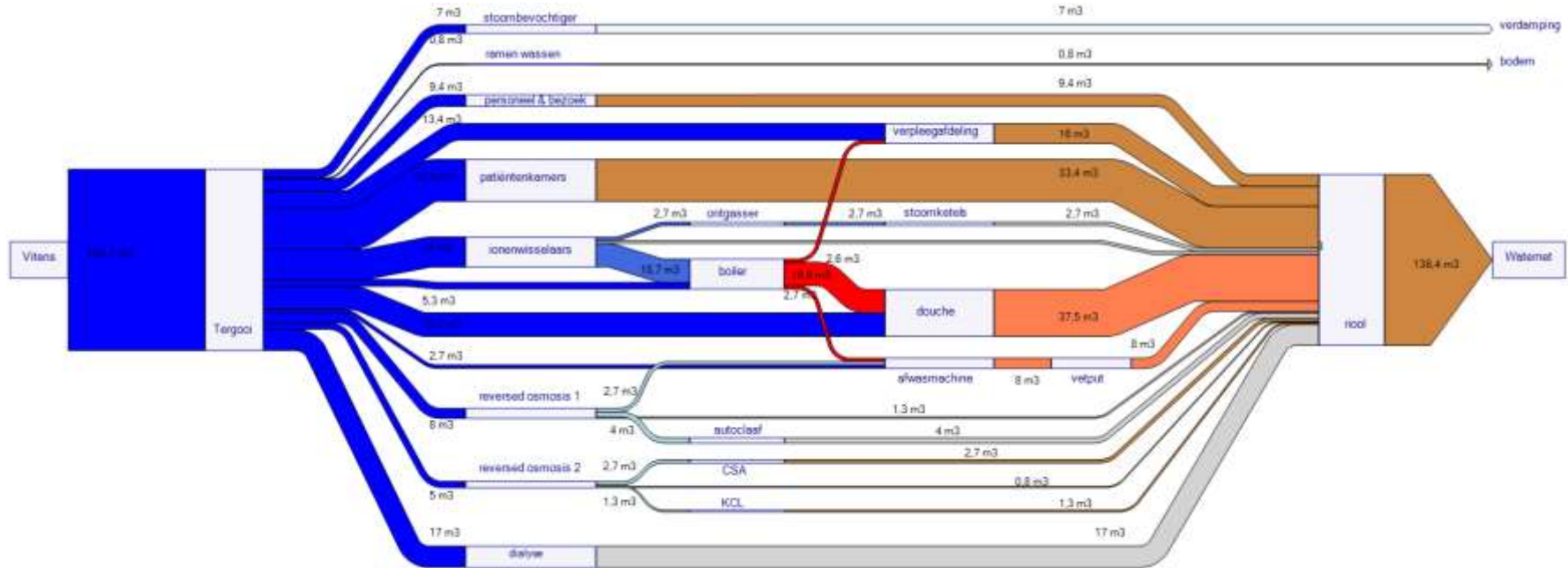
De belangrijkste waterstromen van het huidige ziekenhuis in Blaricum zijn samengevat in onderstaande tabel (Tabel 7, kolom 3). Voor alle waterstromen in deze tabel waar in kolom 2 de omschrijving 'bedden' is vermeld, is het waterverbruik geëxtrapoleerd op basis van de toename van het aantal bedden (* 468/350). Voor de overige is het vergrootte vloeroppervlakte als maatstaf voor de extrapolatie gehanteerd. Deze verdeling is gemaakt aan de hand van welk van deze twee maatstaven het meest representatief is voor de omvang van de waterstroom. Het resultaat van deze extrapolatie is vermeld in kolom 4 (en grafisch weergegeven in Figuur 6. Voor meer detailgegevens zie ook de tabel in Bijlage I.

Vervolgens zijn deze waterverbruiken op basis van expertbeoordeling, geverifieerde verbruiken (paragraaf 2.2.3) en beschikbare ontwerpgegevens van het toekomstige ziekenhuis Hilversum vertaald naar de verwachte waterstromen voor het toekomstige ziekenhuis. Hierbij is een onderscheid gemaakt tussen maatregelen die zeker worden opgenomen in het ontwerp voor Hilversum (kolom 5, zie ook Figuur 7) en geïntegreerd extra maatregelen die kunnen voortvloeien uit de quick-scans van dit lopende onderzoek (kolom 6).

Zoals eerder genoemd is het uitvoeren van dialysebehandelingen een significant verschil tussen ziekenhuis Blaricum en Hilversum (nu en in de toekomst). In tegenstelling tot in

ziekenhuis Blaricum vinden in het ziekenhuis Hilversum namelijk dialysebehandelingen plaats. Dat zal in de nieuwbouw ook zo blijven. Dialyse kost ca. 800 l water/per behandeling. In Hilversum zijn nu 12 dialyseapparaten aanwezig, die vijf dagen per week twee, en op zaterdag één, persoon per dag dialyseren [bron: Tergooi]. Dit vergt een waterverbruik voor dialyse van gemiddeld 15,1 m³/etmaal. $(=800 \cdot 12 \cdot (5 \cdot 2 + 1 \cdot 1) / 7 \cdot 1000)$

In dit waterverbruik voor dialyse is de waterbehandeling ten behoeve van de dialyseapparatuur zelf nog niet verdisconteerd. Dit betreft bijvoorbeeld de regeneratie van de harskolommen, spoelen e.d. Voor de waterbalans van het toekomstige ziekenhuis Hilversum betekent dit, dat het waterverbruik in totaal verhoogd moet worden met circa 17 m³ per etmaal (uitgangspunt waterverbruik van ongeveer 10% voor regeneratie, spoelen e.d.).



Figuur 6. Sankey-diagram voor de uitgangssituatie Tergooi Hilversum. (Blaricum geëxtrapoleerd en met toegevoegde functiedialyse)

TABEL 7 WATERGEBRUIKERS BLARICUM, HILVERSUM GEËXTRAPOLEERD EN INCLUSIEF MAATREGELLEN. DEZE LAATSTE OOK BEPAALD PER M² VLOEROPPERVLAKTE EN PER BED.

Gebruikers	Eenheid	Blaricum huidig m ³	Hilversum toekomstig				
			Na extra- polatie	Met zekere maatregel en uit VO	VO+maat- regelen quick-scans	l/m ² /d	l/bed/d
stoombevochtiging (winter)	oppervlak	4.5	7	7	7	0.10	15
buitenramen wassen (gem)	oppervlak	0.5	1	1	1	0.01	2
drinkwater gebruik bezoekers, verpleging, medewerkers, poliklinische patiënten	bedden	7	9	8	8	0.12	18
Afwasmachines	bedden	10	13	13	8	0.11	17
verpleegafdeling decentrale keuken/po/bedpanspoelers	bedden	25	33	24	24	0.35	52
koudwater toiletten, wastafels patiëntenkamers via ionenwisselaar: water technische installaties/stoomketels	nvt	17	24	24	3	0.04	6
koud water naar boiler	bedden	4	5	5	0	0.00	0
koudwater deel douche tbv patienten/personeel	bedden	14	19	19	37	0.53	80
koudwater gedeelte afwasmachine centrale keuken	bedden	2	3	0	0	0.00	0
naar RO water	nvt	5	8	5	5	0.07	11
naar RO2: Demiwater	nvt	3	5	5	5	0.07	11
koelwater gebouw	oppervlak	0	0	0	0	0.00	0
spoelen Tonto	nvt		0	0	4	0.05	8
dialysebehandelingen	nvt		17	17	17	0.24	36

Maatregelen voorlopig ontwerp:

1. ontbreken centrale keuken met afwasmachine.
2. toepassing moderne waterbesparende toiletten.

Maatregelen op basis van quick-scans:

3. bedpanspoelers vervangen door Tonto®'s (afvalshredders van Pharmafilter®-concept).
4. geen warmtapwatervoorziening bij wasbakken op de toiletten.
5. lokale productie van warmwater voor douchen, handen wassen (evt. bedpanspoelers, afwasmachines) e.d.

Ad 1: Voedselbereiding en eventuele afwas vinden buiten de locatie plaats. Directe gevolgen voor de waterstromen hiervan zijn:

- Koud waterverbruik centrale keuken vervalt.
- Warmwaterstroom van boiler naar afwasmachine centrale keuken vervalt.
- Gebruik van gedemineraliseerd water uit RO1 in de afwasmachine vervalt.

Ad 2: Moderne waterbesparende toiletten gebruiken per toiletspoeling 6 liter water; de huidige 9 liter per spoeling. Directe gevolgen voor de waterstromen hiervan zijn:

- Het waterverbruik toiletten daalt met ca. 30%.

Ad 3: Er wordt geen gebruik meer gemaakt van bedpanspoelers. Deze zijn vervangen door Tonto®'s. Per spoeling gebruikt een Tonto® ca. 9 liter water. Directe gevolgen voor de waterstromen hiervan zijn:

- Het koud en warm waterverbruik voor de bedpanspoelers vervalt.
- Warm waterstroom van boiler naar bedpanspoelers vervalt.
- Koud water gebruik neemt toe voor spoeling Tonto®'s met ca. 3,8 m³/etmaal (zie box 2 paragraaf 3.4.4).

Ad 4: Een warm tapwatervoorziening bij de wastafels bij de toiletten ontbreekt. Directe gevolgen voor de waterstromen hiervan zijn:

- De warm waterstroom van boiler naar douches wordt hierdoor beperkt kleiner (hoeveelheid onbekend).
- Koud water gebruik bij wastafels neemt toe met maximaal eenzelfde hoeveelheid (idem).

Ad 5: In plaats van aanvoer van warm water via een ringleiding, vindt de productie van warm water voor douchen, handen wassen (eventuele bedpanspoelers e.d. zie onder ad 3) lokaal plaats: daar waar het nodig is. Directe gevolgen voor de waterstromen hiervan zijn:

- De warm waterstroom van boiler naar douches vervalt.
- Gebruik koud water voor douches neemt toe met eenzelfde hoeveelheid.

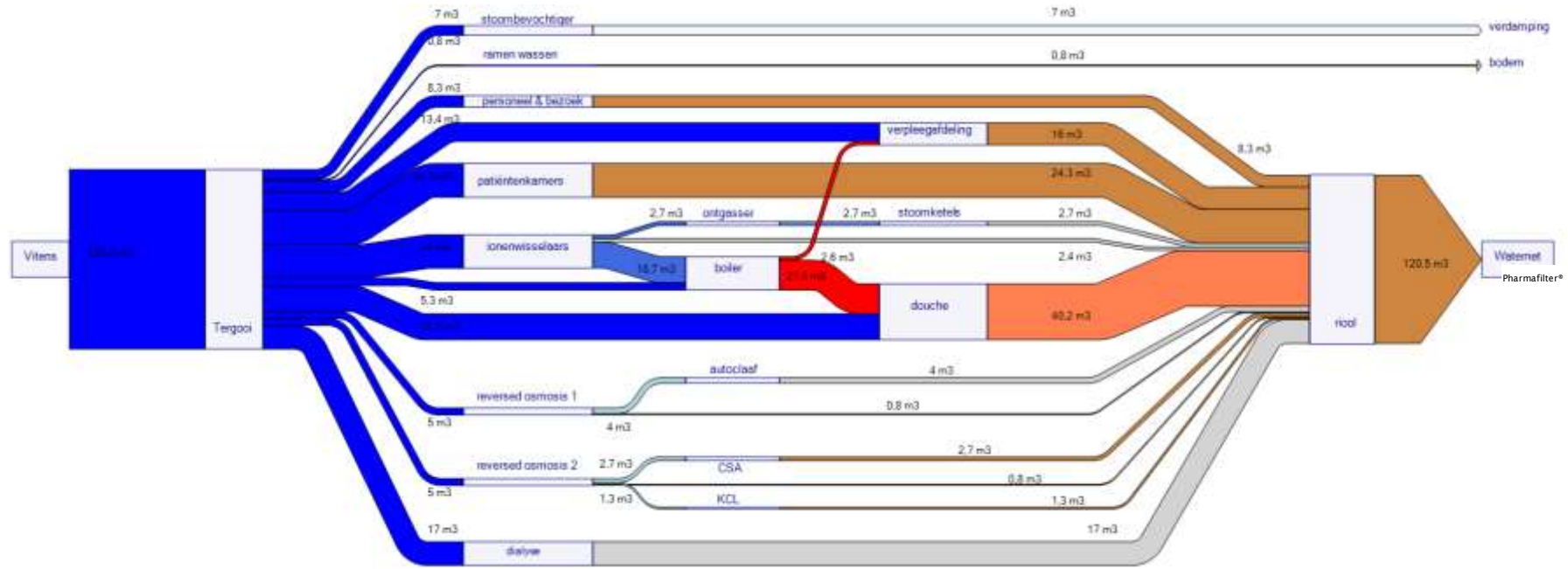
Naast genoemde direct gevolgen, hebben deze veranderingen ook indirect gevolg voor verschillende waterstromen en conditionerings- en zuiveringsprocessen, te weten:

- De centrale boiler (per toren) komt te vervallen of kan veel kleiner worden ontworpen. Hierdoor vervalt ook de noodzaak van de waterstroom van de harsbedden naar de boiler. De harsbedden kunnen daardoor ca. 80% kleiner uitgevoerd worden.
- De omgekeerde osmose-installatie kan half zo klein worden uitgevoerd, omdat deze alleen nog gedemineraliseerd water hoeft te maken voor het laboratorium. Mogelijk kan deze zelfs gecombineerd worden met de andere RO-installatie, waardoor investerings- en beheerskosten nog verder kunnen dalen.
- De inkoop van drinkwater daalt van circa 145 m³/etmaal naar ca. 120 m³/etmaal voor het toekomstige ziekenhuis.
- De vuilvracht van het te lozen water neemt af, door het vervallen van de afwasmachine in de centrale keuken.
 - Een direct gevolg hiervan is eveneens dat het bevoegd gezag vermoedelijk geen vetvangvoorziening meer zal verlangen.

- De overige veranderingen zullen geen invloed hebben op de vuilvracht zelf. Aangezien Tergooi momenteel als zogenaamd tabelbedrijf aangeslagen wordt, zal door de geringere inkoop van drinkwater de verontreinigingsheffing evenredig dalen.

Bovengenoemde veranderingen hebben geresulteerd in een zekere en ook een mogelijke waterbalans van het nieuwe ziekenhuis Hilversum. De waterbalans van het toekomstig ziekenhuis Hilversum waarbij rekening is gehouden met de zekere maatregelen uit het voorlopige ontwerp is gevisualiseerd in Figuur 7. De uitgangspunten voor deze waterbalans zijn hieronder nogmaals kort samengevat:

- De enige "waterbron" is ingekocht leidingwater
- Per dag wordt voor Blaricum gemiddeld ca. 92 m³/dag ingekocht en voor het huidige Hilversum gemiddeld 110 m³/dag leidingwater [jaarverslag 2012]
- Al het water wordt geloosd op het riool; er is slechts een verwaarloosbare hoeveelheid water die verdwijnt via verdamping naar de lucht en afstroming naar de bodem.
- Van het waterverbruik van ziekenhuis Tergooi Blaricum zijn veel (meer) gegevens bekend. Er is aangenomen dat het waterverbruik van het huidige ziekenhuis Tergooi Hilversum vergelijkbaar is met dat van het huidige ziekenhuis in Blaricum. Daarom is Blaricum gebruikt als basis voor de berekeningen.
- Op basis van expert judgement en ontwerpgegevens van het toekomstige ziekenhuis Tergooi Hilversum zijn de waterstromen hiervoor bepaald.
- De benaderingswijze voor het doorvertalen van de waterbalans van Tergooi Blaricum, is door KWR en Deerns zo goed mogelijk onderbouwd en waar mogelijk gestaafd aan de praktische kentallen.
- Het waterverbruik voor dialyse is toegevoegd ten opzichte van ziekenhuis Blaricum
- Alleen de zekere maatregelen uit het voorlopige ontwerp (het ontbreken van een centrale keuken met afwasmachine en het toepassing van waterbesparende toiletten) zijn hierin verwerkt.



Figuur 7. Sankey-waterbalans toekomstig ziekenhuis Tergooi Hilversum incl. de zekere maatregelen uit het VO (CSA = Centrale Sterilisatie Afdeling, KCL = Klinisch-Chemisch Laboratorium)

2.3 Energiebalans

De energiebalans van het toekomstige ziekenhuis is nog onvoldoende uitgekristalliseerd en daardoor nog niet beschikbaar. Wel zijn door Deerns eerste berekeningen gemaakt om de energieprestatiecoëfficiënt (EPC)² van het nieuwe gebouw in te schatten. Uit de berekeningen blijkt dat het gebouw waarschijnlijk een overschot aan warmte heeft, en daardoor behoefte aan duurzame koeling.

Naast de EPC berekeningen zijn door Deerns dynamische gebouwsimulaties uitgevoerd om de energiebalans in meer detail in beeld te krijgen. Vanwege de grote onzekerheid in de kwantitatieve informatie kan deze nog niet in dit rapport worden opgenomen.

2.4 Stofstromen

Zoals in paragraaf 2.2.5 al is beschreven beschikt Tergooi over vetputten in de afvoerleiding van de centrale keuken. De afgevangen hoeveelheden vet en de daarbij horende afzetkosten zijn weergegeven in Tabel 8. Naast vet komen er ook andere reststoffen vrij bij Tergooi.

Deze zijn vermeld in Tabel 9.

TABEL 8 VETPUTLEDIGING [BRON: MILIEU JAARRAPPORT TERGOOI ZIEKENHUIZEN 2012].

Locatie	2010		2011		2012	
	Volume (L)	Kosten (€)	Volume (L)	Kosten (€)	Volume (L)	Kosten (€)
Blaricum	13.400	984	13.830	1.015	13.400	990
Hilversum	20.000	3.694	20.000	3.761	19.300	4083
<i>Totaal Tergooi</i>	<i>33.400</i>	<i>4.679</i>	<i>33.830</i>	<i>4.777</i>	<i>32.700</i>	<i>5.073</i>

TABEL 9. OVERZICHT HOEVEELHEDEN EN KOSTEN REST- EN AFVALSTROMEN TERGOOI [BRON: MILIEU JAARRAPPORT TERGOOI ZIEKENHUIZEN 2012]

Locatie	2010		2011		2012	
	Volume (kg)	Kosten (€)	Volume (kg)	Kosten (€)	Volume (kg)	Kosten (€)
Gevaarlijk afval						
Specifiek Ziekenhuis Afval (SZA)	69.583	84.863	66.775	87.039	72.654	92.721
Overig gevaarlijk afval	11.618	17.722	15.876	16.647	13.772	16.036
Overig afval						
Karton	60.219	0	11786	0	5.367	0
Papier	89.432	0	97.510	238	66.408	949
Glas	18.660	2.258	7.900	176	7.100	884
Kunststoffen	80	0	48	71	630	336
Organisch afval (swill)	72.960	10.824	32.480	6.686	47.110	7.663
Grof vuil (bouw/sloop)	9.180	4.428	5.840	1.535	3.920	1.214
Bedrijfsafval	560.980	91.261	548.204	77.466	492.142	73.524
<i>Totaal</i>	<i>892.632</i>	<i>206.408</i>	<i>768.419</i>	<i>189.858</i>	<i>708.423</i>	<i>193.327</i>

Bij gebruik het Pharmafilter®-concept kan van deze lijst met reststromen in principe SZA, swill, (een deel van het) bedrijfsafval en vet uit de vetput via de Tonto® worden afgevoerd naar de Pharmafilter®-zuivering. Dit afval hoeft dan niet meer extern verwerkt te worden. In de zuivering worden de vaste delen afgescheiden en vergist tot biogas. Voor het

² De Energieprestatiecoëfficiënt (EPC) is een index die de energetische efficiëntie van nieuwbouw aangeeft. De EPC wordt bepaald door berekeningen vastgelegd in NEN 7120

toekomstige ziekenhuis in Hilversum zal de hoeveelheid swill en vet veel kleiner zijn doordat in het nieuwe ziekenhuis geen centrale keuken wordt gebouwd, maar de maaltijden van extern geleverd worden.

Overigens zouden ook papier en karton via deze route verwerkt kunnen worden, maar er is vanuit kostentechnisch perspectief voor gekozen dit separaat te blijven inzamelen en te verkopen [bron: Tergooi].

3 Het Pharmafilter®-concept

Auteurs: Tessa van den Brand, Jan Hofman, Wim van Houdt, Hildy Treffers, Paul Stoelinga, Stefan Mol, Jochem de Louw

3.1 Inleiding

Binnen werkpakket 2 is de doelmatigheid van het Pharmafilter®-concept voor het toekomstige ziekenhuis Tergooi Hilversum onderzocht. Daarbij is gekeken naar de volgende aspecten: technische haalbaarheid, ruimtelijke inpassing en financiële haalbaarheid. Bovendien is een aantal risico's en kansen benoemd die niet verder gekwantificeerd zijn. Andere aspecten zoals organisatorische consequenties, juridische en vergunningstechnische aspecten en duurzaamheid zijn in dit stadium nog niet meegenomen.

Een belangrijke randvoorwaarde bij deze analyse is dat de Pharmafilter®-zuivering op de rwzi Hilversum moet worden geplaatst. Vanwege ruimtegebrek kan de Pharmafilter®-zuivering niet in de nabijheid van het ziekenhuis worden gebouwd. Om het afvalwater van het ziekenhuis naar de zuivering te transporteren zal een persleiding moeten worden aangelegd.

3.2 Het Pharmafilter®-concept

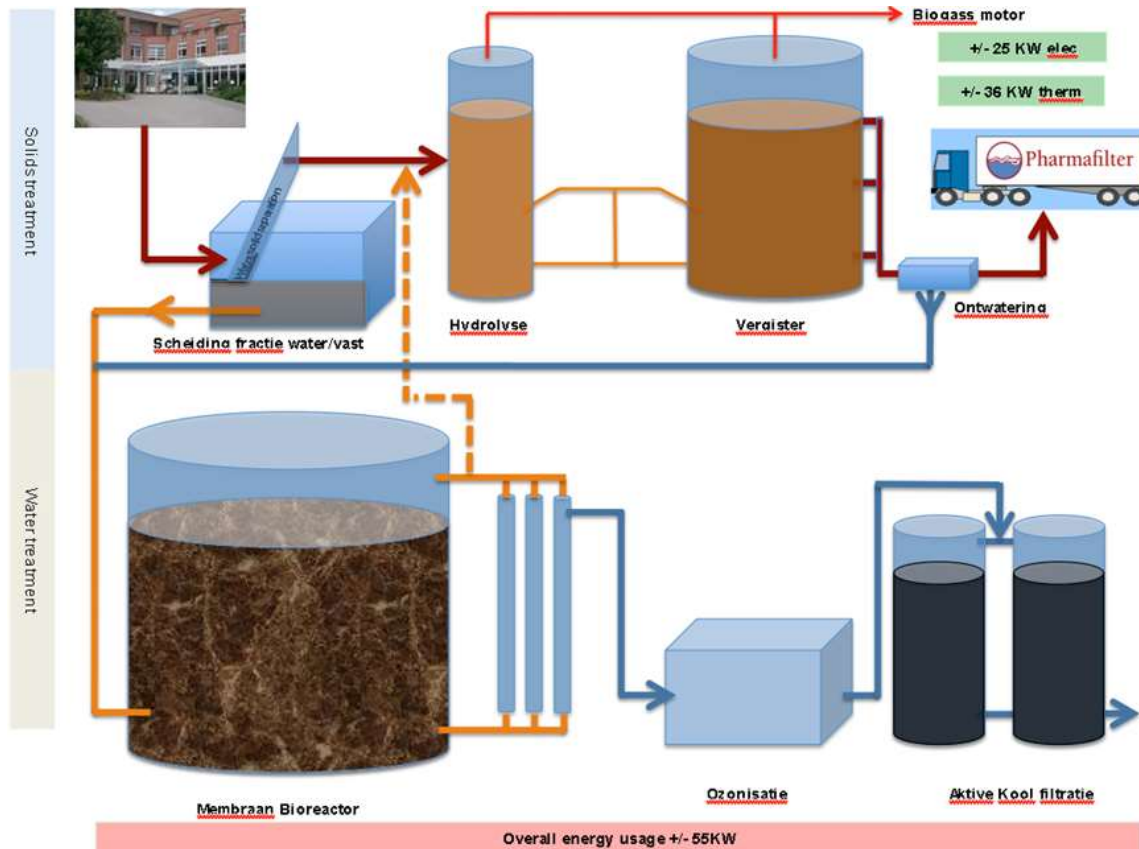
Het Pharmafilter®-concept is een integraal concept voor de optimalisatie van de verzorging, afvalverwerking en zuivering van afvalwater. Iedere verpleegafdeling krijgt een of meerdere vermalers (Tonto®'s) die onder meer eenmalig te gebruiken bedpannen en urinalen, etensresten en restafval verwerken. De bedpannen en urinalen zijn bij voorkeur van biologisch afbreekbaar materiaal gemaakt zodat ze in de zuivering kunnen worden vergist tot biogas.

Naast de wegwerp urinalen en bedpannen kan ook ander afval verwerkt worden door het te vermalen in de Tonto® en het via het riool af te voeren. Er blijven echter ook materialen over die apart afgevoerd moeten worden. In Tabel 10 is een overzicht gegeven van alle afvalstromen en de verwerkingsmethode.

Tabel 10 De methodiek van afvalinzameling in het Pharmafilter®-concept.

Afval	Verwerkingsmethoden
Etensresten	Riool-Pharmafilter®
Feces	Riool-Pharmafilter®
Specifiek Ziekenhuisafval (SZA)	Riool-Pharmafilter®
Restafval verpleging	Riool-Pharmafilter®
Restafval overig	Huidige afvoer methodiek
Karton	Apart inzamelen
Chemisch	Apart inzamelen
Nucleair	Apart inzamelen
Lab	Apart inzamelen
Papier	Apart inzamelen
Glas	Apart inzamelen

Het vermalen afval wordt samen met het afvalwater van douches, wasbakken en toiletten via de bestaande riolering van het ziekenhuis afgevoerd. Het afvalwater met het vermalen afval kan niet direct op de gemeentelijke riolering worden geloosd en wordt daarom naar een zuiverings- en vergistingsinstallatie geleid. Hier worden de vaste delen gescheiden van het water, dat verder wordt gezuiverd. De vaste delen worden vergist tot biogas. Figuur 8 toont een schematische weergave van dit zuiveringsproces.



Figuur 8. Schematische weergave van het vergistings- en zuiveringsinstallatie (Bron: Pharmafilter BV).

Tijdens de vergisting van de vaste delen zal er ongeveer 10,3 Nm³ per uur biogas worden gevormd. Door een warmte-kracht-koppeling-installatie (WKK) kan hieruit 25 kW elektrische en 40 kW thermische energie worden opgewekt, die beide worden ingezet voor de energievoorziening van de zuiveringsinstallatie. Deze gegevens zijn schattingen op basis van gegevens aangeleverd door Tergooi aan Pharmafilter: Er wordt uitgegaan van een Pharmafilter®-zuivering met een capaciteit van 10 m³/h. De hoeveelheden afval die verwerkt worden zijn: keukenafval 44.637 kg/jaar, restafval 332.164 kg/jaar, specifiek ziekenhuisafval (SZA) 76.541 kg/jaar, bioplastics 51.913 kg/jaar.

Onder normale bedrijfsvoeringscondities gebruikt de Pharmafilter®-zuivering circa 55 kW aan energie. Het geproduceerde biogas zorgt dat er circa 25 kW wordt teruggevoerd aan de installatie. De thermische energie van circa 40 kW, wordt gebruikt voor het voorverwarmen van de vergistingstank tot 60°C en desinfectie van het uitgestist slib bij 100°C.

Het opwarmen van het influent, door middel van restwarmte van het ziekenhuis, heeft geen toegevoegde waarde, de temperatuur van het influent mag namelijk niet hoger mag zijn dan 35°C, omdat anders de biologische processen in de hydrolysetank worden verstoord. Op

basis van deze gegevens is geconcludeerd dat de Pharmafilter®-zuivering geen energieoverschot heeft en een verdere synergie met de energiebalans van het ziekenhuis niet mogelijk is.

Op basis van het Pharmafilter®-concept kunnen verschillende processen binnen het ziekenhuis mogelijk efficiënter plaatsvinden. Er zijn minder loopbewegingen nodig rondom het gebruik van bedpannen en urinalen. Ook de logistiek rondom afval van patiëntenkamers kan verder worden geoptimaliseerd. Ten slotte biedt het concept interessante perspectieven rondom het verstrekken van maaltijden aan patiënten. Door gebruik te maken van biodegradeerbaar serviesgoed, kunnen ook etensresten en het gebruikt serviesgoed via de Tonto® worden afgevoerd. Het gebruikte serviesgoed hoeft dan niet naar een speelkeuken vervoerd en afgewassen te worden.

Pharmafilter claimt bovendien de volgende voordelen voor dit concept:

1. verbetering van patiëntenveiligheid en -tevredenheid,
2. vereenvoudiging van werkprocessen,
3. veiliger en schoner werken,
4. besparingen op afvalwater, specifiek ziekenhuisafval en personeel,
5. minder afvalstations en minder afvaltransporten,
6. verwijdering van alle schadelijke ziekenhuisstoffen uit het afvalwater,
7. realiseren van een infrastructuur voor procesinnovatie,
8. geen (detecteerbare) medicijnresten in het effluent.

3.3 Uitgangspunten quick-scan

In totaal is een zestal scenario's geselecteerd om in de quick-scan te worden uitgewerkt, allen met kengetallen zoals die verwacht mogen worden in de nieuwbouw van ziekenhuis Tergooi:

1. het conventionele concept
2. toepassing van het Pharmafilter®
3. toepassing van het Pharmafilter® + aanvullende N en P verwijdering (NP)
4. toepassing van het Pharmafilter® + NP + personeelsbesparing in proces (FTE)
5. toepassing van het Pharmafilter® + NP + FTE + besparing door vermeden infecties
6. toepassing van het Pharmafilter® + NP + FTE + infecties + besparing door alternatieve disposables (geen Olla®'s en Botta®'s)

Per scenario zijn de volgende randvoorwaarden gehanteerd:

- Het conventionele concept: er wordt gebruik gemaakt van urinalen en bedpannen, deze worden gewassen met bedpanspoelers.
- Het Pharmafilter®-concept: Er wordt gebruik gemaakt van biodegradeerbare wegwerpmaterialen (Olla® 's en Botta®'s). Tonto®'s worden gebruikt om de wegwerpmaterialen en afval te vermalen en weg te voeren. Voor de zuivering van het afvalwater zal een Pharmafilter®-zuivering geplaatst worden op rwzi Hilversum. Om het afvalwater van het ziekenhuis naar de zuivering te transporteren is een persleiding nodig.

3.4 Total Cost of Ownership

Er zijn zes berekeningen voor de *Total Costs of Ownership* (TCO) gemaakt, die gebaseerd zijn op zo goed mogelijk gevalideerde aannamen. Deze aannamen zijn in de komende paragrafen per onderwerp verder uitgewerkt. Tijdens de quick-scan zijn er ook enkele

risico's en kansen naar voren gekomen, deze zijn niet gekwantificeerd, maar wel benoemd in een aparte paragraaf.

Een aantal zaken is in de quick-scan niet meegenomen:

- Er is vanuit gegaan dat er geen vermindering in het aantal liftbewegingen is. De verwachting is dat het gebruik van de liften door gebruik van wegwerpmaterialen niet significant minder is.
- Omdat er naar alle waarschijnlijkheid geen centrale keuken komt in het nieuwe ziekenhuis, zal in beide situaties geen vetput aanwezig zijn. Deze is daarom niet meegenomen in de berekeningen.

3.4.1 Investeringskosten Pharmafilter®

Gezien de zeer beperkte ruimte op het terrein van het toekomstig ziekenhuis locatie, en de omvang van de zuiveringsinstallatie (19 x 21 m), staat vast dat deze installatie niet op het terrein zelf gepositioneerd kan worden. Een mogelijke locatie voor het plaatsen van de Pharmafilter®-zuivering is op of direct naast de rwzi Hilversum.

Het plaatsen van de Pharmafilter®-zuivering op of bij de RWZI Hilversum heeft de volgende consequenties:

1. er moet een persleiding worden aangelegd van het ziekenhuis naar de RWZI, Voor het kruisen van de spoorlijn is een gestuurde boring nodig. De lengte van het tracé tussen het ziekenhuis en de rwzi is 1440 tot 1530 m, afhankelijk van de gekozen route (zie Figuur 9).
2. er zullen extra kosten zijn voor het plaatsen van de Pharmafilter®-zuivering op het terrein van Waternet (huur) en de afschrijving en onderhoud van de persleiding.
3. De zuiveringsheffing zal waarschijnlijk verminderen. Het aantal vervuilingseenheden (v.e.) zal vervallen, mits voldoende N- en P-verwijdering gerealiseerd kan worden.



Figuur 9. Twee mogelijke tracés van de persleiding naar de Pharmafilter®-zuivering. De oude RWZI zichtbaar op de foto is afgebroken. De nieuwe RWZI ligt op de aangegeven locatie.

De aannames voor de investeringskosten voor Pharmafilter, inclusief de plaatsing op RWZI Hilversum en voor de onderhoudskosten van de installatie zijn samengevat in Tabel 11. De kosten voor het energieverbruik van het transport van het afvalwater door de persleiding zijn niet meegenomen in de berekening. De afschrijftermijn van de Pharmafilter®-installatie bedraagt 20 jaar. Omdat de TCO wordt berekend over een evaluatieperiode van 40 jaar is na 20 jaar een herinvestering voor de zuivering meegenomen die de helft bedraagt van de oorspronkelijke investering. De verwachting is dan na 20 jaar niet de volledige installatie vervangen hoeft te worden

3.4.2 Verwijdering van N en P

Om een directe lozing van het gezuiverde afvalwater op het oppervlaktewater mogelijk te maken moet de waterkwaliteit voldoen aan de (toekomstige) eisen uit de Kaderrichtlijn Water (Totaal N < 10 mg/l N, Totaal P < 1 mg/l P). De zuivering van de rwzi is daar op ingericht. De N en P verwijdering die bereikt wordt met de standaard Pharmafilter®-zuivering is niet toereikend om om aan deze eisen te voldoen. Dit betekent dat het effluent van de Pharmafilter®-zuivering aanvullend gezuiverd moet worden, of moet worden geloosd op het influent van de rwzi. De stikstof in het effluent van de Pharmafilterzuivering is voornamelijk als nitraat aanwezig.

Extra zuivering voor verwijdering van stikstof en fosfaat kan worden opgelost met een dosering van ijzerchloride (voor fosfaatprecipitatie) en een biologische denitrificatie. Dit laatste vergt een extra substraatdosering. Hiervoor kan acetol worden gekozen. De investeringen en bedrijfsvoeringskosten voor deze doseringen bedragen volgens de schattingen van Waternet € 175.000 voor opslag en een doseerinstallatie, en € 6.000 per jaar aan chemicaliën (zie Bijlage III).

Het alternatief – invoeren op het influent van de rwzi – betekent een extra zuiveringsinspanning voor Waternet, gericht op nitraat- en fosfaatverwijdering. Daarnaast gaat de hydraulische belasting van de rwzi omhoog. Vanwege de afwijkende samenstelling van het Pharmafilter®-effluent, kan de reguliere berekeningssystematiek voor de kosten voor vervuilingseenheden niet direct worden toegepast. Waternet heeft aangegeven dat ze de extra kosten voor de toegenomen zuiveringsinspanning bij lozing op het effluent in rekening zal brengen. Hoe hoog deze kosten zijn is momenteel niet duidelijk. Voor de quick-scan is daarom toch uitgegaan van de standaardberekening voor de kosten van vervuilingseenheden³.

3.4.3 Verwerking van afval via Pharmafilter®

Door toepassing van het Pharmafilter®-concept kan er ook bespaard worden op de kosten voor afvoer van specifiek ziekenhuisafval (SZA). In de huidige situatie wordt bijna 73.000 kg SZA afgevoerd. De kosten daarvoor bedragen ongeveer 93.000 €/jaar (2012). Voor het nieuwe ziekenhuis in Hilversum is dat via de verhouding van het vloeroppervlak (0.5*7/4.5) geëxtrapolleerd. Vervolgens is aangenomen dat 10 % van het SZA op reguliere wijze

³ Een vervuilingseenheid (v.e.) is gebaseerd op de hoeveelheid zuurstof benodigd om de vervuiling van één persoon in een rwzi af te breken. Gemiddeld is dat 150 gram zuurstof per etmaal. De v.e.'s worden als volgt berekend.

$$V.E. = \frac{Q}{1000} \cdot \frac{CZV + 4,57N_{kj}}{54,8}$$

afgevoerd zal worden. Hiermee wordt de besparing op afvoerkosten voor SZA geschat op 66.900 €/jaar ten opzichte van het conventionele concept.

Ook een groot deel van het bedrijfsafval kan via de Tonto® worden afgevoerd. Hierdoor zal het volume bedrijfsafval dat via reguliere weg wordt afgevoerd afnemen. Het volume en de kosten voor het afgevoerde bedrijfsafval bedroegen in 2012 voor beide ziekenhuizen tezamen respectievelijk 492.000 kg en 74.000 €/jaar. Voor het nieuwe ziekenhuis in Hilversum is dat via de verhouding van het vloeroppervlak (0.5*7/4.5) geëxtrapoleerd. Er is aangenomen dat nog 20% via de reguliere wijze afgevoerd wordt. De overige 80% zal via het Pharmafilter® worden afgevoerd. De kostenbesparing op SZA bedraagt daarmee dan 46.800 €/jaar.

TABEL 11. INVESTERINGS- EN ONDERHOUDSKOSTEN (INCLUSIEF BTW) VOOR PHARMAFILTER® GEPLAATST OP RWZI HILVERSUM (WATERNET)

Post	Aantal	Eenheid	Bron
<i>Investeringskosten</i>			
Afkoop licentie	115.000	€	Jochem de Louw, Pharmafilter
Installatie Pharmafilter	2.360.000	€	Jochem de Louw, Pharmafilter
Opbouw en opstart	45.000	€	Jochem de Louw, Pharmafilter
Extra investering waterzuivering (N,P)	175.000	€	Stefan Mol, Waternet
Vergunning aanvraag	10.000	€	Jan Hofman, KWR
Vergunning	3,4	%	Legesvordering 2014 gemeente Hilversum
Totale investering	2.575.000	€	
<i>Investering persleiding</i>			
Afstand Tergooi naar RWZI	1500	m	Afstandmeten.nl
Persleiding, inclusief graven	250	€/m	Paul Stoelinga, Deerns
Totale kosten persleiding	275.000	€	berekend
Gestuurde boring onder spoor	80.000	€	Paul Stoelinga, Deerns
Totale investering persleiding	355.000	€	
<i>Operationele kosten</i>			
Bedrijfsvoering Pharmafilter®	60.500	€/jaar	Jochem de Louw, Pharmafilter
Kosten verwerken uitgestigt materiaal	13.000		Jochem de Louw, Pharmafilter
Extra operationele kosten waterzuivering (N,P verwijdering)	6.000	€/jaar	Stefan Mol, Waternet
Huur en onderhoudskosten aan Waternet	25.000	€/jaar	Stefan Mol, Waternet
Totale operationele kosten	104.500	€	
Vervallen lozingskosten	-40.500	€/jaar	Wim van Houdt en Hildy Treffers, Tergooi
Vermindering SZA afvoer	-66.900	€/jaar	Milieujaarverslag 2012
Vermindering bedrijfsafval	-46.800	€/jaar	Milieujaarverslag 2012
Totale besparing	-154.200	€	

Het vaste afval dat via de Tonto® wordt afgevoerd naar de Pharmafilter®-zuivering wordt daar gescheiden van het water en vervolgens in de vergister gebracht. Slechts een klein deel van het vast materiaal is te vergisten: aangenomen is dat ongeveer 10% van het afval wordt omgezet. Er blijft dus een significante hoeveelheid afval (uitgestigt slib) over. Op basis van de

afvalvolumes uit 2012 is geschat dat er 326.000 kg/jaar aan uitgestort materiaal afgevoerd moet worden. De kosten hiervoor bedragen € 40 per 1000 kg. De kostenpost voor het afvoeren van uitgestort materiaal is dan 13.000 €/jaar. Wanneer er goedkopere, niet biodegradeerbare bedpannen en urinalen worden ingezet, zal het aandeel omzetting in de vergister lager zijn en moet meer afval worden afgevoerd.

Van de kerngetallen in Tabel 11 is er een aantal nog onzeker omdat er bij een uiteindelijke aanbesteding over moet worden onderhandeld tussen de leverancier en de eindgebruiker. Daarnaast berust de prijs voor de grondhuur van Waternet op een eerste schatting. Ook deze prijs zal op termijn formeel moeten worden vastgesteld door Waternet.

De kerngetallen zoals deze nu zijn opgenomen in Tabel 11 resulteren in totale installatiekosten van € 2.575.000, dit is inclusief de additionele investering voor extra waterzuivering ten behoeve van een directe lozing op het oppervlakte water. De operationele kosten bedragen € 104.500 per jaar. De besparing bedraagt €154.200 per jaar

3.4.4 Gebruik Tonto® versus bedpan

Het gebruik van de bedpanspoeler versus Tonto® staat centraal in de scenariovergelijking tussen het conventionele systeem en het Pharmafilter®-concept in het toekomstig ziekenhuis van Hilversum. Deze twee verschillende concepten zijn vergeleken op basis van zowel de investerings- en onderhoudskosten als op basis van het milieueffect door water-, energie- en chemicaliënbesparing.

ELEMENTEN UIT HET PHARMAFILTER®-CONCEPT



Figuur 10. Links: Olla®, midden: Botta®, rechts: Tonto®

Het aantal Tonto®'s en bedpanspoelers aanwezig in het ziekenhuis hangt sterk af van het aantal afdelingen en van de logistiek op de verpleegafdeling. Aangenomen is dat het aantal bedpanspoelers zal overeenkomen met het aantal Tonto®'s. Als uitgangspunt voor de berekeningen is het aantal Tonto's of bedpanspoelers voor het nieuwe ziekenhuis vastgesteld op 24, gebaseerd op het huidige aantal bedpanspoelers en naar rato aangepast naar de nieuwbouw.

TABEL 12. KERNGETALLEN INVESTERINGS- EN ONDERHOUDSKOSTEN TONTO® EN BEDPANSPOELER

	post	Aantal	Eenheid	Bron
Tonto	Investeringskosten	20.000	€	Jochem de Louw, Pharmafilter
	Onderhoudskosten	1200	€/jaar	Jochem de Louw, Pharmafilter
	levensduur	15	Jaar	Jochem de Louw, Pharmafilter
	Aantal Tonto®'s	24	Stuks	Wim van Houdt en Hildy Treffers, Tergooi
Bedpan-spoeler	Investeringskosten	8.000	€	Wim van Houdt en Hildy Treffers, Tergooi
	Onderhoudskosten	300	€/jaar	Wim van Houdt en Hildy Treffers, Tergooi
	levensduur	15	Jaar	Wim van Houdt en Hildy Treffers, Tergooi
	Aantal bedpanspoelers	24	Stuks	Wim van Houdt en Hildy Treffers, Tergooi

Toepassing van het Pharmafilter®-concept betekent dat gebruik zal worden gemaakt van bedpannen en urinalen van biodegradeerbaar materiaal. Deze Olla®'s (bedpannen) en Botta®'s (urinalen) moeten worden ingekocht. De aannames omtrent het verwacht verbruik van Olla®'s en Botta®'s is gebaseerd op een rondvraag bij ziekenhuis Tergooi Hilversum en Blaricum, de resultaten daarvan staan in Bijlage V.

Het berekenen van de aantallen Olla®'s en Botta®'s of bedpannen, urinalen en spoelingen is gebaseerd op het aantal klinische verblijfdagen per jaar. Er zijn 132.000 klinische verblijfdagen per jaar voor de locaties Blaricum en Hilversum tezamen (milieu jaar verslag, Tergooi), Om het aantal klinische verblijfdagen in het nieuwe ziekenhuis te berekenen, is dit aantal eerst gedeeld door twee en vervolgens op basis van de verhouding van het vloeroppervlak geëxtrapoleerd naar de situatie in het nieuwe ziekenhuis. Het aantal klinische verblijfdagen in het toekomstig ziekenhuis is vastgesteld op 102.000 dagen/jaar. Deze rekensom is naar beneden afgerond, omdat de trend is dat deze lager wordt in de toekomst.

Lang niet alle patiënten die opgenomen worden in het ziekenhuis maken gebruik van bedpannen of urinalen. Uit een interview bij het verplegend ziekenhuis van ziekenhuis Tergooi, kwam naar voren dat 30% bedlegerig is (zie Bijlage V). In dit geval zou het verbruik van Olla®'s 38.000 stuks per jaar bedragen. De verbruikscijfers uit het Reinier de Graafgasthuis in Delft zijn overigens een factor drie lager. Dat betekent dat omgerekend slechts 10 % van de patiënten gebruik maakt van bedpannen of urinalen. Er is gekozen om met een gemiddelde van 20% te rekenen. Dit getal behoeft wel verdere verificatie in een vervolgstudie.

Een Botta® is vergelijkbaar met een urinaal maar kan gedurende 24 uur meermalen worden gebruikt. Omdat echter soms urine-analyse nodig is, zal de gemiddelde verbruik op 2,5 per patiënt per dag liggen. Hiermee wordt het aantal Botta®'s geschat op 0,25 stuks per dag per klinische verblijfdag ($1 \text{ stuk/dag} * 0,2 \text{ fractie bedlegerig} * 0,5 \text{ man/vrouw verhouding} * 2,5 \text{ gemiddeld-verbruik/dag}$) ofwel in totaal 25.500 per jaar.

TABEL 13. VERBRUIK VAN TONTO®, OLLA®'S EN BOTTA®'S

Post	Aantal	Eenheid	Bron
Klinische verblijfdagen	102.000	Dagen/jaar	Wim van Houdt en Hildy Treffers, Tergooi
Percentage afhankelijk	20	%	Wim van Houdt en Hildy Treffers, Tergooi
Spoelingen	40	spoelingen/tonto/dag	Jochem de Louw, Pharmafilter
Waterverbruik	8	L/spoeling	Jochem de Louw, Pharmafilter
Energieverbruik	0,11	kWh/spoeling	Jochem de Louw, Pharmafilter
Chemicaliën	0,003	L/spoeling	Jochem de Louw, Pharmafilter
Kosten chemicaliën	1,20	€/liter	Contact met BOOM Meppel B.V.
Olla gebruik	0,6	Stuk/dag/patiënt	berekening
Olla kosten	2,03	€/stuk	Jochem de Louw, Pharmafilter
Olla verbruik	61.200	Stuks/jaar	berekening
Botta gebruik	0,25	Stuk/dag/patiënt	berekening
Botta kosten	2,30	€/stuk	Jochem de Louw, Pharmafilter
Botta verbruik	25.500	Stuks/jaar	berekening

De Olla®'s (bedpannen) zijn voor eenmalig gebruik. Het gemiddelde Olla®-verbruik ligt op 1,5 stuks per dag per mannelijke patiënt en 4,5 stuks per dag voor vrouwen. Verder wordt aangenomen dat 20 % van de patiënten niet zelfstandig naar de toilet kan. Met eenzelfde

rekensom als voor de Botta[®], is dan het Olla[®] gebruik 0,6 stuks/klinische verblijfsdag. In totaal zal dus het Olla[®] verbruik 61.200 per jaar bedragen.

De operationele kerngetallen van het gebruik van Tonto[®]'s staan samengevat in Tabel 13.

Tegelijkertijd is het belangrijk om de besparing op water-, energie- en chemicaliënverbruik ten opzichte van een conventioneel ziekenhuisontwerp in kaart te brengen. Er is uitgegaan van 4 á 5 toiletmomenten per patiënt per dag en dat 20 % van de patiënten daarbij afhankelijk is van gebruik van een bedpan en/of urinaal. Met deze aannames is er in de conventionele situatie een gemiddeld verbruik van 0,90 bedpannen of urinalen per klinische verblijfsdag. Het blijkt dat er veel meer water en energie benodigd is voor de inzet van het Pharmafilter[®]-concept: op jaarbasis van respectievelijk 1.450 m³ water, 24.500 kWh energie. Het verbruik in chemicaliën nemen af met 270 L/jaar toe. De onderbouwing is vermeld in Box 1.

TABEL 14. VERBRUIK URINALEN EN BEDPANNEN IN CONVENTIONEEL ONTWERPEN ZIEKENHUIS (ZONDER PHARMAFILTER[®])

Post	Aantal	Eenheid	Bron
Klinische verblijfdagen	102.000	Dagen/jaar	Wim van Houdt en Hildy Treffers, Tergooi
Percentage afhankelijk	20	%	Wim van Houdt en Hildy Treffers, Tergooi
Aantal Urinalen/bedpannen	0,9	Stuks/dag/patiënt	Wim van Houdt en Hildy Treffers, Tergooi
Aantal po's per spoeling	1,5	stuks/spoeling	Wim van Houdt en Hildy Treffers, Tergooi
Spoelingen	140.000	spoelingen/jaar	berekening
Waterverbruik	9	L/spoeling	Wim van Houdt en Hildy Treffers, Tergooi
Energieverbruik (incl. energie voor warm water)	1,06	kWh/spoeling	Wim van Houdt en Hildy Treffers, Tergooi
Chemicaliën	0,009	L/spoeling	Sp. Met Wim van Houdt, Tergooi
Kosten chemicaliën	1,20	€/liter	Contact met BOOM Meppel B.V.

Box 1. Besparing op water, energie en chemicaliën

De berekeningen rondom het water-, energie- en chemicaliënverbruik van de Tonto[®] en de bedpanspoeler zijn gebaseerd op de gegevens in respectievelijk Tabel 13 en Tabel 14. Voor water voor beide apparaten is hieronder gegeven, met een zelfde aanpak is ook het energie en chemicaliën verbruik bepaald, waarbij het verbruik energie voor de levering van warm water (13L/spoeling) op 0.064KWh/L is gezet. De samenvatting van deze getallen staat in .

Tonto[®]:

Bij 40 spoelingen per dag bedraagt het totale waterverbruik: 2.803.000 (L/jaar) = 8 (L/spoeling) * 40 (spoelingen/dag) * 24 Tonto[®]'s * 365 (dagen/jaar). Het energieverbruik is 38.500 kWh/jaar en het chemicaliënverbruik bedraagt 1.050 L/jaar.

Bedpanspoeler:

Totale waterverbruik 1.346.000 (L/jaar) = 22 (L/spoeling) * 61.200 (spoelingen/jaar), het energieverbruik 14.076 kWh/jaar en het chemicaliënverbruik 1.320 L/jaar. Deze 61.200 spoelingen per jaar berusten op een bedpan of urinaal gebruik van 0,9 per patiënt per dag, en dat er 1,5 bedpan/urinaal tegelijk in de bedpanspoeler kan.

Besparing

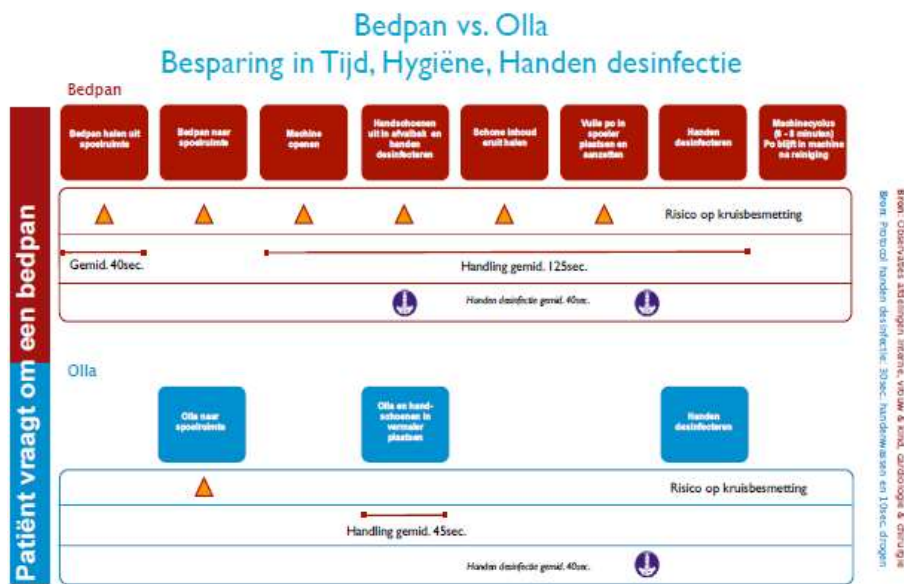
Er wordt door het inzetten van Tonto®'s alleen bespaard op chemicaliën. Het water- en energieverbruik neemt juist toe.

Water	1456 m ³ /jaar toename
Energie	24.500 kWh/jaar toename
Chemicaliën	270 L/jaar afname

3.4.5 Besparing arbeidskosten

Een van de belangrijkste drijfveren bij het ontwerp van het Pharmafilter®-concept was het verminderen van de logistieke bewegingen door verplegend personeel, met name rondom het gebruik van bedpannen en urinalen. In Figuur 11 is het werkproces en de contactmomenten met de patiënt bij het bedpan- en urinaalgebruik, en het gebruik van Olla® en Botta® schematisch weergegeven.

TIJDBESPARING DOOR GEBRUIK DISPOSABLES



Figuur 11. Schematische weergave van het proces

Het aantal transportbewegingen met bedpannen en urinalen neemt af wanneer gebruik wordt gemaakt van disposables. De disposables staan in kleine aantallen in de kast op de verpleegkamers. Voor het toepassen van disposables moet dus wel rekening worden gehouden met aanvoer van Olla®'s en Botta®'s uit het magazijn naar de afdeling. De geschatte tijdsbesparingen voor het verplegend personeel zijn samengevat in Tabel 15. Voor de huishoudelijke en facilitaire dienst wordt er 1 FTE extra vermindering verwacht.

TABEL 15. TIJDBESPARING DOOR GEBRUIK VAN OLLA® EN BOTTA®

post	Aantal	Eenheid	Bron
1 Fte	45.000	Euro/jaar	Wim van Houdt en Hildy Treffers, Tergooi
1 Fte	1536	uur/jaar	Wim van Houdt en Hildy Treffers, Tergooi
Tijdbesparing voor Olla®	2	min/olla	Wim van Houdt, Tergooi
Tijdbesparing voor Botta®	6	min/botta	Wim van Houdt, Tergooi
Aantal Olla®'s	61.200	Per jaar	
Aantal Botta®'s	25.500	Per jaar	
Totale besparing in uur	4.590	Uur	
	3	FTE	

In de TCO berekening inclusief de besparing op personeelskosten wordt in totaal 4 FTE besparing (3 verpleging + 1 logistiek) meegenomen. Of er daadwerkelijk minder personeel wordt ingezet, lijkt twijfelachtig. Wel kan gesteld worden dat de tijd die vrijkomt door het inzetten van Olla®'s en Botta®'s als extra tijd kan worden besteed aan de verpleging aan patiënten waardoor een kwaliteitsverbetering wordt gerealiseerd. Andersom geldt dat als dezelfde verhoogde kwaliteit aan het bed moet worden geleverd zonder Pharmafilter®, een hogere bezetting nodig is.

Door gebruik te maken van alternatieve materialen (bijvoorbeeld van New Compliance (www.newcompliance.nl)) kan aanzienlijk bespaard worden op de kosten voor de disposables. New Compliance maakt wegwerpmaterialen van papiervezels (vergelijkbaar met toilet papier) die tot pulp gemalen kunnen worden en via het riool kunnen worden afgevoerd. Met dit concept kan eveneens het patiëntencomfort worden verhoogd en levert een tijdbesparing bij de verpleging op.

3.4.6 Berekening Total Cost of Ownership

Op basis van de hierboven vermelde gegevens is voor een aantal scenario's de TCO berekend. Tabel 16 geeft het overzicht van de gebruikte aannames. Details over de rekenmethodiek voor de *Total Costs of Ownership* staan in Bijlage VI.

Voor de TCO berekeningen is een evaluatieperiode van 40 jaar gehanteerd. De afschrijf-termijn voor de zuivering bedraagt 20 jaar. Na 20 jaar is er een herinvestering voor het vernieuwen van delen van de zuivering. Aangenomen is dat met de herinvestering een bedrag is gemoeid dat ongeveer de helft van de oorspronkelijk investering bedraagt. Wel is rekening gehouden met inflatie. Verder worden de bedpanspoelers of Tonto®'s elke 15 jaar vervangen door nieuwe apparaten. In Figuur 12 is een overzicht van de netto contante kosten van de verschillende scenario's over de evaluatieperiode weergegeven. De TCO's voor de scenario's zijn vermeld in Tabel 17.

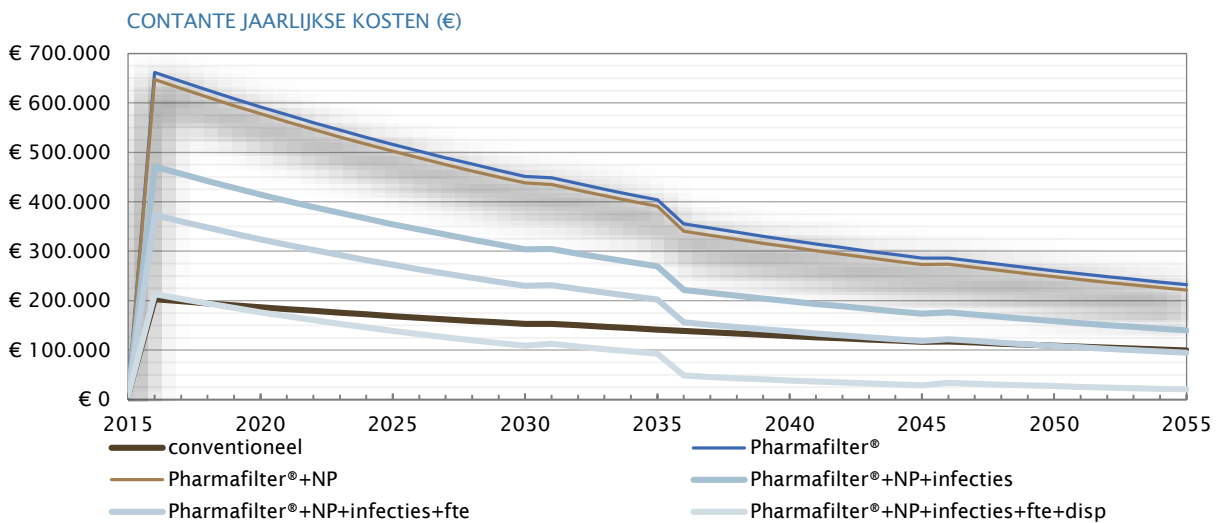
TABEL 16. OVERZICHT AANNAMES TCO-BEREKENINGEN (ALLE BEDRAGEN ZIJN INCLUSIEF BTW).

Omschrijving	Conventioneel	Pharmafilter®
Aanschaf installatie		2.360.000
Licentiekosten		115.000
Opbouw installatie		45.000
Aanleg persleiding		355.000
Vergunning persleiding		10.000
Tonto's/bedpanspoelers	192.000	480.000
Extra zuivering N,P		175.000
Chemicaliën N,P verwijdering		6.000
Bedrijfsvoering zuivering (€/jaar)		60.500
Huur waternet (€/jaar)		25.000
Tonto's/bedpanspoelers		
Levensduur (jaar)	15	15
Onderhoud per tonto/spoeler (€/jaar)	300	1.200
Verbruik water per spoeling (Liter)	22	8
Verbruik Electra per spoeling (kWh)	0,23	0,11
Verbruik Gas (warm water) per spoeling (m³)	0,095	
Verbruik Chemicaliën per spoeling (Liter à €1,20)	0,02	0,003
Verbruik Olla's (stuks) à €2.03 ¹		125.000
Verbruik Botta's (stuks) à €2.30 ¹		58.650
Totale kosten gebruik Tonto®/bedpanspoeler (€/jaar)	24.100	237.100
Lozingsheffing (€/jaar)	40.500	0
SZA heffing (€/jaar)	66.900	0
Bedrijfsafval afvoer heffing (€/jaar)	46.800	0
Kosten uitgesteerd materiaal (€/jaar)	0	13.000
Tijdbesparing logistiek (FTE)	0	1
Tijdbesparing logistiek (€/jaar)	0	45.000
Tijdbesparing verpleging (FTE)	0	3
Tijdbesparing verpleging (€/jaar)	0	135.000
Besparing door vermeden infecties (€/jaar)	0	100.000

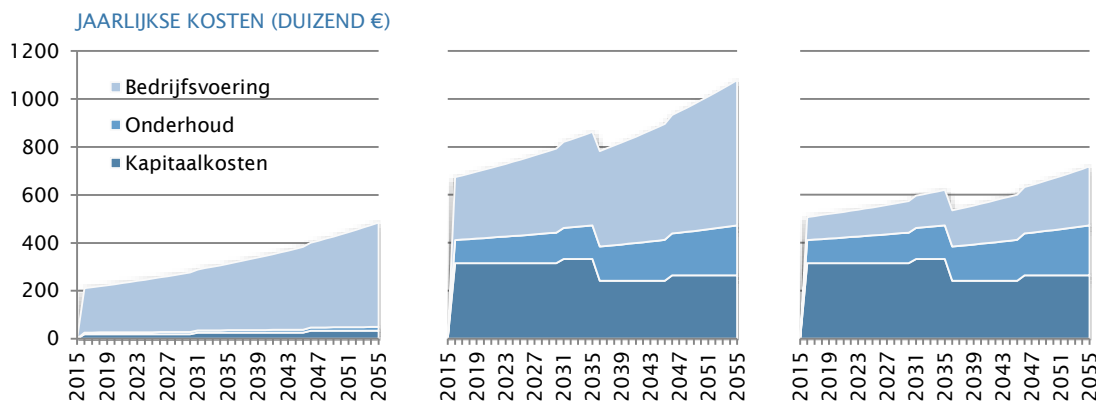
¹ Voor de berekening met alternatieve disposables (optie 6 op pagina 35) is een prijs van € 0,22 per stuk gehanteerd.

TABEL 17. OVERZICHT TOTAL COST OF OWNERSHIP VOOR PHARMAFILTER® OPTIES (MILJOEN €)

Scenario	TCO	Voorbereidingskosten	Kapitaalkosten	Onderhoudskosten	Bedrijfsvoeringskosten	Besparing
Conventioneel	8,4	0,01	0,9	0,4	11,6	0
Pharmafilter	23,1	0,01	10,9	5,5	18,5	0
Pharmafilter + NP	22,3	0,01	11,4	5,8	16,3	0
Pharmafilter + NP + FTE	15,1	0,01	11,4	5,8	16,3	11,1
Pharmafilter + NP + FTE + infectie	11,1	0,01	11,4	5,8	16,3	17,2
Pharmafilter+ NP + FTE + infecties + disposables	4,6	0,01	11,4	5,8	6,3	17,2



Figuur 12. Contante waarde van de kosten in de tijd voor het conventioneel scenario en verschillende Pharmafilter® opties.



Figuur 13. Jaarlijkse kosten: Links: conventioneel, Midden: Pharmafilter®, inclusief N,P-verwijdering en kostenbesparing op personeel en door vermeden infecties, Rechts: idem, maar met goedkope disposables.

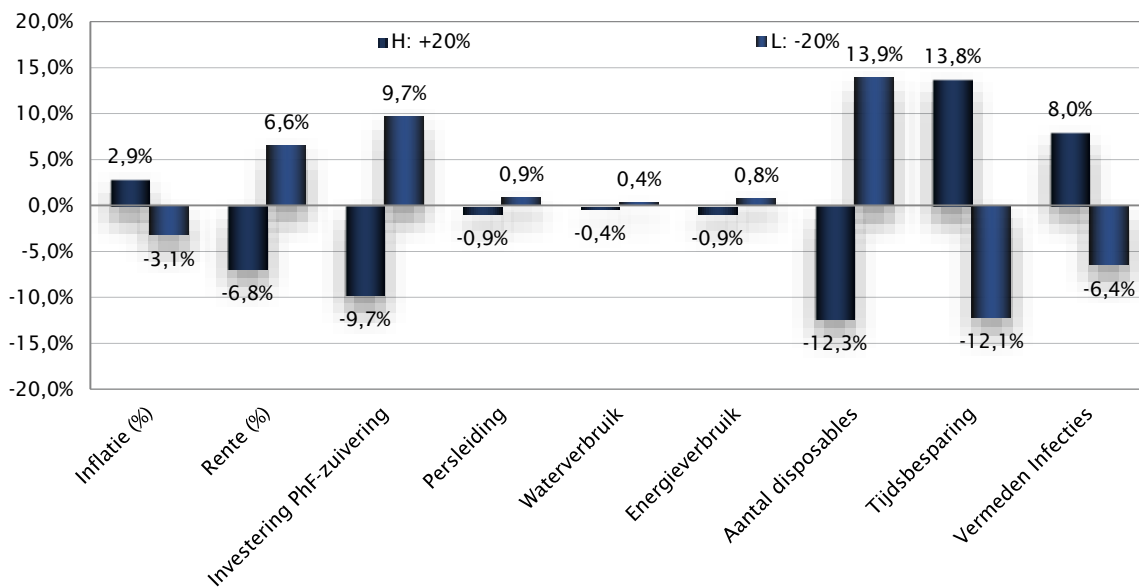
Indien besparingen door minder personeelsinzet in verpleging en logistiek, vermeden infecties en een goedkopere disposables worden meegerekend, is de business case van het Pharmafilter®-concept financieel gunstiger is dan het conventionele concept (bedpanspoeler). Ook het scenario waarin de standaard Olla®'s en Botta®'s worden ingezet lijkt op langere termijn kosteneffectief te zijn.

3.4.7 Gevoeligheidsanalyse

Om de afhankelijkheid van de TCO van een aantal parameters te kunnen schatten is een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd. Als standaard is de TCO genomen voor de uitvoering van een Pharmafilter® met additionele zuivering voor N en P en kostenvoordeel door tijdsbesparing en vermeden infecties. Hierbij zijn de uitgangspunten zoals vermeld in Tabel 17 gebruikt als basis. De parameters zijn elk met 20 % verlaagd en verhoogd, waarna vervolgens het effect voor de TCO is berekend. Het aantal disposables (Olla®'s en Botta®'s) is met 20% verhoogd of verlaagd door het aandeel patiënten dat gebruik maakt van deze materialen met 20 % te verhogen of te verlagen.

De resultaten in Figuur 14 geven aan dat de berekende TCO een sterke gevoeligheid heeft voor een aantal parameters. Met name het gebruik van disposables en de omvang van de tijdsbesparing in de verpleging en bij de logistieke processen is van belang. Deze parameters zijn op basis van de huidige praktijk bij Tergooi zo goed mogelijk ingeschat, maar de schattingen hebben nog een relatief grote onzekerheid. Daarnaast is de hoogte van de investeringskosten voor de zuiveringsinstallatie, de rente op de investeringen en het aantal vermeden infecties van belang. Verder valt op dat de investering voor de persleiding nauwelijks effect heeft op de uiteindelijk TCO, en dat het effect van water- en energieverbruik van de Tonto®'s te verwaarlozen is.

VERANDERING VAN DE TCO TEN OPZICHTE VAN STANDAARD (%)



Figuur 14. Verandering van de TCO bij een variatie van 20% in de parameters. Uitgangspunt is de TCO-berekening voor het Pharmafilter® inclusief N,P verwijdering en kostenbesparing op de processen in het ziekenhuis en door vermeden infecties.

3.5 Risico's en kansen

3.5.1 Risico's

Samenwerking Tergooi, Pharmafilter en Waternet

Doordat de Pharmafilter® zuiveringsinstallatie op de RWZI Hilversum geplaatst dient te worden, is het van cruciaal belang dat de organisatorische aspecten rondom de installatie, zoals de aanvoer en samenstelling van het afvalwater, de afvoer van het uitgestort slib en het lozen van het effluent, goed worden geregeld. Er dienen goede afspraken over eigendommen van installaties, overdrachtspunten, calamiteiten, redundantie en reservevoorzieningen te worden gemaakt. Ook de taken, verantwoordelijkheden en bevoegdheden van de stakeholders dienen te worden bepaald en vastgelegd. Ten slotte zullen financiële afspraken over de geleverde diensten moeten worden gemaakt.

Onderhoud van transport systeem Pharmafilter®-concept

Centraal in het Pharmafilter®-concept is het gebruik van de Tonto®'s voor het vermalen en afvoeren van gebruikte bedpannen, urinalen en ander afval. Een storing van deze Tonto®'s kan dan ook grote gevolgen hebben. Het omwisselen van een defecte Tonto® kost ongeveer

15 minuten (STOWA, 2012). Het is cruciaal dat er tenminste één reserve Tonto® beschikbaar is in het ziekenhuis.

Omdat de Tonto®'s worden aangesloten op een normale binnenhuisriolering, krijgt deze met grover materiaal te maken. De praktijk laat zien dat de korrelgrootte van het vermalen materiaal zodanig is dat het transport goed blijft verlopen en er geen extra slijtage aan het leidingwerk optreedt (STOWA, 2012). Echter omdat in het ziekenhuis waarschijnlijk ook een aantal lange verticale stortleidingen die eindigen in een haakse bocht, is slijtage door de vaste delen, met name in deze bocht niet uit te sluiten. De mate en snelheid van slijtage hangt uiteraard ook samen met het gebruikte leidingmateriaal. Het is belangrijk bij het ontwerpen van het ziekenhuis en de binnenhuisriolering, dat deze risicopunten (bochten), makkelijk toegankelijk zijn, zodat het indien nodig snel vervangen kan worden. Het STOWA rapport (2012) adviseert een hoek van 90° te splitsen in twee hoeken van 45° met minimaal 250 mm ertussen. Bovendien is het voorkomen van 'dode hoeken' van belang om ophoping van materiaal te voorkomen.

3.5.2 Kansen

Milieubelasting

Door een verminderd verbruik van water, elektra en chemicaliën in het Pharmafilter®-concept ten opzichte van de conventionele bedpanspoeler is er ook in termen van duurzaamheid veel te winnen. In een vervolgstudie zou met een levenscyclus analyse (LCA) van het Pharmafilter®-concept de verbetering in termen van duurzaamheid kunnen worden gekwantificeerd.

Synergie met afvalwaterzuivering

Door de plaatsing van de Pharmafilter®-zuiveringsinstallatie op RWZI Hilversum zijn additionele synergievoordelen denkbaar door koppeling van beide zuiveringen. Een mogelijk voordeel van het plaatsen van de installatie op locatie bij Waternet, is het gecombineerd behandelen van het afvalmateriaal. Mogelijkwerwijs kan ook de overgebleven ozon uit de Pharmafilter®-zuivering hergebruikt worden op de RWZI Hilversum, waardoor de doelmatigheid van de zuivering van Waternet kan verbeteren. De mogelijke synergievoordelen voor de combinatie van de RWZI met de Pharmafilter®-zuivering verdienen nader onderzoek

Gebruik van alternatieve wegwerpmaterialen

Uit de gevoeligheidsanalyse komt naar voren dat de prijs van de gebruikte disposables van grote invloed is op de TCO. Het gebruik van Olla®'s en Botta®'s vormt ruim 60% van de bedrijfsvoeringskosten. De TCO kan dan worden verlaagd van 11,1 naar 4,6 miljoen Euro, een daling van 59%.

Vermindering infecties

Door Pharmafilter wordt de vermindering van infecties als een van de grootste kostenbesparingen aangegeven. Dit wordt ook benadrukt in het evaluatierapport Pharmafilter door STOWA (2012). Het aantal infecties opgelopen in het ziekenhuis, anders dan op de operatiekamer (want deze besmetting type word niet verminderd), is vrijwel niet vast te stellen, en daarom ook niet meegenomen in deze TCO berekening. Wel is het aantal contact momenten met besmet materiaal, zoals de bedpan en de urinaal, sterk gereduceerd.

De TCO wordt fors verlaagd als de kostenpost 'afname infectiepreventie' in rekening wordt gebracht. Volgens Pharmafilter bedraagt deze winst 99.000 €/jaar. Het is dus van groot belang in te schatten hoeveel infecties er per jaar plaatsvindt door contact via besmette

bedpannen e.d., wat de kosten zijn, en hoeveel daarvan daadwerkelijk verminderd zal worden door het gebruik van Olla®'s en Botta®'s.

Verbetering kwaliteit van de zorg

Het proces rondom het gebruik van bedpannen wordt veelal als de vervelendste taak benoemd door het verplegend personeel. Het gebruik van disposables zorgt dat dit proces eenvoudiger kan worden afgehandeld. Ook voor de patiënt is het gebruik van disposables gemakkelijker omdat deze meer binnen handbereik liggen dan de bedpannen, en het materiaal als "warmer" wordt ervaren. De tijd die nu extra ter beschikking komt zal niet leiden tot minder personeel, maar kan wel de kwaliteit van de zorg verbeteren.

3.6 Hergebruik gezuiverd afvalwater

3.6.1 Inleiding

Door de inzet van het Pharmafilter®-concept bij het nieuwe ziekenhuis Tergooi, ontstaat gereinigd (grijs) water dat hergebruikt kan worden. Door hergebruik van dit water in het nieuwe ziekenhuis, kan bespaard worden op de kosten voor inkoop van drinkwater, kan mogelijk op de kosten van proceswaterbehandeling en/of -lozing worden bespaard, en kunnen mogelijk extra BREEAM®-punten worden behaald.

Omdat de Pharmafilter®-zuivering geplaatst wordt op het terrein van de rwzi Hilversum is voor de inzet van dit water in ieder geval een retourleiding nodig. Voor distributie van het grijs water binnen het ziekenhuis is een separate hydrofoorinstallatie en – afhankelijk van de gebruiksdoelen – een extra intern distributienet voor grijs water nodig.

Het doel van deze indicatieve uitwerking van de business case is om inzicht te krijgen in de (financiële) haalbaarheid van de teruglevering van effluent van het Pharmafilter als grijs water bij het nieuwe Tergooi.

3.6.2 Analyse

Het afvalwater van het ziekenhuis wordt in de Pharmafilter®-zuivering behandeld met een membraanbioreactor, een ozonisatie en als laatste zuiveringsstap actieve koolfiltratie. Het gezuiverde effluent is biologisch stabiel en heeft een kwaliteit die bijna vergelijkbaar is met drinkwater. De kwaliteit van het effluent is echter niet gegarandeerd en voldoet daarom niet aan de eisen uit de Drinkwaterwet (artikel 1 en 4).

Conform de richtlijnen van het *Committee of Experts on Quality and Safety Standards in Pharmaceutical Practices and Pharmaceutical Care* (CD-P-PH/PC) van het *European Directorate for the Quality of Medicines & Health Care* [bron: EPDM] is voor veel doeleinden in het ziekenhuis drinkwater vereist.

Het Drinkwaterbesluit 2011 laat bovendien alleen op daken opvangen hemelwater toe als grijs water, met toiletspoeling als enig mogelijke toepassing. Voor speciale toepassingen biedt het Besluit echter ook ontheffingsmogelijkheden.

Verwacht wordt dat het nieuwe ziekenhuis in Hilversum circa 120 m³ afvalwater per dag zal gaan lozen, afhankelijk van welke maatregelen definitief gerealiseerd worden (Tabel 7). Na het doorlopen van de Pharmafilter®-zuivering komt eenzelfde hoeveelheid (ca. 100 m³/dag) grijs water beschikbaar voor teruglevering.

Zonder verdere voorbehandeling, of hooguit met een eenvoudige aanvullende desinfectiestap, zou het terug te leveren grijs water ingezet kunnen worden voor:

- Groenvoorziening
- Buitenramen wassen
- Wassen ambulances
- Toiletspoeling
- Spoelwater voor Tonto®'s

Een additionele desinfectiestap kan nodig zijn omdat de toepassing van grijs water zoals hierboven genoemd aanleiding kunnen vormen voor blootstelling aan aerosolen en de daaraan gekoppelde microbiologische infectierisico's⁴. Of een extra desinfectiestap na de ozonisatie in de Pharmafilter®-zuivering nog nodig is, zal onderzocht moeten worden.

Hiermee zou een besparing op de inkoopkosten van drinkwater bereikt kunnen worden. Uit de waterbalans van het nieuwe ziekenhuis (Figuur 7) blijkt dat voor deze doeleinden bij benadering de hoeveelheden water verbruikt worden zoals vermeld in het overzicht in Tabel 18. De vermelde gegevens zijn gemiddelde dagverbruiken. Voor het wassen van de buitenramen geeft een gemiddeld dagverbruik echter een vertekend beeld: ramen wassen vindt immers maar enkele dagen per jaar plaats.

In de derde kolom van Tabel 18 staat vermeld welke kosten deze waterstroom vertegenwoordigd, gebaseerd op de huidige inkoopprijs voor drinkwater bij Vitens: € 1,15/m³. De heffing voor de lozing van het huidige afvalwater is gebaseerd op het waterverbruik. Door op de inkoop te besparen wordt deze heffing verlaagd. Hierbij is aangenomen dat door het hergebruiken van het grijs water, de lozing niet in een hogere afvalwaterklasse (vervuilingsklasse) valt. Als dit wel het geval is, dan zal het financiële voordeel wijzigen. Bovendien zijn de kosten van de te betalen heffing momenteel nog ongewis, omdat deze ook mede afhangt van de afspraken die gemaakt moeten gaan worden tussen Tergooi en Waternet bij realisatie van het Pharmafilter®. Daarom is in onderstaande tabel het kostenvoordeel op de heffing uitsluitend gebaseerd op besparing in de huidige situatie.

TABEL 18. KANSEN INZET EFFLUENT PHARMAFILTER

gebruiksdoel	Hoeveelheid (m ³ /etmaal)	Besparing op inkoop leidingwater (€/jaar)	Besparing op de lozingsheffing (€/jaar)	Totale besparing (€/jaar)
groenvoorziening	PM (onbekend)	PM	Nvt*	PM
wassen buitenramen	1	420	Nvt*	420
wassen ambulances	0,13	55	40	100
Toiletspoeling patiëntenkamers en overige	27 (11+16)	11.300	8.000	19.300
spoelwater Tonto®'s	3,8	1.600	1.100	2.700
Totaal	32	13.400	9.100	Ca. 22.500

⁴ G.J. Medema, A. Brouwer, M. de Graaf (1999), *Microbiologische veiligheid van huishoudwater; voor toepassing toilet, wassen kleding en buitenkraan*, Rapport Kiwa Water Research SWE 99.010

Voor de inzet van grijs water afkomstig van het Pharmafilter® is in ieder geval een retourleiding nodig. Voor distributie van het grijs water binnen het gebouw is een hydrofoorinstallatie en – afhankelijk van de gebruiksdoelen – een extra distributienet nodig.

3.6.3 Overwegingen

Grijs water voor groenvoorziening, buitenramen en wassen ambulances

Voor de gebruiksdoelen groenvoorziening, buitenramen wassen en het wassen van ambulances, waarbij de inzet van grijs water met een eventuele eenvoudige aanvullende desinfectie kan plaatsvinden, is het vermoedelijk voldoende om slechts één tappunt te realiseren. De aanleg en het beheer van een uitgebreid distributienet in het nieuwe ziekenhuis is dan niet nodig. Zowel de omvang (totaal gemiddeld < 2 m³/dag) als de financiële kostenbesparing (ca. € 1.000,- per jaar) rechtvaardigen de aanleg van een retourleiding voor het grijs water over ca. 1.100 meter niet.

Toiletspoeling en Tonto®'s

Zonder aanvullende waterzuiveringsstappen kan het grijs water ook ingezet worden voor toiletspoeling in patiëntenkamers, personeelsruimten en bij de bezoekerstoiletten. Ook kan het grijs water als spoelwater voor de Tonto®'s worden gebruikt. Zowel de toiletten als ook de Tonto®'s staan verspreid over de gehele nieuwbouw, zodat een grijs water distributienet aangelegd en beheerd moet worden.

De kosten voor een distributienet per verdieping zijn vergelijkbaar met de kosten voor een koud waternet (zie paragraaf 5.5.7). Per verdieping is dat een bedrag van € 25.000. Voor het totale nieuwe ziekenhuis zal een grijs water distributienet al snel in de orde van grootte van € 500.000 kosten.

Het aanleggen van de retourleiding kan gelijktijdig met de aanleg van de persleiding voor het afvalwater plaatsvinden. De extra investeringen zijn daarmee beperkt, omdat het graafwerk en straatwerk toch gebeuren moet. Uiteraard zijn er wel extra kosten voor leidingmaterialen en appendages. Geschat wordt dat de extra investering voor een retourleiding ruwweg rond € 50.000 zal liggen.

Gezien de besparing op inkoop van leidingwater (ca. 30 m³/dag) en de kostenbesparing op inkoop van leidingwater en de lozing van afvalwater (totaal ca. € 22.000,-/jaar) is dit kostentechnisch geen realistische business case, rekening houdend met de kosten van de retourleiding en de benodigde hydrofoorinstallatie.

Ook bij combinatie van de gebruiksdoelen waarvoor de inzet van grijs water zonder aanvullende zuiveringseisen mogelijk is, met of zonder grijs water distributienet, ontstaat geen noemenswaardig kostenvoordeel. Dit omdat de kosten van de aanleg van de retourleiding en de hydrofoorinstallatie niet opwegen tegen de besparing op de kosten van water (ca. € 22.500,-/jaar).

Voeding RO installaties

Gezien de zuiveringsstappen in het Pharmafilter® zou ook overwogen kunnen worden om het grijs water direct in te zetten voor de gebruiksdoelen achter de RO-installaties. Hierdoor zou het financiële voordeel significant toenemen, omdat hiermee zowel de aankoop van de RO-installaties, het leidingwatergebruik als ook de kosten van het beheer en onderhoud van de RO-installaties komt te vervallen.

De gebruiksdoelen van het RO-water zijn: laboratorium, autoclaven, CSA en het klinisch chemisch lab. Voor deze specifieke toepassingen gelden strikte kwaliteitseisen. Volgens de genoemde richtlijnen van de *European Directorate for the Quality of Medicines & Health Care* mag alleen drinkwater voor deze toepassingen worden ingezet.

Hierdoor komt deze optie voor de inzet van grijs water voor RO-water gebruiksdoeleinden dus te vervallen. Overigens bedraagt het gemiddelde waterverbruik voor deze specifieke toepassingen minder dan 10 m³/dag, waardoor dit ook geen financieel aantrekkelijk business case zal opleveren.

3.7 Conclusie

De TCO berekeningen laten zien dat de kans groot is dat voor het Pharmafilter®-concept een sluitende business case kan worden gerealiseerd. Daarvoor moeten dan besparingen in het proces op de verpleegafdelingen en vermeden infecties worden meegerekend. Daarnaast kunnen verdere kosten worden bespaard door gebruik te maken van goedkope kartonnen disposables. Het Pharmafilter®-concept zorgt bovendien voor de verwijdering van geneesmiddelenresten uit het afvalwater, waardoor het systeem toekomstbestendig is.

In een eventuele vervolgstudie, zou het vaststellen van het daadwerkelijk aantal benodigde disposables, de tijdsbesparing in het proces op de verpleegafdelingen en de infectierisico 's beter in kaart gebracht moeten worden.

4 Parkeergarage als warmtewisselaar

Auteurs: Martin Bloemendal, Joris van Dorp, Antonin van de Bree, Wim van Houdt

4.1 Parkeergarage als warmtewisselaar – het concept

Op de locatie Hilversum van Tergooi ziekenhuizen wordt een nieuw ziekenhuis ontwikkeld. De gebouwen van het nieuwe ziekenhuis komen ten zuiden van het huidige ziekenhuis. Het nieuwe ziekenhuis maakt deel uit van het zorgpark Monnikenberg. In Figuur 15 is het ziekenhuis in de geplande situatie voor het zorgpark weergegeven; de parkeergarage staat in de zuidwestelijke hoek.

PLAN MONNIKENBERG



Figuur 15. Geplande ontwikkeling zorgpark Monnikenberg [Tergooi].

Volgens de verwachte jaarlijkse energiebalans voor verwarmen en koelen van het nieuwe ziekenhuis is er een warmteoverschot. Er zijn droge koelers (DK) voorzien om in de wintermaanden warmte aan de buitenlucht af te geven en koelcapaciteit op te slaan in de Warmte-Koude Opslag (WKO). Op deze manier wordt voorzien in duurzame koeling, door winterkoude tijdelijk in de bodem op te slaan.

Nadelen van DK's zijn dat ze hoge onderhoudskosten vragen, veel ruimte op het dak innemen en aanvullende maatregelen vragen om geluidsoverlast te beperken.

DK's bewerkstelligen de overdracht van thermische energie tussen de buitenlucht en een koudemiddel met arbeid. De overdracht van thermische energie aan de buitenlucht kan ook worden bereikt zonder arbeid (passief). Er is dan echter een groot contactoppervlak voor de warmteuitwisseling nodig. De parkeergarage bij het nieuwe ziekenhuis krijgt een open

constructie en zes parkeerlagen, waardoor er een groot oppervlak beschikbaar is op het terrein van het ziekenhuis. De vraag is gerezen of de parkeergarage kan worden gebruikt in plaats van, of naast DK's, om de gewenste hoeveelheid warmte aan de buitenlucht af te geven en het koelend vermogen van de WKO "op te laden".

In dit hoofdstuk is gekwantificeerd in hoeverre de parkeergarage kan worden toegepast als warmtewisselaar voor duurzame koeling. Uit deze quick-scan moet duidelijk worden of het technisch mogelijk en financieel haalbaar is om de parkeergarage in te zetten als regeneratievoorziening voor de WKO.

Onafhankelijk van het systeemconcept in het gebouw wordt er gekeken wat de parkeergarage kan opbrengen. Afhankelijk van de uitkomsten van deze quick-scan wordt in een vervolgfase bekeken hoe de parkeergarage hydraulisch en regeltechnisch kan worden ingepast.

4.1.1 Onderzoeksvragen en aanpak quick-scan

Het is de bedoeling om in de winter koude in te vangen en op te slaan in de bodem via een op vloerverwarming lijkend leidingstelsel, gemonteerd op of in de constructie van de parkeergarage. Omdat de parkeergarage een open ontwerp heeft met weinig verticale oppervlakken wordt in eerste instantie uitgegaan van de benutting van de horizontale oppervlakken waarmee de warmte wordt afgegeven aan de buitenlucht.

De onderzoeksvragen, die in de quick-scan moeten worden beantwoord, zijn:

- Welke koelcapaciteit kan gerealiseerd worden in de parkeergarage?
- Wat is de Total Cost of Ownership van een DK-systeem in vergelijking met de parkeergarage als warmtewisselaar?

4.2 Technische haalbaarheid

4.2.1 Mediumtemperatuur en geschikte buitenluchtcondities

In deze paragraaf zijn de randvoorwaarden in buitenlucht en temperatuurtrajecten van het koudemEDIUM behandeld.

Uitgangspunten temperatuurtraject koudemEDIUM

- De ingaande en uitgaande watertemperatuur wordt gesteld op respectievelijk 14°C en 4°C. Er wordt uitgegaan van een debietregeling in de warmtewisselaar die stuurt op de genoemde uitgaande watertemperatuur⁵
- In deze verkenning wordt voor de berekeningen voornamelijk uitgegaan van de thermische eigenschappen van water als koelmedium.
- De koelcapaciteit van de parkeergarage wordt volledig bepaald door het aantal uren dat de buitenluchttemperatuur lager is dan 4°C.

Klimatologische omstandigheden

Buitenluchttemperatuur en windcondities zijn vastgesteld op basis van waarnemingen voor elk uur in de periode van het jaar 2001 t/m 2010 door het KNMI op het dichtstbijzijnde weerstation de Bilt [KNMI, 2011].

⁵ Omdat traagheid wordt verwaarloosd (zie §2.2.) kan het systeem in de berekening warmte afgeven zolang de buitentemperatuur kleiner is dan 4°C. Boven die temperatuur wordt het systeem in de berekening geacht niet in bedrijf te zijn.

De resultaten voor de hoeveelheid warmte die het systeem kan afgeven, zijn over de hele periode bepaald en gedeeld door 10, zodat een gemiddelde prestatie op jaarbasis wordt verkregen voor de periode 2001 t/m 2010. Binnen deze periode zijn er afhankelijk van de actuele weerscondities uiteraard minder gunstige jaren en gunstigere jaren. De resultaten voor het 'warmste' en het 'koudste' jaar (respectievelijk 2007 en 2010) zijn daarom in Tabel 19 apart gemarkeerd om een indruk te krijgen van de extremen.

TABEL 19. GRAADUREN DE BILT [KNMI]

jaar	graaduren <4°C	graaduren <4°C, 22:00 tot 07:00	opbrengst factor	graaduren 4 uur lang <4°C, 22:00 tot 07:00	opbrengst factor
2001	5813	2968	51%	2628	45%
2002	4299	2223	52%	1787	42%
2003	6882	3817	55%	3149	46%
2004	5179	2850	55%	2439	47%
2005	5023	2478	49%	2252	45%
2006	5540	2925	53%	2692	49%
2007*	1 3153	2 1691	3 54%	4 1391	5 44%
2008	4447	2438	55%	1959	44%
2009	6315	3070	49%	2760	44%
2010^	6 11303	7 5110	8 45%	9 4787	10 42%

* Warmste jaar in dataserie, ^ Koudste jaar in dataserie

In Tabel 19 is te zien is dat alleen 's nacht koelen zorgt voor een vermindering van de potentiële koudeopbrengst (100 %) met ongeveer 45% tot 55 %. Het alleen koelen gedurende uren wanneer het al vier uur lang kouder dan 4°C geweest is en nog vier uur lang kouder dan 4°C blijft, zorgt voor een vermindering van de koudeopbrengst met ongeveer 55% (100 - 45 %)

Wind

De oriëntatie van de parkeergarage is zodanig dat de langste kant loodrecht op de noordoost-zuidwest as staat. De parkeergarage staat in een bosrijk gebied. De bomen rijken tot de hoogste etage van de parkeergarage. De bomen hebben daardoor een effect op de verversingsgraad van de lucht in de parkeergarage door de wind.

Uit KNMI-data van de Bilt van 2001-2010 blijkt dat het per jaar circa 642 uur uit het noordoosten of zuidwesten waait terwijl het 4 graden of kouder is. De gemiddelde windsnelheid tijdens die uren is 1,5 m/s. Het effect van de bomen rondom de parkeergarage op de windsnelheid is onbekend. Veiligheidshalve wordt uitgegaan van een gemiddelde afname van de windsnelheid met 33%, zodat we rekenen met 1 m/s. Bij een vrije hoogte van 2,6 m en afmetingen van de parkeergarage van 100x42 m is wordt de lucht volledig ververs in minder dan 2 minuten. Er kan dus worden aangenomen dat de temperatuur in de parkeergarage gelijk is aan de temperatuur van de buitenlucht.

4.2.2 Vaststellen specifiek uitwisselingsvermogen

In deze paragraaf wordt een inschatting gedaan van het specifiek uitwisselingsvermogen van een warmtewisselaar in het parkeerdek. Het specifieke uitwisselingsvermogen is de hoeveelheid thermische energie die per m² wisselaaroppervlak bij een bepaald temperatuurtraject kan worden uitgewisseld tussen koudemEDIUM en de buitenlucht.

Uitgangspunten

- De thermische traagheid van de constructie is (voorlopig) verwaarloosd. Dit introduceert een fout in het resultaat maar op jaarbasis wordt deze fout naar verwachting grotendeels uitgemiddeld. In een eventuele vervolgfase kan de traagheid van de constructie zo nodig worden meegenomen.
- Het warmteafgiftesysteem wordt uitgevoerd als standaard vloerverwarmingsysteem met leidingdiameter 20 mm in een 50 mm dekvloer met daarin de leidingen op een afstand 'hart-op-hart' van 15 cm, of als vloerverwarmingsysteem gemonteerd aan het plafond in de buitenlucht.

Bepaling specifiek uitwisselingsvermogen op basis van kentallen voor vloerverwarming

De warmteafgifte van het water in de leidingen naar de buitenlucht is bepaald op basis van de gemiddelde warmteoverdrachtscoëfficiënt die geldt voor standaard vloerverwarmingsystemen zoals beschreven in de uitgangspunten. De warmteoverdrachtscoëfficiënt is voor deze verkenning gedefinieerd als het afgegeven vermogen per m leidinglengte per graad temperatuurverschil tussen de gemiddelde temperatuur van het water en de buitenlucht. Aan de hand van (omrekening van) prestatiegegevens van een leverancier van vloerverwarmingsystemen (WTH) blijkt deze warmteoverdracht ongeveer 0,85 W/mK (per m leidinglengte) te zijn voor situaties met beperkte luchtstroming zoals in een woning. Voor situaties in de buitenlucht waar meer luchtstroming is en dus een betere warmteoverdracht wordt dit getal gecorrigeerd naar 1,13 W/mK op basis van warmteoverdracht van een horizontaal oppervlak naar de buitenlucht van gemiddeld 25 W/m²K.

Bepaling specifiek uitwisselingsvermogen met theoretische benadering

Op basis van literatuurgegevens over vloerverwarming en betonkernactivering is een maximale capaciteit van 25 W/m² zeer aannemelijk⁶. Aanvullende berekeningen zijn uitgevoerd onder de volgende aannames:

- Water/glycol-voerende leidingen zijn opgenomen in de vloeren van de parkeergarage op een 'diepte' (d) van 30 mm (met een dekking van 20 mm boven de leidingen).
- Het toegepaste beton heeft een warmtegeleidingscoëfficiënt (λ) van 1,8 W/mK⁷
- Op een diepte van 30 mm in het beton is een vlak aanwezig met een constante temperatuur die overeenkomt met het gemiddelde van de aan- en afvoertemperatuur: 9 °C (T_{buis}). Dit impliceert afkoeling van de warme bron met een temperatuur van 12 tot 14 °C.
- De temperatuur van de buitenlucht is 0 tot 4 °C (T_{lucht}), zodat het totale (gemiddelde) temperatuurverschil (ΔT_{tot}) tussen de buitenlucht en het vlak met de leidingen 5-9 °K bedraagt.
- Het systeem is in een stationaire bedrijfssituatie
- Luchtsnelheid is 1 m/s (zie paragraaf 4.2.1)
- De warmteweerstand (R) van de betonlaag bedraagt $d / \lambda = 0,017 \text{ m}^2\text{K/W}$. De totale warmteweerstand (R_{tot}) tussen water/glycol-voerende laag en de lucht bedraagt $1/10,2 + 0,017 = 0,115 \text{ m}^2\text{K/W}$.

In een stationaire situatie speelt de temperatuur van het betonoppervlak geen rol. Bij een luchtsnelheid van 1,0 m/s geldt daarbij dat de overdracht coëfficiënt $\alpha_{ruw} = 10,2 \text{ W/m}^2\text{K}$ is⁸.

⁶ ISSO 49 / EN 1264 (koeling)

⁷ Asfalt heeft een lagere geleidingscoëfficiënt (0,75), dus bij toepassing van een asfalt rijdek moet het specifiekuitwisselingsvermogen naar beneden worden gecorrigeerd.

⁸ Polytechnisch Zakboek, Klimaatregeling en leidingsystemen G1, 1.4
Warmteoverdrachtscoëfficiënt (gedwongen convectie, $v \leq 5 \text{ m/s}$)

Het temperatuurverschil tussen de lucht en het betonoppervlak ($T_{lucht-opp}$) kan als volgt worden berekend:

$$\Delta T_{lucht-opp} = \frac{\Delta T_{tot}}{\alpha_{ruw} \cdot R_{tot}}$$

Met:

$$R_{tot} = \frac{1}{\alpha_{ruw}} + \frac{d}{\lambda}, \quad \Delta T_{tot} = T_{buis} - T_{lucht}$$

Het temperatuurverschil tussen de lucht en het betonoppervlak is bepalend voor de warmteafgifte. Het warmteafgifte-vermogen (P in W/m^2) wordt als volgt bepaald:

$$P = \alpha_{ruw} \cdot \Delta T_{lucht-opp} = \frac{\Delta T_{tot}}{R_{tot}}$$

Het totale (gemiddelde) temperatuurverschil (ΔT_{tot}) bedraagt 5-9 K. Het (gemiddelde) temperatuurverschil tussen de lucht en het betonoppervlak $\Delta T_{lucht-opp}$ bedraagt dan: $5/(10,2 \cdot 0,115)$ tot $9/(10,2 \cdot 0,115) = 4,3$ tot $7,7$ K. Het warmteafgifte-vermogen (P) ligt dan op 44 tot $78 W/m^2$. Bij halvering van de luchtsnelheid ($v_{lucht}=0,5$ m/s) wordt het vermogen: 30 tot $54 W/m^2$.

Als het temperatuurverschil tussen het medium en de buitenlucht kleiner wordt, bijvoorbeeld bij het extra laden van koude bron (naar 6 tot 8 °C), is het gemiddelde van de optredende aan- en afvoertemperatuur eerder rond de 4 °C (2 tot 6 °C). Het totale (gemiddelde) temperatuurverschil (ΔT_{tot}) met de lucht bedraagt dan 0 tot 4 K waardoor het uitwisselingsvermogen wordt gereduceerd: 0 tot $35 W/m^2$.

Rekenwaarde specifiek uitwisselingsvermogen

De resultaten van bovenstaande berekeningen gaan voorbij aan:

- de lagere opslagverliezen in de warme bron door een lagere brontemperatuur
- de hogere opslagverliezen in de koude bron door (nog) een lagere brontemperatuur
- de warmteafgifte door warmte-uitstraling naar hogere luchtlagen in het geval van een energiedak

Naar verwachting hebben deze aspecten beperkte invloed. Gezamenlijk kunnen ze echter toch tot een significante beperking van het uitwisselingsvermogen zorgen. Mede gezien de versimpelde benadering en de verwachting dat het laden van extra koude ook zal worden toegepast, wordt op basis van bovenstaande analyses voor deze quick-0scan verder uitgegaan van een specifiek uitwisselingsvermogen van $25 W/m^2$ voor een warmtewisselaar in de vloer of aan het plafond⁹ van de parkeergarage.

⁹ De wisselaar aan het plafond zou in theorie een hoger uitwisselingsvermogen kunnen hebben, maar het is niet realistisch om te verwachten dat het gehele plafondoppervlak benut kan worden. Mogelijk is het ook wenselijk om met plafondpanelen te werken, die mogelijk ook een lager overdrachtsrendement hebben. Voor het gemak wordt daarom met een gelijk kental gerekend als voor de vloerverwarming.

4.2.3 Berekening koude-opbrengst

Quick-scan in vloer/plafond

In de berekening wordt bij wijze van best-case/worst-case zowel het getal voor de situatie met lage luchtstroming (binnen situatie = worst case → 'koude 1') als de situatie voor oppervlakken grenzend aan de buitenlucht gehanteerd (= best case → 'koude 2').

De koude-opbrengst is het product van het specifiek uitwisselingsvermogen en het aantal uur dat het kouder is dan 4°C. Het maximale koudevermogen (kW) is vastgesteld op basis van de laagst optredende buitentemperatuur en vormen de laatste twee kolommen in de Tabel 20, Tabel 21 en Tabel 22. Ze blijken in alle drie de geanalyseerde gevallen gelijk te zijn.

TABEL 20. POTENTIËLE KOUDE-OPBRENGST PER ETAGE

Jaar	koude1		koude2		koude1 kWmax	Koude2 kWmax
	MWh/jaar	MJ/jaar	MWh/jaar	MJ/jaar		
2001-2010	274	985.914	364	1.310.686	526	699
2007*	154	554.081	205	736.601	455	605
2010^	482	1.734.560	641	2.305.945	350	465

TABEL 21. POTENTIËLE KOUDE-OPBRENGST, 'S NACHTS TUSSEN 22.00 EN 7.00 UUR

Jaar	koude1		koude2		koude1 kWmax	Koude2 kWmax
	MWh/jaar	MJ/jaar	MWh/jaar	MJ/jaar		
2001-2010	136	490.477	181	652.046	526	699
2007*	82	295.019	109	392.201	455	605
2010^	215	773.615	286	1.028.453	350	465

TABEL 22. POTENTIËLE KOUDE-OPBRENGST, ALLEEN 'S NACHTS 22:00 TOT 7:00; MINIMAAL 4 UUR LANG <4°C VOOR EN NA, PER ETAGE

Jaar	koude1		koude2		koude1 kWmax	Koude2 kWmax
	MWh/jaar	MJ/jaar	MWh/jaar	MJ/jaar		
2001-2010	110	397.456	147	528.383	526	699
2007*	60	216.168	80	287.376	455	605
2010^	192	690.942	255	918.546	350	465

* Warmste jaar in dataserie, ^ Koudste jaar in dataserie

Het weergegeven aantal decimalen zegt niets over de nauwkeurigheid van de berekening. Het betreft hier niet afgeronde rekenresultaten ten behoeve van verkenning.

Op basis van de resultaten in Tabel 20 tot en met Tabel 22 lijkt een ontwerpvermogen van 450 kW per parkeervloer een goed uitgangspunt. Uitgaande van een temperatuurverschil intrede/uittrede van 14°C - 4°C = 10K betekent dit een waterdebiet van ongeveer 40 m³/h (op basis van water als medium, bij een water/glycol mengsel hoort een ander debiet).

Quickscan wisselaar in constructie

Wanneer de warmtewisselaar wordt opgenomen in het beton van de vloeren¹⁰, dan mag worden uitgegaan van een daggemiddelde buitenluchttemperatuur voor het temperatuurverschil als maatgevend. In het referentieklimaat voor Amsterdam (bron: IWEC) en volgens monitoringsdata van het KNMI (2000-2010) ligt de daggemiddelde buitenluchttemperatuur respectievelijk 52 en 67 dagen onder de 4 °C. De gemiddelde

¹⁰ Bij wisselaars in de vloer, zitten de leidingen in de dekvloerconstructie die redelijk de buitenluchttemperatuur volgt. Bij wisselaars in de betonconstructie zitten de leidingen dieper in het beton gestort, en heeft de massa en de warmtecapaciteit van het beton een grote invloed op de warmteuitwisselingcoëfficiënt.

buitenluchttemperatuur gedurende deze dagen is respectievelijk 1,4 en 0,1 °C. In dat geval is het vermogen 19 W/m² (bij $v_{lucht}=0,5$ m/s) tot 22 W/m² (bij $v_{lucht}=1,0$ m/s) gedurende die dagen.

De totale hoeveelheid koude komt dan op 20 W/m² x 52 dagen x 24 uren/dag = 25 kWh/m². Per bouwlaag wordt dan 25 X 4200 m² = 105 MWh per jaar aan koude gewonnen (o.b.v. IWEK, o.b.v. KNMI: 136 MWh).

De wisselaar in de constructie lijkt op basis van deze eerste verkenning minder gunstig dan de wisselaar in vloer of aan plafond.

4.3 Synthese en discussie

4.3.1 Prestaties

De vraag naar extra koelcapaciteit is (op het moment dat deze quick-scan is uitgevoerd) nog niet bekend maar wordt geschat op circa 260 MWh per jaar. Het blijkt dat er aanzienlijke hoeveelheden koude kunnen worden gewonnen indien een vloer van de parkeergarage wordt uitgevoerd met een warmteuitwisselingssysteem (conform vloerverwarming). In het voor dit doel slechtste jaar tussen 2001 en 2010 kan volgens de stationaire berekening zo'n 150 MWh (540 GJ) warmte worden afgevoerd. De implicatie is dat twee geactiveerde parkeergaragevloeren mogelijk al voldoende zijn om zelfs in relatief warme jaren het (voorlopig) berekende warmteoverschot kwijt te raken. In een gemiddeld jaar lijkt slechts één vloer voldoende. Omdat een eventuele onbalans in het WKO-systeem ook met enige jaren vertraging mag worden gecompenseerd lijkt het erop dat slechts één vloer geactiveerd hoeft te worden – uitgaande dat er inderdaad een warmteoverschot in het ziekenhuis op zal treden van de (voorlopig) berekende omvang.

4.3.2 Gevolgen van verwaarlozing dynamische effecten

Zoals in de aannames gesteld, is in de berekening uitgegaan van een stationaire berekening op uurbasis waarin de dynamische effecten van de thermische traagheid van de betonmassa zijn verwaarloosd. Dit betekent dat in de berekening gedurende sommige uren abusievelijk een gelegenheid tot warmteafgifte is berekend die op dat uur in werkelijkheid nog niet aanwezig is. Bijvoorbeeld wanneer de buitentemperatuur slechts tijdelijk onder de 4°C komt na een warme periode terwijl de temperatuur van de betonmassa na-ijlt en de 4°C dus nog niet heeft bereikt. Aan de andere kant zullen er in de berekening ook momenten zijn dat de buitentemperatuur net boven de 4°C uitkomt na een koudere periode, waardoor de berekening even geen gelegenheid voor warmteafgifte meer 'ziet', terwijl in de praktijk het beton op dat moment nog voldoende koud is om wel degelijk warmte af te kunnen voeren. Omdat de fout ten gevolge van het verwaarlozen van de thermische traagheid van het beton dus in beide richtingen werkt, is aannemelijk dat de gevolgen voor de rekenresultaten op jaarbasis worden uitgemiddeld en inderdaad verwaarloosd kunnen worden. Daarnaast is berekend wat de gevolgen zijn voor de opbrengst indien in de berekening alleen wordt uitgegaan van die uren wanneer het reeds vier uur lang kouder dan 4°C geweest is en daarna nog vier uur lang kouder dan 4°C is, om een idee te krijgen van een (onrealistisch) worst-case scenario. Het blijkt dat er dan ongeveer 10% minder opbrengst zou zijn dan wanneer alle uren met buitentemperaturen <4°C benut zouden worden.

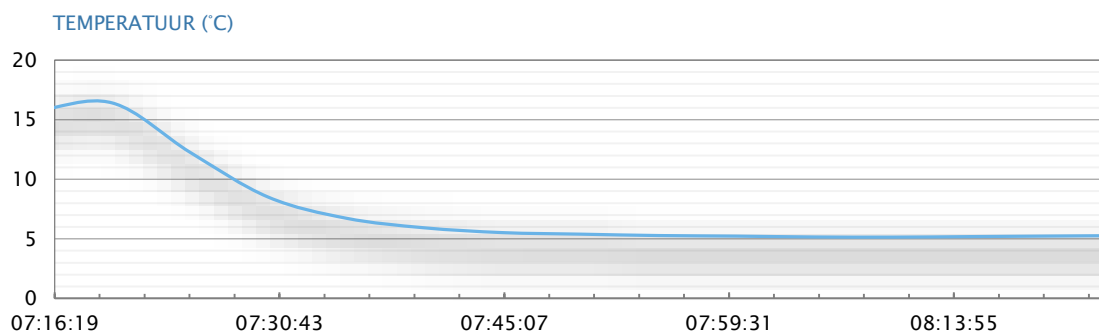
4.3.3 Het effect van warme motoren op parkeeroppervlak

Het effect van warme motoren van auto's op het parkeerdek is zowel gemeten als berekend.

Metingen

Op 5 februari 2014 is het temperatuurverloop onder een afkoelende motor gemonitord in de open lucht. Na een rit van 75km is de motor op maximale temperatuur, onder het midden van het motorblok is een temperatuursensor op de grond gelegd. De temperatuur sensor meet en registreert de temperatuur elke 5 minuten. Uit de metingen blijkt dat de temperatuur van het oppervlak onder de motor niet verder opwarmt dan 17°C en na 25 minuten de buitenluchttemperatuur weer bereikt. Deze simpele proef heeft enkele beperkingen:

- Er is één type auto getest, de betreffende auto had een beschermingsplaat onder de motor, en dat is niet bij alle auto's het geval. Ook de afstand tussen de warme delen en het parkeeroppervlak verschilt per auto.
- De temperatuursensor lag op het parkeeroppervlak en heeft dus de temperatuur net boven het parkeeroppervlak gemeten en niet de temperatuur van het parkeeroppervlak zelf. Bovendien is niet gemeten hoe ver de temperatuursverandering in het materiaal is doorgedrongen.
- De temperatuur sensor lag ook maar op één plek dus de grootte van het oppervlak van het parkeerdek dat van temperatuur wordt veranderd is ook niet inzichtelijk, ook dat kan per auto verschillen.
- Het regende ten tijde van het experiment en in een parkeergarage is geen sprake van neerslag.



Figuur 16. Gemeten temperatuurverloop onder afkoelende auto.

Implicaties

Aannemende dat het vloeroppervlak dat opwarmt van asfalt is, instantaan opwarmt, lineair afkoelt, een oppervlakte heeft van circa 0,5 m² en een dikte van 2 cm, betekent dat de auto in het experiment circa 0,2 kWh aan warmte aan het parkeeroppervlak heeft afgegeven. Op de parkeerplaats is plek voor 1.500 auto's, er van uitgaande dat alle plekken worden gebruikt bij 2 bezoeken per dag betekent dit dat er per dag circa 0,2 * 2 * 1.500 = 600 kWh aan warmte aan het parkeerdek wordt afgegeven.

Berekening

Uitgaande van:

- een gemiddeld gewicht van 500 kg voor het motorgedeelte van een voertuig, zijnde 50% van het totaalgewicht (1.000 kg in 2012);
- een gemiddelde soortelijke warmte van het motorgedeelte van 500 J/kg.K, zijnde een mix van (vooral) staal en aluminium
- een gemiddelde motortemperatuur van 90 °C bij aankomst en 15 °C (=omgevingstemperatuur) bij vertrek ($\Delta T=75$ K);
- dat per dag 2 voertuigen per parkeerplaats komen en gaan;

dan bedraagt de warmteafgifte $2 \times 18,75 \text{ MJ}$ (per voertuig) = $37,5 \text{ MJ}$ (10 kWh) per parkeerplaats per dag.

Het parkeeroppervlak per voertuig (inclusief rijbanen) bedraagt ongeveer 30 m^2 . (zeg: $5,4 \text{ m} \times 5,4 \text{ m}$). De netto verdiepingshoogte is $3,0 \text{ m}$. De gemiddelde windsnelheid per jaar bedraagt $5,4 \text{ m/s}$ ($6,1 \text{ m/s}$ voor november t/m februari) in het open veld (bron: IWEC, Amsterdam). In een open parkeergarage in een stedelijk gebied wordt dit geschat op 20 % hiervan: $1,1 \text{ m/s}$ ($1,2 \text{ m/s}$). Per parkeerplaats passeert dan gemiddeld $17 \text{ m}^3/\text{s}$ ($20 \text{ m}^3/\text{s}$) of $1.500.000 \text{ m}^3/\text{dag}$ ($1.700.000 \text{ m}^3/\text{dag}$) lucht. De soortelijke warmte van lucht bedraagt 1000 J/kg/K . De dichtheid van lucht bedraagt $1,29 \text{ kg/m}^3$. De opwarming van de passerende lucht bedraagt dan $37,5 \text{ MJ/dag} / 1.500.000 \text{ m}^3/\text{dag} / 1,29 \text{ kg/m}^3 / 1000 \text{ J/kgK} = 0,02 \text{ K}$ ($0,02 \text{ K}$).

In de parkeergarage staan meerdere auto's achter elkaar en warmen dus dezelfde passerende lucht op. Stel dat er in de windrichting 50 auto's op een rij staan, dan wordt de luchttemperatuur $50 \times 0,02 \text{ K} = 1 \text{ K}$ hoger na de laatste auto. Gemiddeld over het gehele oppervlak (niet overal staan auto's, er zijn ook rijbanen) ligt de luchttemperatuur dan ca. $0,5 \text{ K}$ hoger.

Conclusie

De opwarming van de lucht/parkeeroppervlak als gevolg van afkoelende voertuigen in een open parkeergarage is verwaarloosbaar klein. Omdat de motoren dichterbij de vloer staan speelt dit een nog minder grote rol wanneer het wisselaarsysteem wordt aangebracht in of aan het plafond.

4.3.4 Uitvoeringsvorm van het systeem

Koelmedium

Het beoogde systeem wordt bij voorkeur uitgevoerd met water, vanwege de lage kosten en goede thermische eigenschappen. Een probleem van water is echter dat het bevriest in situaties met zeer lage temperaturen in combinatie met een periode van stilstand. Bevriezen kan worden voorkomen door het water voortdurend te laten circuleren tijdens extreem koud weer. Zo nodig kan extra worden verwarmd wanneer de mediumtemperatuur onder de 4°C komt. Het nadeel hiervan is duidelijk, namelijk dat warmte moet worden toegevoegd aan het water, ook wanneer er geen overschot aan warmte is.

Een ander optie is om tijdens extreem koud weer het water uit de leidingen te laten wegstromen wanneer de installatie niet in gebruik is door gebruik van een opvangtank. Dit is hoe glycol-vrije zonnecollectorsystemen voor warm tapwater in de winter worden beveiligd tegen vorstschade. Voor de toepassing als warmteput is deze oplossing echter niet praktisch. Immers, wanneer het systeem weer in bedrijf genomen zou worden en het beton een temperatuur (ver) onder nul heeft, dan bestaat wellicht het risico dat het water al stromend onderkoeld raakt en gaat aanvriezen aan de leidingwand. Om dat te voorkomen zou wellicht telkens gewacht moeten worden totdat het beton warm genoeg is om te kunnen beginnen met het proces. Dat lijkt in de praktijk niet aantrekkelijk.

Op basis van bovenstaande wordt daarom geadviseerd een glycolmengsel toe te passen om bevroering te voorkomen. Ten opzichte van water heeft glycol een verwaarloosbaar effect op de overdrachtscoëfficiënt tussen het medium en de buiswand.

Glycol heeft wel een andere warmtecapaciteit. Dit heeft een effect op het debiet door de warmtewisselaar in de parkeergarage. In deze verkenning wordt echter nog niet gekeken

naar het energieverbruik en het ontwerp van de circulatiepompen. Bij de nadere uitwerking is dit wel een aspect dat moet worden meegenomen.

Koppeling met het bodemenergiesysteem – mediumtemperatuur

Omdat de temperatuur van het water/glycol mengsel aan de uittrede van de parkeergarage bij zeer koud weer en/of na een periode van stilstand erg koud kan zijn – onder 0°C – moet het systeem bij voorkeur worden uitgevoerd met een dubbele lus en mengregeling waarmee de warmtewisselaar tussen het bodemenergiesysteem en de parkeergarage kan worden beschermd tegen bevriezing. Door het glycol/water mengsel met behulp van een toerengeregeld pomp door de vloer te circuleren in een primaire lus kan gezorgd worden voor een min of meer constante uittrede temperatuur van 4°C. In een tweede lus kan vervolgens met een tweede toerengeregelde pomp in combinatie met een mengregeling over de warmtewisselaar (tegenstroomapparaat = TSA) gezorgd worden dat de intredetemperatuur van de TSA altijd op minimaal 4°C gehouden wordt. Door middel van een gelijk-debietregeling kan de pomp van het bodemenergiesysteem vervolgens eenvoudig worden gestuurd op basis van het debiet van de pomp in de tweede lus van het parkeergaragesysteem.

Koppeling met het bodemenergiesysteem – koude invangen zonder tussenopslag van de warmte

De vrijkomende, overtollige warmte in het ziekenhuis heeft een temperatuurniveau van 21-22 °C, mogelijk 18 °C na een warmtewisselaar. Door deze overtollige warmte direct aan te bieden aan de parkeergarage in plaats van indirect via het bodemenergiesysteem kan gedurende meer momenten warmte worden afgevoerd via de parkeergarage. Daarmee neemt het aantal (mogelijke) vollast-uren toe en dus neemt de benodigde omvang van het systeem af om dezelfde hoeveelheid warmte af te voeren. Bij warmteafgifte van/via het bodemenergiesysteem kan ook bij een hogere buitentemperatuur dan 4 °C nog warmte worden afgegeven. De gemiddelde temperatuur van het afgiftesysteem bedraagt 9 °C (4-14 °C).

De parkeergarage kan mogelijk ook het hele jaar worden ingezet om warmte (direct uit het ziekenhuis, 22-26 °C) te af te voeren, zelfs in de zomer(nacht). De (extra) opstelling van DK's is bepalend of de (maximale) koelcapaciteit van de parkeergarage de koelbehoefte van het ziekenhuis op enig moment evenaart. Waarschijnlijk is een combinatie economisch gezien optimaal: parkeergarage als basiskoeling en DK's voor de pieken.

Koppeling met het bodemenergiesysteem – bronnen op verschillende temperatuurniveau 's

Het (toekomstig) WKO systeem van Tergooi bestaat uit verschillende bronparen (>3). Daar waar het niet lukt om warmte direct aan de buitenlucht af te geven zoals hierboven omschreven kan in een vervolgfase ook worden onderzocht in hoeverre bronnen op verschillende temperatuurniveaus kunnen bijdragen aan de energie-efficiency. Systemen werken nu eenmaal de meeste uren in deellast-bedrijf. Door bronnen op verschillende temperatuurniveaus te maken is er voor verschillende bedrijfssituaties een optimale schakeling te maken waarbij er A) een goed rendement wordt gedraaid en B) er bronnen met optimale temperatuur ontstaan.

4.4 Financiële haalbaarheid

In dit hoofdstuk is een vergelijking gemaakt tussen de kosten van het toepassen van een wisselaar in één parkeerlaag en een samenstel van droge koelers (DK's) met een overeenkomstig vermogen. De genoemde bedragen die betrekking hebben op de DK gelden dus voor een samenstel van droge koelers met een gezamenlijk vermogen van 450 kW.

4.4.1 Investeringskostenvergelijking

De prijs van het parkeergaragesysteem, per vloer, is als volgt ingeschat. De kosten van een vloerverwarmingsysteem liggen normaliter tussen de 35 en 50 € per m² inclusief leidingwerk, pompen en regeltechniek. Asphaltcollectoren kosten daarentegen circa 100 €/m². Het is de verwachting dat de collectoren in de parkeergarage wat duurder dan vloerverwarming maar goedkoper dan asphaltcollectoren zullen zijn. Daarmee zou de prijs van het systeem per garagevloer rond de 75 €/m² = € 363.000,- incl. BTW uitkomen.

Het is mogelijk om tot aanzienlijk lagere kosten te komen door de leidingen aan het plafond te hangen zonder verder afwerking, in dat geval zijn de aanlegkosten maximaal 25 €/m² → afgerond € 121.000,- incl. BTW. De asphaltcollectoren en het plafondsysteem wordt afgeschreven in 30 jaar voor de TCO berekeningen.

Een droge koeler van 450 kW geschikt voor WKO toepassingen kost inclusief montage ongeveer € 48.400,- incl. BTW en is dus in verhouding een aanzienlijk goedkopere investering. De afschrijftermijn voor een droge koeler bedraagt 15 jaar.

4.4.2 Exploitatiekostenvergelijking

Enkel in bedrijf zijn de exploitatiekosten van het parkeergaragesysteem lager omdat er alleen circulatiepompen zijn die elektriciteit en onderhoud vragen. In tegenstelling tot een droge koeler zijn er geen ventilatoren. De COP (coëfficiënt of performance)¹¹ van de parkeergarage wordt zonder onderbouw geschat op ongeveer 45, vergeleken bij een COP van een droge koeler van ongeveer 15. Het elektriciteitsgebruik van koelen met een droge koeler ligt dan vier keer hoger. Uitgaande van 260 MWh aan te winnen koude zou de droge koeler dan ongeveer 17.000 kWh op jaarbasis gebruiken en de parkeergarage slechts ongeveer 4.000 kWh.

De onderhoudskosten van de droge koeler worden aangenomen zijn ongeveer drie keer zo hoog als die van het parkeergaragesysteem. De totale onderhoudskosten bedragen k€ 66 en k€ 22 voor respectievelijk de droge koeler en de parkeergarage over de evaluatieperiode van 40 jaar. De levensduur van het parkeergaragesysteem is veel langer dan een droge koeler, naar schatting twee à drie keer langer. Pompen gaan langer mee dan de ventilatoren van de droge koeler. Ook is er minder aantasting van het systeem door corrosie, iets wat bij droge koelers wel speelt. Voor het berekenen van de TCO is ervan uitgegaan dat de droge koelers elke 15 jaar vervangen moeten worden. Tijdens deze levensduur wordt de ventilator van de DK een keer vervangen (na 7 à 8 jaar). Voor de circulatiepompen in het parkeergaragesysteem is een vervangingsfrequentie van eens per 15 jaar gekozen.

4.4.3 Synthese naar een TCO

Op basis van 40 jaar exploitatie is de vergelijking gemaakt in de "total-cost of ownership" (TCO) tussen de droge koeler en de parkeergarage als warmtewisselaar. Hierbij is uitgegaan van de bovengenoemde kosten en verbruiken. De resultaten zijn vermeld in Tabel 23.

De TCO voor het systeem in het asfaltdek is het hoogste. Dit wordt voornamelijk bepaald door de hoge investeringskosten. Ook de kosten voor de droge koelers zijn relatief hoog. Dit komt vanwege de relatief korte levensduur en benodigde vervangingsinvesteringen die iedere 15 jaar terugkeren en daarnaast het hoge energieverbruik. Het systeem aan het plafond komt vanuit de optiek van de TCO het meest gunstige uit de vergelijking.

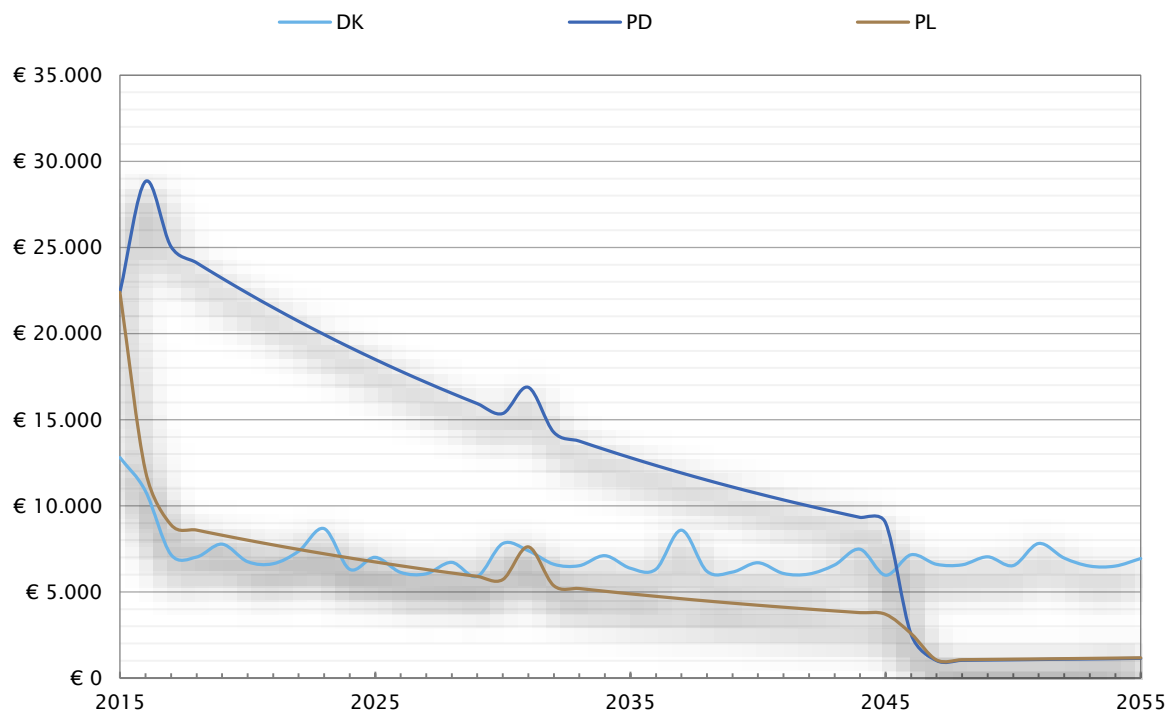
¹¹ COP is het quotiënt van de geleverde hoeveelheid thermische energie en de gebruikte primaire energie.

TABEL 23. TOTAL COSTS OF OWNERSHIP VOOR KOELING VIA PARKEERGARAGE OF DROGE KOELERS.

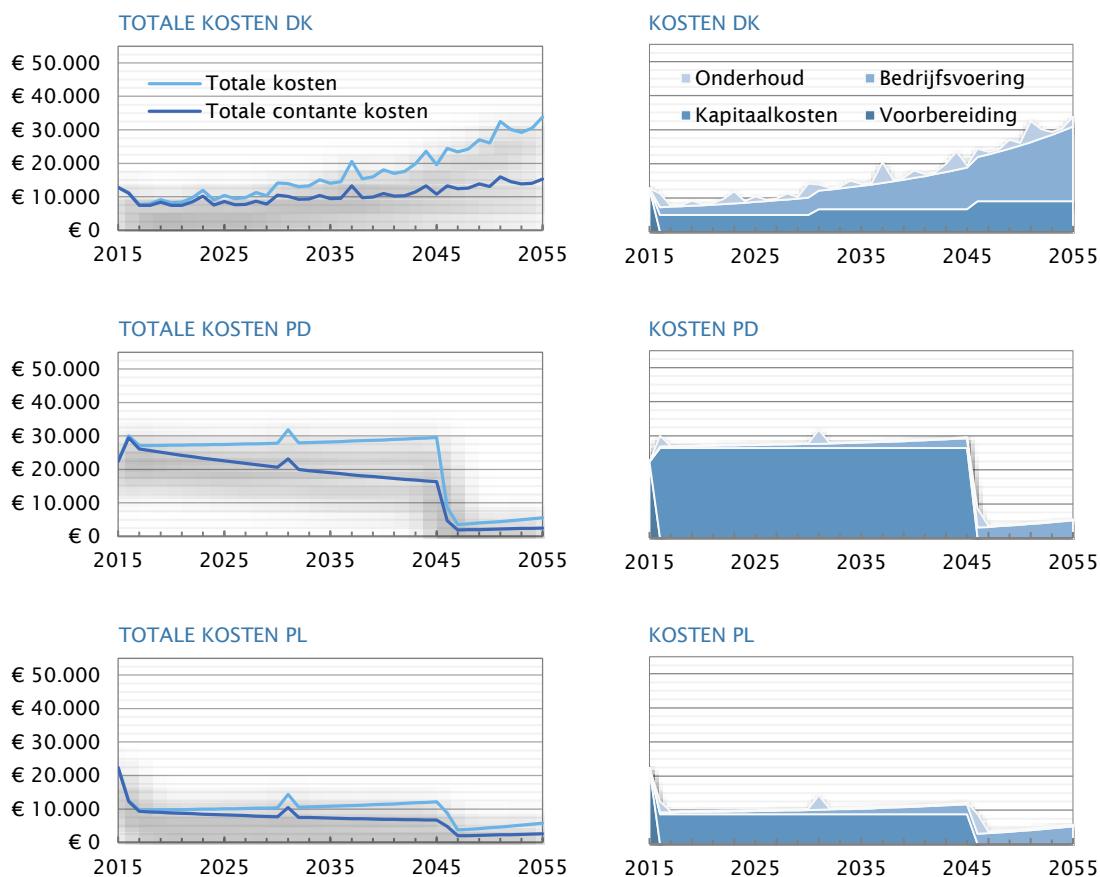
Optie	Levensduur	Afschijftermijn	Energieverbruik	TCO €
	jaar	jaar	kWh/j	
Droge koeler	15	15	17.000	€ 435.680
Parkeergarage in vloer	40	30	4.000	€ 677,167
Parkeergarage tegen plafond	40	30	4.000	€ 287,414

Het verloop van de contante kosten over de evaluatieperiode is weergegeven in Figuur 17. In Figuur 18 is zijn ook de werkelijke kosten en de verdeling van de kosten over kapitaalkosten, bedrijfsvoering en onderhoud weergegeven. Figuur 18 laat duidelijk de verschillen zien tussen de opties die gebruik maken van de parkeergarage en de droge koelers. Bij de droge koelers valt op dat de bedrijfsvoeringskosten hoog zijn en in de loop van de tijd toenemen. Dit is te verklaren uit het hoge energieverbruik van de droge koelers en de toename van de elektriciteitsprijs in de loop der jaren. De kosten voor de parkeergaragesystemen bestaan voornamelijk uit kapitaalslasten (rente en aflossing).

CONTANTE JAARLIJKSE KOSTEN (€)



Figuur 17. Verloop contante kosten voor koeling via droge koelers en de parkeergarage.



Figuur 18. Totale kosten en kosten naar soort van de drie opties.

4.5 Conclusies

Financiële haalbaarheid: De investeringskosten van een warmtewisselaar in het parkeerdek zijn hoger dan voor een plafondsysteem of droge koelers. De droge koelers vergen veel onderhoud en beheer, en hebben bovendien een relatief hoog eigen energieverbruik. De optie met een koelsysteem aan het plafond van de parkeergarage is op basis van TCO het voordeligste.

Technische haalbaarheid: De vraag naar koelcapaciteit is circa 260 MWh/jaar, aan deze vraag kan de parkeergarage voldoen, daarvoor is het nodig om 1 of 2 vloeren uit te rusten met een wisselaarsysteem. Het vermogen van een wisselaar in een enkele parkeerlaag is ongeveer 450 kW.

Belangrijkste voor- en nadelen:

- + duurzaam systeem, verbruikte minder energie
- + minder onderhoudsgevoelig
- + minder/geen geluidsoverlast
- onzekerheden over werkelijke capaciteit en kosten
- onzekerheden over risico's bij falen

4.6 Aanbevelingen

Om de parkeergarage als duurzame koeler te gebruiken wordt aanbevolen om de volgende punten nader uit te werken.

Uitwerken wisselaar aan plafond en in constructie

- De optie dat de wisselaar aan het plafond wordt bevestigd lijkt energetisch en vanuit kostenoverweging de meest interessante optie. Er zijn echter nog onzekerheden over de aanlegkosten en thermische eigenschappen. Het wordt aanbevolen om een beter gefundeerde kostenraming te maken en nader onderzoek te doen naar de te verwachten energetische prestaties en schadegevoeligheid.
- Het aanbrengen van de wisselaar in de constructie is in deze eerste verkenning minder gunstig dan aan plafond. Het is van belang om beter zicht op te krijgen op het effect van de constructie van de warmtewisselaar op de overdrachtscapaciteit. Aanbevolen wordt om het (thermo) dynamisch gedrag van de constructie mee te nemen in de berekeningen: koude invangen uit de constructie in dag/nacht cyclus, dus uitwerken temperaturen dag/nacht. Verder moet ook worden uitgezocht wat het kost om een wisselaar in de constructie te laten aanbrengen.

Uitwerken dynamisch gedrag en temperatuurniveaus t.b.v. prestaties en inpassing WKO

- Vaststellen in hoeverre een warmtewisselaar in het parkeerdek de koelcapaciteitsvraag van het ziekenhuis kan invullen; deels, volledig, koppeling WKO. Vaststellen impact van toepassen warmtewisselaar in parkeerdek op duurzaamheid van het systeem / breamscore.
- Om beter grip te krijgen op het functioneren en de prestaties onder verschillende bedrijfstoestanden (vollast/deellast) moet de overdracht onder verschillende functioneringscondities worden berekend/gesimuleerd. De juiste temperatuurniveaus moeten daarbij worden meegenomen zodat ook de inpassing/aansluiting met de WKO goed kan worden ontworpen.
- Eigenschappen glycol gebruiken ten behoeve van berekenen circulatiedebieten in warmtewisselaar
- De thermische/energetische verliezen die optreden in de verschillende warmtewisselaars moeten worden meegenomen in vervolgstudies.

Risico inventarisatie

- Beter in beeld brengen van financiële en operationele gevolgen bij falen van de voorziening.

Zekerheid over optredende temperatuur in soortgelijke constructie i.r.t. buitenlucht temperatuur

- Metingen van temperatuur in bestaande parkeergarages onder gelijke omstandigheden
- Preciezer metingen en/of simulatie effecten opwarmen parkeerdek door auto's

5 Warm tapwater

Auteurs: Claudia Agudelo-Vera, Mirjam Blokker, Wim van Houdt, Ad Loman, Paul Stoelinga, Stefan Mol, Vera Haaksma, Ewald Slingerland

5.1 Inleiding

Dit werkpakket onderzoekt de haalbaarheid en mogelijkheden van een alternatieve voorziening van warm tapwater met behulp van lokale elektrische doorstroomapparaten. Bovendien zal in het nieuwe ontwerp niet meer automatisch overal een warmwatertappunt aanwezig zijn (bijvoorbeeld bij de bezoekerstoiletten). Uitgangspunt is dat de elektrische doorstroomapparaten gebruikt worden voor wastafel en douche in de patiëntenkamers. De quick-scan spitst zich dan ook toe op een verpleegafdeling.

De volgende opties zijn meegenomen:

- Optie 1a: conventioneel systeem: warmwaterrecirculatie met gasmotorwarmtepomp
- Optie 1b: conventioneel systeem: warmwaterrecirculatie met elektrische warmtepomp
- Optie 2a: Lokale warmwaterbereiding (1 doorstromer per natte cel)
- Optie 2b: Lokale warmwaterbereiding met douchewarmteterugwinning in de douchebak (1 doorstromer + 1 horizontale douche WTW per natte cel). WTW in de douchebak: het rendement is ca. 55%. De kosten voor een warmtewisselaar (ca. € 900) en installatiekosten (ca. € 100) zijn meegenomen. Verwacht wordt dat dit systeem onderhoudsgevoeliger is dan een WTW in een schacht. De horizontale afvoer zal eerder last van vervuiling krijgen.
- Optie 2c: Lokale warmwaterbereiding met douchewarmteterugwinning in de schacht (1 doorstromer + 1 verticale douche WTW per natte cel). WTW in de schacht: hier is een gescheiden afvoer voor nodig en een extra aanvoerleidingnet voor het voorverwarmde water. Er is ook energieverlies door het transport naar de schacht. De verticale WTW heeft een hoger rendement dan een horizontale WTW, maar door de transportverliezen is ook hier een rendement van 55% geschat. Onderhoud is nihil.

De voordelen en nadelen van de vijf opties zijn kwalitatief beschreven in Tabel 24.

5.2 Uitgangspunten

Het systeem gaat uit van een “standaard” verpleegafdeling. Dit is één verdieping in het nieuwe ziekenhuis met 52 kamers (elke kamer met douche, toilet en wastafel). In het vigerende ontwerp bestaat een dergelijke afdeling uitsluitend uit eenpersoonskamers met eigen natte cel. Een echte “standaard” afdeling bestaat niet. Ervaring in het huidige ziekenhuis leert dat er tussen de verschillende specialisaties grote verschillen kunnen bestaan (bijvoorbeeld kraamafdeling en oncologie). Er wordt een kwalitatieve beschouwing gemaakt voor de inpassing in het totale systeem.

TABEL 24 VOOR- EN NADELEN VAN WARM EN KOUD TAPWATERSYSTEMEN

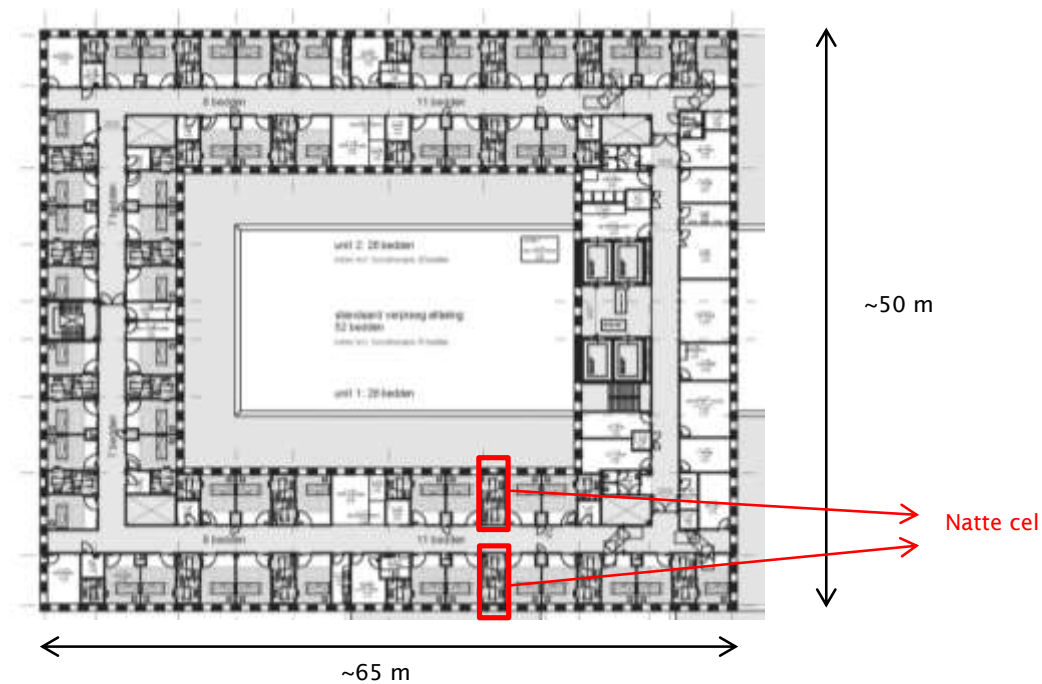
Optie	Voordelen	Nadelen
1a	<p>Energie-efficiënt door het hoge rendement van de gasmotorwarmtepomp.</p> <p>Het door gas verwarmde water zal sowieso in het toekomstige ziekenhuis worden ingezet voor o.a. RO en lucht bevochtigingsinstallaties.</p>	<p>Het recirculatienet leidt tot energieverliezen in de recirculatieleidingen en tot een grotere leidinglengte (hogere aanlegkosten).</p> <p>Warmwaterleidingen in de schacht kunnen het koudwater net opwarmen. In verband met Legionellapreventie is het belangrijk om het koude water <25°C te houden.</p>
1b	Zie 1a. Energie-efficiënte is lager.	
2a	Geen recirculatie nodig, dus minder energieverliezen en lagere kosten in het leidingwerk.	<p>Naar iedere doorstromer moet elektriciteit worden aangelegd. Alle doorstroomtoestellen komen op een eigen groep. Dit leidt tot hogere kosten.</p> <p>Door de toename van het elektriciteitsverbruik zal mogelijk het gecontracteerde vermogen omhoog moeten en daarmee zal de kostprijs per kWh omhoog gaan. Dit is afhankelijk van de gelijktijdigheid van (de piek in) warmwaterverbruik en het elektriciteitsverbruik van de rest van het ziekenhuis.</p>
2b	Zie 2a + minder energie nodig door WTW.	<p>De aanleg van een verzonken douchebak met WTW vereist extra bekisting. De aanleg is daardoor moeilijker en duurder dan een gewone douchevloer.</p> <p>De horizontale WTW heeft sneller last van verstopping, ca. 1 keer per jaar is onderhoud nodig.</p>
2c	Vergelijkbaar met 2b + minder onderhoud nodig voor douche WTW en de WTW installatie past in de vloer zonder extra bekisting	Verticale WTW's kunnen in het huidige ontwerp alleen in de schachten geplaatst worden. Hiervoor zijn extra leidingen voor transport naar de schacht en terug naar de natte cel nodig, die extra energieverlies veroorzaken*.

* In optie 2c zijn de aftakkingen voor koud en warm dezelfde dan in optie 2a-b met een additionele leidingen naar de schacht en terug. Er is de mogelijkheid om minder leidingnet te gebruiken door de douche WTW aan te sluiten op andere tappunten, maar deze optie zou met een definitief ontwerp worden berekend, en is niet geanalyseerd in dit rapport.

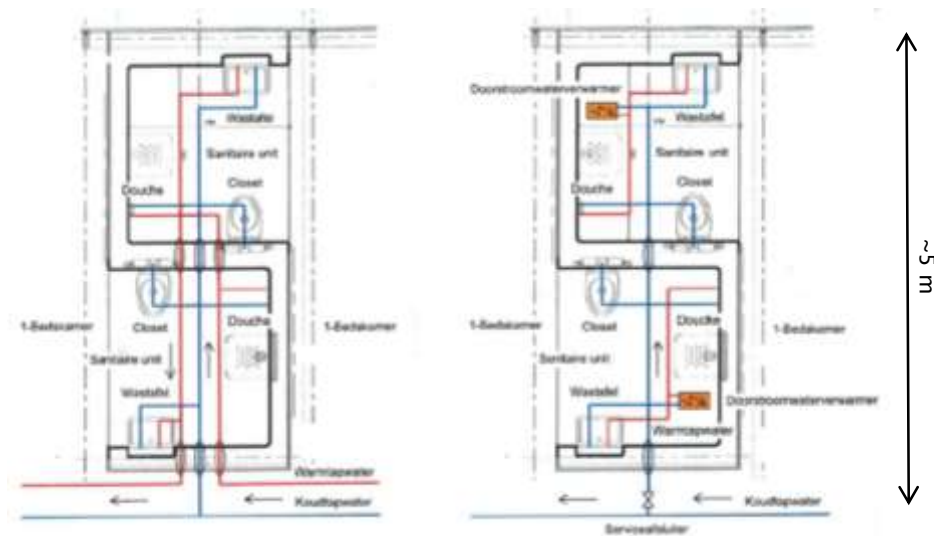
5.3 Standaard afdeling in het nieuwe ziekenhuis

Voor de Quick-scan wordt een standaard afdeling geanalyseerd. Figuur 19 laat de typische verpleegafdeling zien. Er zijn 52 eenpersoons kamers met natte cel. Er zijn 9 afdelingen in het nieuwe ziekenhuis. Figuur 20 geeft een voorbeeld van een ontwerp voor de twee opties voor warm water: recirculatie van warm water en lokale bereiding van warm water met een doorstroomtoestel per kamer. Figuur 21 geeft aan hoe in een conventioneel systeem de natte cellen zijn aangesloten op de ringleidingen. Op basis van deze schetsen is grofweg de lengte bepaald van kabels en leidingen op een afdeling:

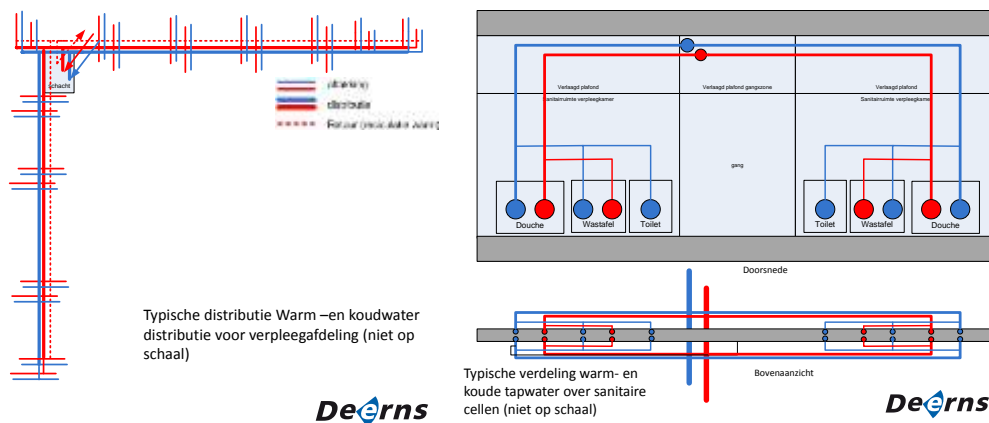
- Distributie van koud water: totale leidinglengte ca. 200 m in alle opties
- Uittapleidingen in de kamers voor koud water: totale leidinglengte ca. 550 m in alle opties
- Recirculatie van warm water: totale leidinglengte ca. 200 m opties 1a-b.
- Uittapleidingen in de kamers voor warm water: totale leidinglengte ca. 300 m in optie 1a-b en 200 m in optie 2a-c.
- Elektriciteitskabels voor doorstromers: totale kabellengte ca. 1500 m (alleen opties 2a-c)



Figuur 19. Typische verpleegafdeling (bron: Wiegerinck architecten)



Figuur 20. Links: Lay-out centrale warmwatervoorziening; rechts: Lay-out Deerns Safe & Simple.



Figuur 21. Conventioneel systeem, links: recirculatie in de afdeling en rechts: detail per natte cel.

Er moet worden voldaan aan de volgende eisen en uitgangspunt is dat het definitieve ontwerp daarvoor zorgdraagt:

- Geen thermische desinfectie nodig van het koudwaternet. Daarvoor wordt gezorgd door:
 - Te garanderen dat $T < 25^{\circ}\text{C}$ (afhankelijk van isolatie & leidingen in de schacht voor warm tapwater en ruimteverwarming)
 - of door inzet van ultrafiltratie bij de watermeter (een zogenaamde "gatekeeper")
- De lengte van de uittapleidingen (10 mm) van koud water is $< 12,7$ m in totaal i.v.m. legionellaregels om te garanderen dat de inhoud in de aftakking < 1 liter is.
- De lengte tussen warmwaterbereider en tappunt is < 7 m i.v.m. wachttijd (comfort).

5.4 Dimensionering van koud- en warmwatersysteem

5.4.1 Diameter uittapleidingen

Voor het toekomstige waterverbruik wordt voor een douche 0,083 l/s warm water en 0,083 l/s koud water gehanteerd, wat gelijk is aan 10 l/min gemengd. Voor een wastafel wordt 0,042 l/s warm water en 0,083 l/s koud water gehanteerd, wat gelijk is aan 7,5 l/min gemengd en voor toiletten een waterverbruik van 6 l/spoelbeurt (met volumestroom van 0,042 l/s voor het vullen van de stortbak).

Voor de dimensionering van de uittapleidingen van zowel het koud- als het warmwatersysteem geldt een begrenzing voor de stroomsnelheid van 2 m/s. Rekening houdend met gelijktijdig gebruik van 1 douche en 1 wc betekent dit dat de benodigde diameter 10 mm is.

5.4.2 Diameter warmwaterrecirculatieleidingen

Voor het recirculatiesysteem is uitgegaan van Figuur 19, Figuur 20 en ISSO55, specificatieblad III.4-11, zie vergelijking (1) en Tabel 25. Voor een recirculatielijn van koper 15/13 mm, met 35 mm isolatie is een U_b van 0.12 nodig.

Voor het recirculatie leidingnet geldt:

$$v = \frac{(l+l_{eq}) \cdot \Delta\theta_{omg} \cdot U_b \cdot f_{toeslag} + P_{ww}}{d^2 \cdot 250 \cdot \pi \cdot C_p \cdot \rho \cdot 10^{-3} \cdot \Delta\theta_{circ}} \leq 0.7 \text{ m/s} \quad (1)$$

TABEL 25. GEGEVENS PARAMETERS VOOR BEREKENING VAN HET RECIRCULATIE SYSTEEM.

Parameter	eenheid	Recirculatie net per afdeling
l	m	220
$\Delta\theta_{omg}$	°C	42,5*
U_b	W/m	0,12
$F_{toeslag}$	-	1,15
P_{ww}	W/m	450
d	m	0,013
C_p	J/kg K	4186
ρ	kg/m ³	1000
$\Delta\theta_{circ}$	°C	5
v		0,63

* 42,5°C=67,5°C-25°C

5.5 Kosten

5.5.1 Elektriteitsprijs

Uitgegaan wordt van de dagprijs van elektra, omdat douchen vooral overdag plaatsvindt (blijkt ook uit de metingen).

Voor optie 2 wordt één doorstroomer per natte cel gebruikt. Voor de doorstromers met een volumestroom 10 l/min wordt uitgegaan van een vermogen van 21 kW. De gelijktijdigheid van het douchen is berekend gebaseerd op de metingen (Bijlage II) in Blaricum met de aanname dat de piek alleen door de douches wordt veroorzaakt (Zie Tabel 26). Wanneer bij deze gelijktijdigheid het elektriciteitsgebruik van de doorstromers in het gehele ziekenhuis wordt bepaald dan geldt 21 kW * 380 douches * 11 % = 880 kW. Bij een verwacht vermogen voor het overige piekverbruik van elektriciteit van het ziekenhuis (PC's, MRI, etc.) van 1 MWh is dit een substantiële bijdrage! Mogelijk dat daardoor de elektraprijs omhoog gaat.

TABEL 26. BEREKENINGEN VAN GELIJKTIJDIGHEID

Parameter	Per seconde	per 10 seconden	Per minuut
Aantal bedden	285	285	285
Maximum volume	2,7 l/s	22,5 l/10 s	1153 l/60 s
Warmwaterstroom per douche	0,08 l/s	0,80 l/10 s	4,8 l/60 s
Maximum aantal douches tegelijkertijd	32,4	28	24
Gelijktijdigheid	11%	10%	8%

5.5.2 Energieverbruik

Tabel 27, Tabel 28 en Tabel 29 laten de aannames voor het dagelijkse warmwaterverbruik en het energieverbruik zien. Voor de douche is dat als volgt berekend: 52 patiënten * 8 min * 10 liters/min water/min. Voor de wastafel: 3.75 liters/min x 1 minute x 3 keer x 52 patiënten. Tabel 27 laat het waterverbruik per optie zien, in optie 1 is dit vertaald naar warm water van 60°C.

TABEL 27. MAXIMAAL DAGELIJKS WARM WATERVERBRUIK PER AFDELING.

Optie 1a-b (60°C)			
douche		2,50	m ³ /dag
Wastafel		0,35	m ³ /dag
Total warm water (60°C)		2,85	m ³ /dag
Optie 2a-c (40°C)			
douche		4,16	m ³ /dag
Wastafel		0,59	m ³ /dag
Total warm water (40°C)		4,75	m ³ /dag

TABEL 28. ENERGIE GERELATEERD AAN DOUCHE EN WASTAFEL PER AFDELING.

	Volume	Temperatuurverschil ΔT	Energie voor warm water
Optie 1a-b	2,85 m ³ /dag	50°C (van 10°C tot 65°C)	655 MJ/dag
Optie 2a:	4,75 m ³ /dag	30°C (van 10°C tot 40°C)	596 MJ/dag
Optie 2b-c:	4,75 m ³ /dag	18°C (van 22°C tot 40°C)	358 MJ/dag

TABEL 29. SPECIFICATIES VOOR DE RECIRCULATIE SYSTEEM.

Volumestroom in het recirculatienet			
Lengte		200	m
Diameter		13	mm
Volume		27	l
Volumestroom in het recirculatienet			
Stroomsnelheid (v)		0,7	m/s
Volumestroom (Q)		8,03	m ³ /dag
Energieverlies recirculatie			
ΔT		5	°C
Volume		8,05	m ³ per dag per afdeling
Energieverlies		168,6	MJ per dag

Deze cijfers laten een verlies over de recirculatieleiding van 20% zien (168,6 / (168,6+655)). Op basis van ervaring van de projectgroep blijkt dit een goede schatting. Een betere isolatie van het systeem lijkt niet realistisch. De aanname van 5°C verlies wordt daarom gehanteerd.

Een gasmotorwarmtepomp heeft een PER (primary energy rate) van 2,5 (waarvan 1/3 ten bate van koude), een elektrische warmtepomp heeft een PER van 1,3 en een elektrisch doorstroomapparaat heeft een PER van ca. 0,95.

5.5.3 Warmwaterbereiders

De kosten voor de doorstroomtoestellen zijn voor optie 2a geschat op € 500 per stuk, inclusief montage.

De warmtewisselaar van de douche WTW kan het koud water van gemiddeld 15°C naar 22°C brengen en dus het vermogen met ca. 25% verminderen. Hiermee kan een vermindering van 25% in de kosten van de kabels en de warmtapwaterbereider worden berekend. Voor optie 2b geldt dus een kostenreductie van 25% (€ 375 per stuk). De kosten van de horizontale douche WTW (incl. montage) komen op € 1.000 euro per stuk en voor de verticale douche WTW (incl. montage) op € 600 euro per stuk.

5.5.4 Prijs leidingwerk

Een koud drinkwaternet (kunststof) voor een ziekenhuis komt op € 43,- per meter leiding en voor een warm drinkwaternet met circulatieleiding (roodkoper) € 54,- per meter leiding (dit is het leidingwerk met appendages en isolatie en montage). De leidingdichtheid waarop de kengetallen betrekking hebben, is 0,232 m/m² bruto vloeroppervlakte (BVO) voor koud drinkwater en 0,21 m/m² BVO voor warm drinkwater (Bron: Deerns). Tabel 30 laat de leidingdichtheid voor de vijf opties zien die op basis van de schetsen zijn bepaald. Daaruit blijkt dat de dichtheid voor het koudwaterleidingnet dicht bij de schatting ligt, maar dat voor warm water mogelijk een correctie moet worden gedaan voor de prijs. In het ziekenhuis zal ook voor het koudwaternet gebruik worden gemaakt van koper. Omdat in optie 2 meer koud water naar de kamers moet, zal een grotere diameter worden gebruikt waarmee de kostprijs omhoog gaat naar ca. € 65,- per m.

TABEL 30. LEIDINGDICHTHEID.

		Optie 1a-b	Optie 2a	Optie 2b	Optie 2c
Dichtheid koud leidingnet	m/m ²	0,23	0,23	0,23	0,23
Dichtheid warmleidingnet	m/m ²	0,16	0,06	0,06	0,19*

* inclusief de leiding naar de schacht en terug voor de WTW douche.

De meterprijs van de kabels is geschat op 24 euro (optie 2a). Voor optie 2b is een kostenreductie toegepast van 25%. Voor optie 2c is er de mogelijkheid om minder leidingnet te gebruiken door de douche WTW aan te sluiten op andere tappunten, niet meegenomen in dit analyse.

5.5.5 Onderhoud

Voor alle opties wordt uitgegaan van onderhoudskosten die gelijk zijn aan 5% van de investeringskosten (aanschaf en installatie), voor de verticale douche WTW zijn er geen onderhoudskosten.

De kosten voor de reguliere controle van het legionellabeheer zijn vergelijkbaar voor de vier opties, en daarom niet meegenomen bij het vergelijken van de opties.

Voor de optie 1a en 1b, is een schatting van het onderhoud gemaakt op basis van de huidige situatie. In Blaricum wordt € 17.000 per jaar besteed aan onderhoud van het recirculatie systeem. Dit bedrag geldt voor 18 afdelingen, met 40 bedden per afdeling. Dus voor de toekomstige situatie met 52 bedden zijn de kosten ca. € 1.250 per jaar (bovenop de 5%).

5.5.6 Afschrijvingstermijn

Voor alle investeringen is een vaste afschrijvingstermijn van 20 jaar aangenomen. De evaluatieperiode is 40 jaar.

5.5.7 Samenvatting kosten

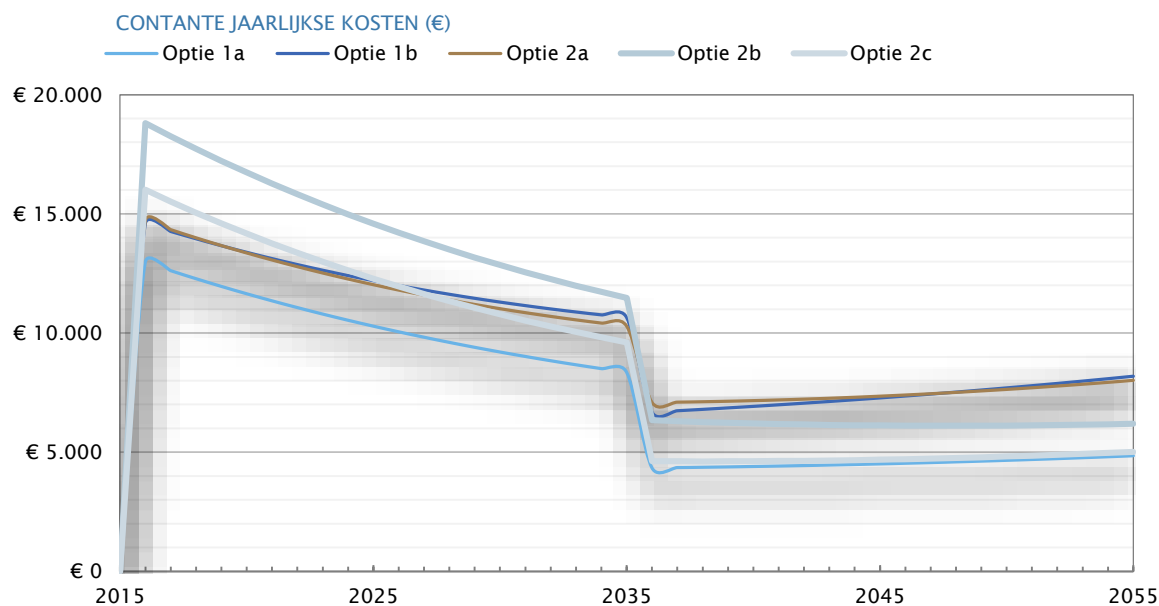
Tabel 32 geeft het overzicht van de kosten voor de vijf opties.

5.5.8 TCO

Op basis van de bovenstaande gegevens is de Total Cost of Ownership voor de vijf opties berekend. De resultaten zijn weergegeven in Tabel 31. Het verloop van de contante kosten van de vijf opties is weergegeven in Figuur 22 en een overzicht van de kosten in Figuur 23.

TABEL 31. TOTAL COSTS OF OWNERSHIPS VOOR VERSCHILLENDE WARM TAPWATER SYSTEMEN.

Optie	Total Cost of Ownership (€)
Optie 1a	420.866
Optie 1b	573.991
Optie 2a	572.107
Optie 2b	584.400
Optie 2c	476.245



Figuur 22. Verloop contante kosten warm tapwater systemen

5.6 Samengevat

De belangrijkste conclusie is dat als voor de energievoorziening gekozen wordt voor een door een gasmotor aangedreven warmtepomp, een recirculatiesysteem voor warm water goedkoper is. Indien gebruik gemaakt wordt van HR ketels zijn decentrale elektrische doorstromers in het voordeel.

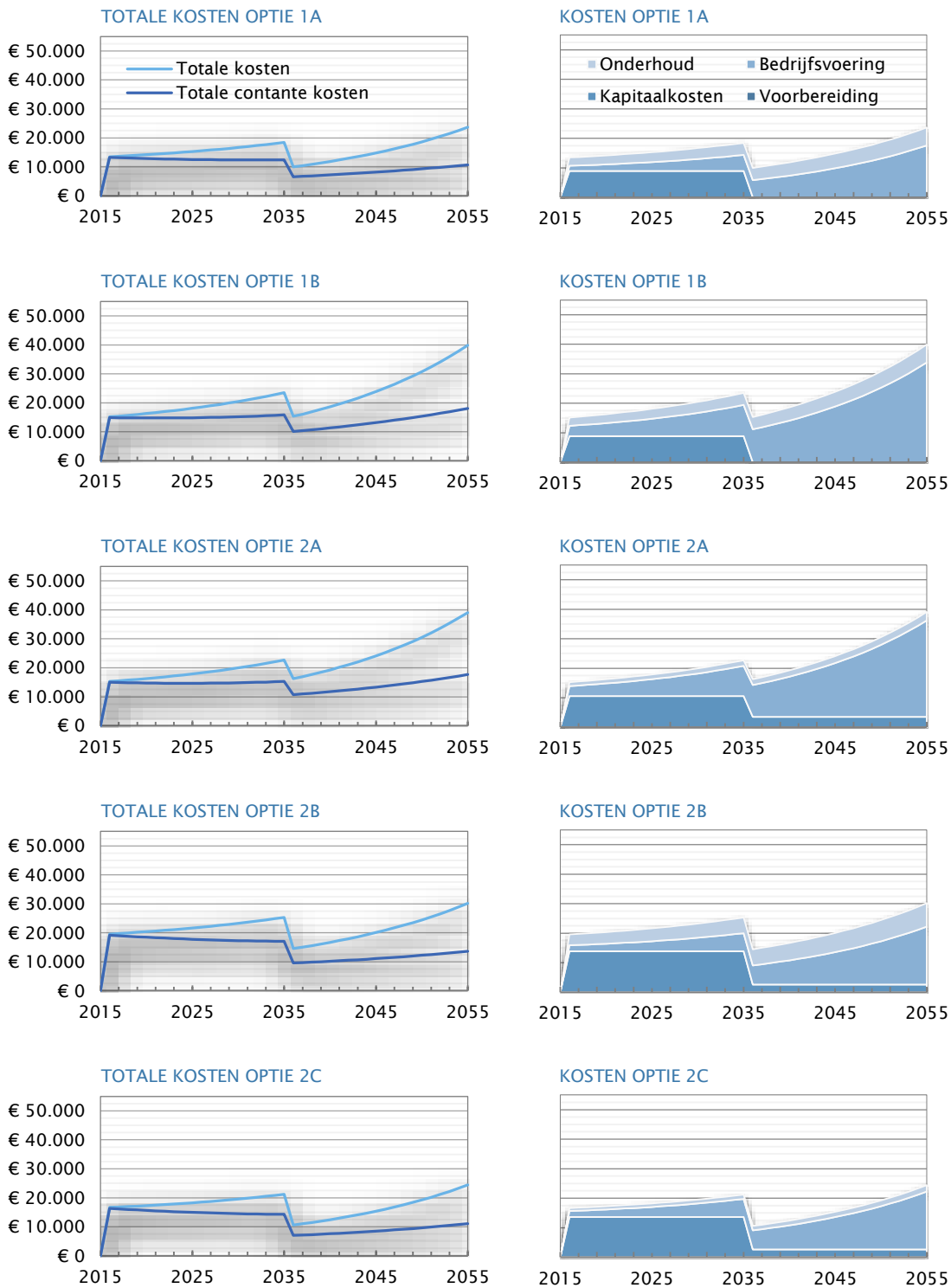
Gebleden is dat bij gebruik van elektrische doorstromers de pieklast in het elektriciteitsnet tijdens de ochtenddouches ongeveer 50% van het opgenomen vermogen bedraagt. Dat betekent in ieder geval dat warm water moet worden afgeschakeld als de noodstroom wordt aangesproken. Plaatsing van WTWs maakt de optie met elektrische doorstromers voordeliger.

dan alleen doorstromers; voor het definitief ontwerp is een meer gedetailleerde analyse nodig. Verder blijken de installatiekosten voor een elektrisch systeem op te wegen tegen de kosten van een recirculatieleiding. Verwacht wordt dat de onderhoudskosten van de doorstroomapparaten fors hoger zullen zijn.

Legionellapreventie is voor alle concepten gelijk. Wel zal preventie bij optie 1a en 1b lastiger te realiseren zijn door de kans op opwarming, bijvoorbeeld in de schachten. Het is noodzakelijk om alle tappunten doorstroomd aan te leggen. Verder wordt geadviseerd om niet thermisch te desinfecteren, maar gebruik te maken van een zogenaamde poortwachter (ultrafiltratie).

5.7 Algemene aandachtspunten voor definitief ontwerp

- Rekening houden met warmwaterverbruik van bedpanspoelers als Pharmafilter® niet geselecteerd wordt, (Bijlage IV)
- In de quick-scan is een douche van 10 L/min beschouwd; met behoud van comfort kan dit worden teruggebracht tot 8 L/min.
- Rekening moet worden gehouden met back-up systemen voor warm water en elektriciteit en flexibiliteit van het systeem.
- Extra belastingen in het elektriciteitsnetwerk moet in kaart worden gebracht om het gecontracteerd vermogen te bepalen.
- De koudwaterleidingen moeten voldoende geïsoleerd worden om opwarming te voorkomen.
- De schachten moeten worden aangelegd conform de normen in ISSO 55.1
- Water- en energieverbruik zijn berekend voor de maximale verbruikssituatie. Een gemiddeld verbruik moet worden geschat voor de definitieve kostenanalyse.



Figuur 23. Overzicht kosten voor de vijf opties

TABEL 32. CIJFERS EN KOSTEN OVERZICHT PER OPTIE.

		Cijfers per afdeling						Prijs/ Eenheid (€)	Kosten per afdeling				
		Een- heid	Optie 1a	Optie 1b	Optie 2a	Optie 2b	Optie 2c		Optie 1a (€)	Optie 1b (€)	Optie 2a (€)	Optie 2b	Optie 2c
Distributie koud	Ø = 13/15 mm koper	m	200	200	0	0	0	54	10.800	10.800	0	0	0
Distributie koud	Ø = 19.8/22 mm koper	m	0	0	200	200	200	65	0	0	12.960	12.960	12.960
Distributie warm	Ø = 13/15 mm koper	m	200	200	0	0	0	54	10.800	10.800	0	0	0
Aftakking koud	Ø = 10/12 mm Koper	m	543	543	543	543	543	54	29.322	29.322	29.322	29.322	29.322
Aftakking warm	Ø = 10/12 mm Koper	m	312	312	208	208	208	54	16.848	16.848	11.232	11.232	11.232
Leiding WTW	Ø = 8 mm Koper	m	0	0	0	0	400	45	0	0	0	0	18.000
HR ketel	Toestel	stuks	1	1	0	0	0	30.000	30.000	30.000	0	0	0
	Onderhoud	per jaar	1	1	0	0	0	2.750	2.750	2.750	0	0	0
Elektrische Doorstroom- toestellen	Toestel 21kW vermogen	stuks	0	0	52	0	0	500	0	0	26.000	0	0
	Toestel 16kW vermogen	stuks	0	0	0	52	52	375	0	0	0	19.500	19.500
	Onderhoud (5%)	per jaar							0	0	1.300	975	975
Kabels	Vermogen (1)	m	0	0	1.550	0	0	24	0	0	37.200	0	0
	Vermogen	m	0	0	0	1.550	1.550	18	0	0	0	27.900	27.900

Douche WTW	(2) Toestel horizontale	stuks	0	0	0	52	0	1.000	0	0	0	52.000	0
	Onderhoud (5%)	per jaar										2.600	
	Toestel verticale	stuks	0	0	0	0	52	600	0	0	0	0	31.200
Energiegebruik (MJ)													
4.75 m ³ water 40°C/dag		MJ/j	239.245	239.245	217.495	130.497	130.497						
8 m ³ /dag verlies van 5°C in recirculatie		MJ/j	61.530	61.530	0	0	0						
Rendement			2,5	1,3	0,95	0,95	0,95						
Energie verbruik													
Gas (31.65 MJ/m ³)/rendement		m ³ /j	3.801	7.310	0	0	15.263	0,45	1.711	3.290	0	0	0
Elektriciteit (9 MJ/KWh)/rendement		KWh	0	0	25.438	15.263		0,125	0	0	3.180	1.908	1.908

6 Betekenis voor andere ziekenhuizen

6.1 Achtergrond

Het kabinet heeft een aantal Topsectoren benoemd waar extra middelen voor zijn uitgetrokken om innovatie in deze sectoren te stimuleren. De Topsector Water is daar één van. De watersector richt zich onder andere op bescherming van de Nederlandse kust, op waterbesparende systemen en technologieën voor waterhergebruik en slimme schepen en havens. Er zal steeds minder zoetwater beschikbaar zijn voor consumenten. Nederland wil hierop inspelen. Bijvoorbeeld door duurzame oplossingen te vinden voor overstromingen of een tekort aan zoetwater. Water is een markt waarin veel verandert, maar waar ook veel winst is te behalen. Binnen de Topsector Water is een “Topconsortia voor Kennis en Innovatie (TKI)” opgezet. Dit project met Tergooi is mede gefinancierd uit middelen van de “TKI-Water”. Daar het publieke middelen betreft is de kennis die in dit project is opgedaan (deels) ook publieke informatie.

In dit hoofdstuk delen we deze kennis door de vertaling te maken naar meer algemeen toepasbare principes, die ook in andere nieuwe of bestaande zorginstellingen kunnen worden toegepast, tot de algemene utiliteitsbouw of huishoudens. We gaan kort in op van de uitkomsten van de verschillende deelonderzoeken per onderzochte technologische opties, te weten:

1. Invoering van het Pharmafilter®-concept;
2. Herstel warmte/koudebalans door de inzet van een parkeergarage als warmtewisselaar.
3. Nieuw concept voor levering van warm tapwater (lokaal bereiden van warm tapwater).

Het onderzoek geeft inzicht in de technische en economische haalbaarheid van de verschillende onderzochte concepten, waarbij een schatting is gegeven van de *Total Cost of Ownership* (TCO) en de voor- en nadelen van de concepten. Nadere verspreiding van de opgedane kennis willen we via specifieke kanalen en communicatiemiddelen uitvoeren.

6.2 Inleiding

Als onderdeel van de herontwikkelingsproject voor het landgoed Monnikenberg¹² ten oosten van Hilversum, ontwikkelt Tergooi een nieuw ziekenhuis. Voor de ontwikkeling van het nieuwe ziekenhuis heeft Tergooi zich een hoge duurzaamheidsambitie ten doel gesteld. De ontwikkeling van een nieuw ziekenhuis biedt interessante duurzaamheidsmogelijkheden. Daarbij wordt ook nadrukkelijk naar de omgeving van het ziekenhuis gekeken. Eind 2012 vond een workshop plaats waarin de thema's voor duurzaamheidsontwikkeling geïventariseerd zijn. De belangrijkste thema's waren energie, water en afval. Deze thema's zijn vervolgens in juli 2013 verder geconcretiseerd met als resultaat het nader onderzoeken van deze drie technologieën opties. Het project is een resultaat van de samenwerking tussen de partijen Tergooi, USI, Waternet, Pharmafilter BV, Ecofys, Deerns en KWR.

¹² Zie ook www.planmonnikenberg.nl

6.3 Verzamelen basisgegevens

Om de drie quick-scans uit te voeren is eerst een inventarisatie gemaakt van de benodigde basisgegevens en zijn deze vervolgens verzameld uit diverse bronnen. De waterbalans is opgesteld aan de hand van de verbruikscijfers van het ziekenhuis in Blaricum en vervolgens met expertbeoordeling en ontwerpgegevens geëxtrapoleerd naar de vergrote capaciteit van het nieuwe ziekenhuis. De energiebalans is berekend aan de hand van de EPG (Energie Prestatienorm Gebouwen, NEN7120). De (grond)stoffenbalans is afkomstig uit het Milieujaarverslag van Tergooiziekenhuizen (2012). Een juiste set van basisgegevens blijkt van belang voor de nauwkeurigheid van de onderzoeksresultaten en verdere aannames daarin.

6.4 Het Pharmafilter®-concept

Het Pharmafilter®-concept is een integraal concept voor de verzorging, afvalverwerking en zuivering van afvalwater ten behoeve van ziekenhuizen, verpleeghuizen en andere zorginstellingen. Het concept heeft grote voordelen voor de logistiek in het ziekenhuis, met meer efficiëntie en betere hygiëne. Het is een relatief nieuwe technologie die inmiddels wordt toegepast in het Reinier de Graaf gasthuis in Delft.

Voordat nieuwe technologie in een nieuwe situatie kan worden toegepast is onderzoek nodig naar de lokale omstandigheden. In Hilversum is het uitgangspunt dat de locatie zelf onvoldoende ruimte biedt voor het plaatsen van de installaties. Om die reden is samenwerking met Waternet, de beheerder van de nieuwe nabijgelegen Riool Water Zuiverings Installatie (RWZI) Hilversum, gezocht om te bekijken of de Pharmafilter®-zuivering op het terrein van de rwzi kan worden geplaatst.

Er wordt gebruik gemaakt van materialen van bioplastic die door middel van een shredder worden vermalen en via de ziekenhuisriolering worden afgevoerd. Het afvalwater wordt vervolgens lokaal gezuiverd. In de afvalwaterzuiveringsinstallatie wordt het vaste en vloeibare afval gescheiden. Het organische afval, inclusief de producten van bioplastic, wordt door vergisting voor een belangrijk deel omgezet in biogas dat wordt gebruikt voor de productie van warmte en elektriciteit ten behoeve van de installatie. Naast de normale omzettingen, worden pathogenen, medicijnen, röntgencontrastmiddelen en hormoonverstorende stoffen in de afvalwaterzuivering verwijderd. Het gezuiverde water kan na verwijdering van stikstof en fosfaat worden geloosd op het oppervlaktewater of worden hergebruikt. Er zijn drie situaties vergeleken, het conventioneel ontwerp (zonder Pharmafilter®), het ontwerp met Pharmafilter® (gesitueerd op de rwzi Hilversum) en als aparte casus het hergebruik van grijs water uit het Pharmafilter®. Dit laatste met het oog op mogelijke extra BREEAM-punten. Dat wil zeggen toepassingen die geen eigen distributienet vereisen maar leveren op één punt (voorbeelden: wasplaats ambulances, voeding RO-systemen, bevoeiing groen).

Een uitgekilde versie van deze technologie kan ook interessant zijn voor toepassingen buiten ziekenhuizen, bijvoorbeeld in grote horecagelegenheden. Stoffen op locatie kunnen worden teruggewonnen uit het afvalwater en het afvalwater kan na bewerking weer als schoon water worden benut. Ook is de technologie van de shredder bijvoorbeeld in huishoudens in te zetten, zoals in landen als de Verenigde Staten al jaren gemeengoed is.

6.5 Herstel warmte/koudebalans door de inzet van een parkeergarage als warmtewisselaar

De energiehuishouding is een belangrijk element in het nieuwe duurzame ziekenhuis. Door de vergaande isolatie van het gebouw zal er in het ziekenhuis waarschijnlijk een overschot aan warmte zijn. Om de warmtebalans te herstellen is extra koelcapaciteit nodig. Het

gebruik van de parkeergarage als warmtewisselaar kan zorgen voor een bijdrage aan het herstel van de balans, zonder dat hiervoor extra ruimte nodig is.

De parkeergarage als warmtewisselaar, bijvoorbeeld door warmtewisselende elementen op te nemen in de vloeren of de verticale gevels van de parkeergarage, wordt ingezet om in de winter de energiebalans van het WKO systeem in balans te brengen. De warmtewisselaar zal daarvoor in de winter gebruikt worden om restwarmte te koelen en/of koude in te vangen voor de koude bron van het WKO-systeem. Daarnaast is de mogelijkheid onderzocht om gebruik te maken van piek-last koeling op basis van een WKO systeem met drie brontemperaturen. De prestaties van de parkeergarage is vergeleken met het gebruik van droge koelers, zoals in het basisontwerp zijn voorzien.

Technisch is het haalbaar, de vraag naar koelcapaciteit is circa 260 MWh/jaar. Daarin kan de parkeergarage voorzien door 1 of 2 vloeren uit te rusten met een warmtewisselaarsysteem. De uitvoeringsopties van de wisselaar aan het plafond of in de vloer gestort dient nader te worden onderzocht. Deze manier van multifunctioneel gebruik van vloeren in (open) gebouwen is toepasbaar in veel meer constructies. De gedachte komt dan wel bij de bouw van het ziekenhuis vandaan, maar is generiek toepasbaar in gevallen waar koel- en parkeer capaciteit benodigd is. Wellicht kan deze koelcapaciteit ook in andere type gebouwen worden geïntegreerd, zoals de technische (buiten)ruimten.

6.6 Een nieuw concept voor warm en koud tapwater

Meestal wordt warm tapwater centraal bereid en via een warmwatercirculatiesysteem naar de gebruikspunten gebracht. In een ziekenhuis hebben veel gebruikspunten maar een heel geringe afname, bijvoorbeeld douches op patiëntenkamers. Wanneer alleen een net voor koud water wordt aangelegd met lokale productie van warm water (met elektrische doorstroomapparaten en eventueel het toepassen van douchewarmtewisselaars) kan wellicht worden bespaard op energie en materialen. Ook kan er dan eenvoudiger gesegmenteerd worden, waarbij bijvoorbeeld onderscheid wordt gemaakt tussen patiënten- en behandelkamers enerzijds en overige tappunten (bijvoorbeeld brandkranen) anderzijds. Dit biedt mogelijk voordelen voor de waterkwaliteit en het onderhoud. In de overweging is het belangrijk om de consequenties van alleen een koud waternet goed in beeld te krijgen. Bijvoorbeeld een extra zware elektrische installatie voor de lokale warmwatertoestellen, keuzen voor 'all electric' of verwarmen met gas. Met name het gelijktijdig gebruik van warm tapwater en de duur van het gebruik is van belang gebleken voor het ontwerp. Het belangrijkste inzicht is de relatief grote elektrische piekvraag die dit systeem met zich meebrengt. Met name in de situatie dat de noodstroomgenerator in gebruik is vormt dit een groot risico. In gebouwen met minder kritieke gebruikspunten, zoals in utiliteitsgebouwen, is dit systeem wellicht beter toepasbaar. Daar is het kunnen blijven gebruiken van warmwater in nood situaties wellicht minder van belang.

6.7 Conclusies

Op basis van de resultaten van deze drie quick-scans zal het Centrale OntwerpTeam (COT) van het nieuwe ziekenhuis in Hilversum besluiten of de onderzochte opties worden uitgewerkt in het definitief ontwerp van het ziekenhuis. Om dit besluit goed onderbouwd te kunnen nemen, wordt een aantal zaken nog dieper uitgewerkt in een volgende fase van dit project. Nu zijn er business cases opgesteld en doorgerekend waarin ten minste de volgende aspecten zijn benoemd:

- Financiële aspecten: voor alle concepten en deelopaties zijn de Total Cost of Ownership berekend. Daarvoor is een spreadsheet ontwikkeld, zodat in alle gevallen

dezelfde rekenwijze wordt toegepast. Voor een acceptabele terugverdientijd wordt door Tergooi een periode van 7 tot 8 jaar gehanteerd.

- Technische haalbaarheid: is realisatie mogelijk binnen de kaders van het voorlopig ontwerp van het nieuwe ziekenhuis Hilversum?
- Voor- en nadelen: wat zijn de voor- en nadelen van de gekozen opties? Hierbij is onderscheid te maken tussen de betekenis voor de bedrijfsvoering en het onderhoud, de effecten voor de patiënten en de effecten voor het verplegend personeel.
- Kennislacunes: welke onderzoeksvragen of kennislacunes resteren?
- “Show stopper”: welke aspecten die niet in de quick-scan zijn meegenomen, vormen een risico of obstakel voor de uiteindelijke realisering.

7 Conclusies

7.1 Pharmafilter®-concept

De quick-scan van het Pharmafilter®-concept heeft laten zien dat de kans groot is dat een sluitende business case mogelijk is, mits de mogelijke besparingen op personeelskosten door efficiëntieverbetering van processen rondom verpleging en afvalverwerking, en besparingen door vermeden infecties door gebruik van bedpannen en urinalen worden meegerekend. Daarnaast worden kosten bespaard op de lozing van het afvalwater. De verwijdering van geneesmiddelen in de Pharmafilter®-zuivering zorgt bovendien ervoor dat het concept ook toekomstbestendig is.

De Pharmafilter®-zuivering kan niet op het terrein van Tergooi geplaatst worden, omdat de ruimte daarvoor ontbreekt. Gezocht moet worden naar een alternatieve locatie. In de berekeningen in deze quick-scan is uitgegaan van een plaatsing van de zuivering op RWZI Hilversum. Om het afvalwater van het ziekenhuis naar de zuivering te transporteren dient een persleiding te worden aangelegd. Het plaatsen van de zuivering op een externe locatie betekent ook een beperking van de mogelijkheden voor hergebruik van het gezuiverde afvalwater. Met name de aanleg van een retourleiding en hydrofoorinstallatie zorgen voor hoge kosten in vergelijking tot de besparing op drinkwater door het hergebruik. Hergebruik zou echter wel extra BREEAM-punten opleveren.

Om directe lozing van het gezuiverde afvalwater op het oppervlaktewater mogelijk te maken is aanvullend op de Pharmafilter®-zuivering een verwijdering van stikstof en fosfaat nodig. In de TCO berekeningen is deze als optie meegenomen.

Onzekerheden die nog bestaan ten aanzien van de business case en invoering van het Pharmafilter®-concept zijn: het werkelijke aantal te gebruiken wegwerpmaterialen (Olla®'s en Botta®'s) en de uiteindelijke locatiekeuze voor de zuivering op de RWZI Hilversum of elders. Deze onzekerheden, en de emissie van geneesmiddelen door het ziekenhuis, zullen in fase 2 verder worden onderzocht.

7.2 Parkeergarage

De quick-scan van de mogelijkheden voor het inzetten van de parkeergarage als warmtewisselaar voor duurzame koeling heeft aangetoond dat de parkeergarage interessante perspectieven biedt als vervanging van of aanvulling op de geplande droge koelers. Omdat de energiebalans van het nieuwe gebouw nog niet volledig in beeld is, is nog niet bekend hoeveel koelcapaciteit precies nodig is. Op basis van een eerste ruwe schatting daarvan blijkt dat de aanleg van warmtewisselaars op één of twee verdiepingen van de parkeergarage voldoende uitwisselingscapaciteit kan bieden.

De uitvoeringsvorm en integratie van de warmtewisselaar in de constructie van de parkeergarage is nog niet volledig uitgekristalliseerd. In de berekeningen voor de TCO is uitgegaan van een systeem aan de plafonds van de etages in de parkeergarage of van een soort vloerverwarmingssysteem in het asfalt. Het plafondsysteem lijkt het beste uitwisselingsrendement te geven en heeft de laagste TCO.

In fase 2 wordt getracht een aantal onzekerheden weg te nemen ten aanzien van de haalbare koelcapaciteit, de kosten van de constructie en de risico's bij falen van de installatie.

7.3 Warm en koud tapwater

Voor de bereiding en distributie van warm en koud tapwater is een vergelijking uitgevoerd tussen de centrale bereiding van warm tapwater met warmtepompen of decentrale bereiding met elektrische doorstroomapparaten. Voor de decentrale opties zijn bovendien scenario's berekend met aanvullende douchewarmtewisselaars om warmte uit het gebruikte douchewater terug te winnen. De berekeningen zijn uitgevoerd met een "standaard" verpleegafdeling met 52 eenpersoons kamers.

De belangrijkste conclusie is dat de uiteindelijke keuze voor welk systeem het voordeligste is, sterk afhangt van de keuzes die gemaakt worden voor de totale energievoorziening van het ziekenhuis. Indien gekozen wordt voor toepassing van door een gasmotor aangedreven warmtepompen, dan is het recirculatiesysteem voor warm water in het voordeel. Wanneer echter gekozen wordt voor conventionele HR-ketels, dan kan een decentrale opwekking van warm water met elektrische doorstroomapparaten een interessant alternatief zijn.

Toepassing van elektrische doorstromers heeft vergaande consequenties voor de elektrische installatie van het ziekenhuis. Het opgenomen vermogen neemt namelijk fors toe. In de ochtend zal ongeveer 50% van het opgenomen vermogen worden gebruikt door bereiding van warm water voor de douche. De kosten voor de elektrische installatie op een afdeling zijn vergelijkbaar met de kosten voor een recirculatieleiding. Voor de berekening van de totale kosten moet echter ook rekening gehouden worden met extra kosten voor een zwaardere aansluiting op het elektriciteitsnet en het plaatsen van een eventuele extra transformator.

De resultaten van de quick-scan zijn voldoende onderbouwd voor de verdere invulling van het definitief ontwerp van het ziekenhuis. Er zal daarom in fase 2 van het project geen verdere verdieping van dit thema plaatsvinden.

8 Literatuur

ISSO-kontaktgroep 43 (2001). ISSO – publicatie 55. Tapwaterinstallaties voor woon- en utiliteitsgebouwen. Rotterdam: Stichting ISSO. ISBN 90-5044-079-7.

ISSO- 55.4 (2001). ISSO – publicatie 55. Alternatieve technieken voor legionellapreventie in collectieve leidingwaterinstallaties. Rotterdam: Stichting ISSO. ISBN 978-90-5044-255-8

Lodder en Kind. (2014). Veilige, betaalbare warmtapwaterinstallatie met decentrale elektrische geisers. [VV+](#). UNETO-VNI.

<http://www.milieubarometer.nl/>

Bureau Ruimtewerk, milieueffectrapport zorgpark Monnikenberg hilversum, december 2012

KNMI, monitoringsdata klimaatgegevens, 2001-2010 meetstation de Bilt, 260, De Bilt 2011. Gedownload van www.knmi.nl op 1-2-2014.

Tergooi, www.planmonnikenberg.nl. 1-2-2014.

Bijlage I

Gegevens Waterbalans

		Blaricum huidig	Hilversum toekomstig	Hilversum toekomstig	Hilversum toekomstig		
			na extrapolatie	met zekere maatregelen uit VO	met maatregelen VO+ quick- scans [m3]	l/m2/etm	l/bed/etm
watergebruikers (incl. subtotaal) [m3]	grondslag extrapolatie						
stoombevochtiging (winter)	oppervlak	4,5	7	7	7	0,10	15
buitenramen wassen (gem)	oppervlak	0,5	1	1	1	0,01	2
drinkwater gebruik bezoekers, verpleging, medewerkers, poliklinische patiënten	bedden	7	9	8	8	0,12	18
Afwasmachines verpleegafdeling decentrale keuken/po/bedpanspoelers	bedden	10	13	13	8	0,11	17
koudwater toiletten, wastafels patiëntenkamers	bedden	25	33	24	24	0,35	52
via ionenwisselaar: water technische installaties/stoomketels	nvt	17	24	24	3	0,04	6
koud water naar boiler	bedden	4	5	5	0	0,00	0
koudwater deel douche tbv patienten/personeel	bedden	14	19	19	37	0,53	80
koudwater gedeelte afwasmachine centrale keuken naar RO1 water	bedden	2	3	0	0	0,00	0
naar RO2: Demiwater	nvt	5	8	5	5	0,07	11
naar RO2: Demiwater	nvt	3	5	5	5	0,07	11
koelwater gebouw	oppervlak	0	0	0	0	0,00	0
spoelen Tonto	nvt		0	0	4	0,05	8
dialysebehandelingen	nvt		17	17	17	0,24	36
conditionering (incl. subtotaal) [m3]		0	0	0	0	0,00	0
ingaaand RO1:		5	8	5	5	0,00	0
water tbv afwasmachine centrale keuken naar laboratorium tbv 2 autoclaven	bedden	2	3	0	0	0,00	0
concentraat	bedden	3	4	4	4	0,06	9
tekort/overschot	nvt	1	1	1	1	0,01	2
ingaaand RO2:		3	5	5	5	0,00	0
3 wasmachines CSA	bedden	2	3	3	3	0,04	6
Klinisch clean chemisch lab	bedden	1	1	1	1	0,02	3
concentraat	nvt	0,6	1	1	1	0,01	2
tekort/overschot							
ingaaand harsbedden:		17	24	24	3	0,00	0
naar ontgasser tbv suppletie ketelvoedingswater tbv warmtapwater douche	bedden	2	3	3	3	0,00	0
regeneraat	bedden	14	19	19	0	0,00	0
tekort/overschot	nvt	1,7	2	2	0	0,00	1
inkoop leidingwater	m3/etmaal	92	145	129	120		
lozing riolering	m3/etmaal	87	136	121	112		

Bijlage II

Metingen in Blaricum

Op 12 februari zijn de volumestroommeters in Blaricum geplaatst. Metingen zijn uitgevoerd gedurende twee weken. Vier volumestromen zijn geïnstalleerd:

1. Hoofdsuppletiestroom warmwater (1 punt in het ketelhuis – Figuur 1)
2. Kraamafdeling (3 punten koud water, warmwater instroom en retourflow in de recirculatie leiding – Figuren 2-3). Op de tweede verdieping.

De volgende metingen zijn ter plekke uitgevoerd rond 17u.

	Maximum volumestroom
Wastafel	0.25 l/s (15 l/min)
Douche	0.15 l/s (9 l/min)
Toilet	9 l/spoelbeurt

Personeel werkt in 3 shifts: 7u – 15u, 15u – 23u, 23u -7u.

Het aantal bedpanspoelers in Blaricum is ~20. Type/Merk: Duo flush/van Vliet

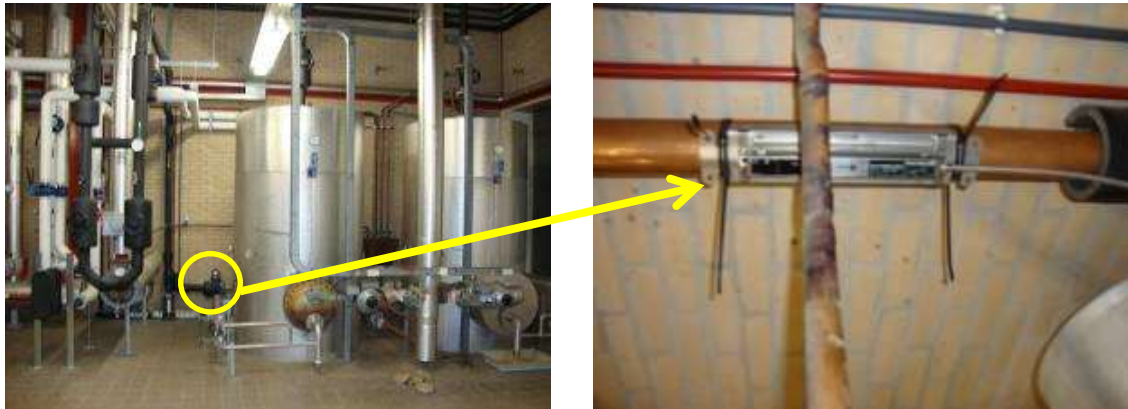
Openingstijden	
Hoofdingang	werkdagen van 07.00-21.00 uur weekend en feestdagen 09.00-21.00 uur
Ingang Poliklinieken	werkdagen van 07.00-18.00 uur

Andere grote waterverbruikers zijn de keuken en de koffieapparaten, maar daarvan zijn geen gegevens beschikbaar.

Over de bezettingsgraad zijn geen vaste getallen bekend. Die varieert per afdeling en gedurende het jaar, bv. in de kraamafdeling varieert de bezettingsgraad tussen 70%-100%. In Blaricum is een deel van het ziekenhuis niet meer in gebruik (lege kamers).

TABEL 33. AFDELINGEN MET AFWIJKENDE BEZOEKTIJDEN LOCATIE BLARICUM

Afdeling B20, Verloskunde	
Algemeen bezoek	10.00 - 13.00 uur 15.00 - 20.00 uur
Partners	8.00 - 22.00 uur
EHH/CCU (IC)	
Dagelijks bezoek	Op afspraak
Afdeling A14, Psychiatrie	
Maandag t/m donderdag	18.30 - 20.00 uur
Vrijdag	18.30 - 21.00 uur
Weekend en feestdagen	13.30 - 21.00 uur
Afdeling B26	
Kamer 3 en 4: Braincareunit	11.30 - 12.00 uur 16.00 - 17.00 uur 19.00 - 20.00 uur



Figuur 24. Meetpunt in het ketelhuis: Hoofdsuppletiestroom warmwater.



Figuur 25. Meetpunt in de schacht 2de verdieping.



Figuur 26. Plattegrond 2de verdieping.

Bijlage III

Kosten voor extra zuivering voor stikstof- en fosfaatverwijdering

Voor hergebruik van effluent is verdergaande verwijdering van N en P tot aan eisen voor lozing oppervlaktewater nodig.

De tabel geeft de effluent-waarden bij het Pharmafilter® bij Reinier de Graaf gasthuis en de gangbare effluenteisen voor een rwzi van Waternet:

TABEL 34. CONCENTRATIES IN EFFLUENT VS LOZINGSEISEN (STOWA, 2012)

Parameters	Influent (mg/L)	Effluent (mg/L)	Verwijdering (%)	RWZI eis (mg/L)
CZV		6	99,6	125
BZV		1,2	99,5	20
N-kj		0,4	99,7	
NH ₄ -N		0,3	99,3	
N-tot		30	76	10
P-tot	25	6	76	1

De N-tot bestaat voornamelijk uit NO₃. Dit zou verder gezuiverd kunnen worden met aanvullende C-dosering (acetol) (notulen 2013-11-20 technisch overleg Waternet en Pharmafilter). De vorm van P-tot is onbekend. Dit kan verder gezuiverd worden met metaalzoutdosering.

Aannames:

- De influent- en effluentconcentraties zijn gelijk aan de concentraties bij Reinier de Graaf.
- Het influent- en effluentdebiet bedraagt 300.000 m³/jaar. (Voor het nieuwe ziekenhuis in Hilversum bedraagt dit 45.000 m³/j).

Verwijdering P

De Me/P verhouding op gangbare chemische P verwijderingsinstallaties van Waternet is 0,4-1,2 mol/mol. Als Me/P-verhouding wordt aangenomen 1 mol/mol. De aanvoer is dan dus 25 mg/L * 300.000 m³/jaar = 7,5 ton P/jaar = 242 kmol P/jaar. Benodigd is dus 242 kmol Me/jaar. In de onderstaande tabel zijn de kosten per metaalzoutdosering getoond. De kosten zijn gebaseerd op door Waternet gebruikte chemicaliën voor klein bulk. Voor FeSO₄*7H₂O is dit een schatting.

TABEL 35. SCHATTING KOSTEN CHEMICALIËN VOOR P-VERWIJDERING PHARMAFILTER AMC

Product	Molgew (g/mol)	Oplossing (%)	Verbruik (ton/jr)	Kosten (€/ton)	Kosten (€/jr)
FeCl ₃	162,5	40	98,3	€ 202,00	19.857
FeClSO ₄	187,5	41	110,6	€ 182,00	20.129
FeSO ₄ *7H ₂ O	278	100	67,3	€ 177,00	11.912
Al(OH)Cl ₃	115	30,7	90,6	€ 250,00	22.650
NaAl(OH) ₄	82	21,3	93,1	€ 250,00	23.275

Voor gebruik van FeSO₄*7H₂O is een oplostank nodig, daarom zijn deze lager geprijsd.

De kosten voor de chemicaliën voor P-verwijdering zijn afhankelijk van het gebruikte metaalzout, circa € 20.000 per jaar. Daarnaast zijn er nog kosten voor de installatie van de metaalzoutendosering. Deze liggen in de orde van grootte van € 200.000 (gebaseerd op investeringskosten van de metaalzoutendosering opslagtank voor rwzi Hilversum 2013).

Verwijdering N

Er is theoretisch 2,86 kg CZV nodig voor 1 kg NO₃-N. Een verhouding van 4,5 CZV/N is nodig in de praktijk. De effluent-aanvoer is dus 30 mg/L * 300.000 m³/jaar = 9 ton NO₃-N/jaar. Hiervoor is dus circa 40,5 ton CZV/jaar nodig.

De prijzen voor methanol en azijnzuur zijn aangegeven in Tabel 36.

TABEL 36. SCHATTING KOSTEN CHEMICALIËN VOOR N-VERWIJDERING BIJ PHARMAFILTER AMC

Product	CZV/kg	Verbruik (ton/jr)	Kosten (€/ton)	Kosten (€/jr)
Methanol CH ₃ OH	1,5	27	€ 519,00	14.013
Azijnzuur CH ₃ COOH	1,07	38	€ 426,70	16.215
Acetol CH ₃ COCH ₂ OH	1,51	26,8	?	?

De kosten voor de benodigde chemicaliën voor verdergaande NO₃-verwijdering zijn dan circa € 15.000 per jaar. De kosten voor acetol komen op circa € 20.000 per jaar (schatting Erwin Koetse, Pharmafilter).

Daarnaast zijn er kosten voor opslag en dosering. De prijs hiervan voor methanol is circa € 200.000 (referentie: voor het 1-STEP filter met een dosering van 820 ton/jaar zijn de bouwkosten 250.000-300.000 euro). Voor azijnzuur zijn deze kosten lager, circa € 150.000 (ruwe schatting). De schatting van Erwin Koetse (Pharmafilter) is veel lager, namelijk € 45.000.

De totale kosten zijn aangegeven in Tabel 37.

TABEL 37. SCHATTING TOTALE KOSTEN VOOR VERDERGAANDE P EN N VERWIJDERING

	Bij 300.000 m ³ /j	Bij 45.000 m ³ /j
Chemicaliën	€ 35.000 per jaar	€ 6.000
Investering voor opslag en dosering	€ 350.000-400.000	€ 175.000

Bijlage IV

Bedpanspoeler

In Blaricum zijn er ca. 17 bedpanspoelers die ieder met een frequentie van ca. 10 spoelingen per dag worden gebruikt. Zij zijn op koud en warm water aangesloten en verbruiken ca. 12-14 liter warm water en ca. 8-10 liter koud water per spoeling. Dat wil zeggen dat er totaal ongeveer 3,5 m³/dag voor de bedpanspoeler wordt gebruikt.

TABEL 38. WATERVERBRUIK BEDPANSPOELERS

Bedpanspoelers	17	aantal
Frequentie	10	keer/dag
Koud water	8	liters
Warmwater	12	liters
Verbruik per keer	20	liters
Dagelijks verbruik totaal	3,4	m ³ /dag
Koud water	1,36	m ³ /dag
Warmwater	2,04	m ³ /dag

Drie gebruiksfrequenties van de bedpanspoeler zijn gedefinieerd:

- Geen gebruik
- Gemiddeld gebruik: 2 bedpannen per spoeler en een gebruiksfrequentie van 0.67 x per dag per bed
- Intensief gebruik: 1 bedpannen per spoeler en een gebruiksfrequentie van 1.33 x per dag per bed

TABEL 39. REKENREGELS WATERVERBRUIK BEDPANSPOELER.

Type zorginstelling		verzorgingshuis met eenpersoonskamers			
		woon-zorgcombinatie	geen bedpanspoeler	gemiddeld gebruik bedpanspoeler	intensief gebruik bedpanspoeler
selecteer gebruik bedpanspoeler		geen bedpanspoeler	geen bedpanspoeler	gemiddeld gebruik bedpanspoeler	intensief gebruik bedpanspoeler
aantal bedden		68	68	68	68
Kentallen waterverbruik					
MMVkoud	[l/s]	1,3	1,1	1,5	1,7
MMVwarm	[l/s]	0,7	0,6	0,8	1,0
MWW in 10 minuten	[l]	206	200	220	227
MWW in 60 minuten	[l]	541	644	671	767
MWW in 120 minuten	[l]	832	965	1033	1192
MWW in 24 uur	[l]	3149	2398	3084	4182

Type zorginstelling		woon- zorgcombinatie		verzorgingshuis met eenpersoonskamers		
		geen bedpanspoeler	geen bedpanspoeler	gemiddeld gebruik bedpanspoeler	intensief gebruik bedpanspoeler	
aantal bedden			612	612	612	
Kentallen waterverbruik						
MMVkoude	[l/s]	4,8	4,6	5,5	6,3	
MMVwarme	[l/s]	2,4	2,1	2,7	3,3	
MWW in 10 minuten	[l]	7734	864	966	1083	
MWW in 60 minuten	[l]	3208	3816	4264	4880	
MWW in 120 minuten	[l]	5551	6545	7442	8491	
MWW in 24 uur	[l]	24045	18594	25104	33242	

Bijlage V

Schatting gebruik Olla®'s en Botta®'s in nieuw ziekenhuis

Steekproef Blaricum 10 maart 2014

- Kraamafdeling: 2 vrouwen per dag: ongeveer 10 po's per dag (ong. 7% van de pat.)
- Neurologie: 10 vrouwen per dag en 10 mannen per dag (ong. 75% van de pat.)
- Geriatrie: ong. 5 vrouwen en 5 mannen per dag (ong. 40% pat.)
- Cardiologie: 20 urinalen en 20 po's op een dag. (ong. 20% van de pat.)
- Urologie: 10% van de pat. (2 personen) gebruikt een po en 95% een urinaal (17 personen)
- Kinderafdeling, en CCU buiten beschouwing gelaten: op CCU veel katheters.
- Steekproef Hilversum maart 2014-03-10
- Interne (D3): 75 % van de patiënten (14 personen) gebruikt of een po of een urinaal: 7 om 7
- orthopedie gebruikt 90% van de patiënten een po of urinaal in de verdeling 60% vrouw en 40 % man (32 personen)
- Interne (B0) gebruikt 45 % van de populatie een po of urinaal in 50-50 verdeling (ong. 17 personen)
- Andere afdelingen en dagverpleging niet meegenomen.

Van de bezochte afdelingen gebruikt er wisselend aantal mensen een po of urinaal. Globaal geschat over de acht bezochte afdelingen worden er per dag 290 po's en 320 urinalen gebruikt over ongeveer 226 patiënten.

Van alle huidige afdelingen gebruiken de IC, CCU, kinderafdeling en dagverpleging/kort verblijf vrijwel geen van deze instrumenten. Het gaat hier op dit moment over ongeveer 153 patiënten. Een aantal afdelingen niet meegenomen.

Op basis van bovenstaande: komt men op een percentage van ruim 30% van de patiënten die een po of urinaal gebruikt, uitgaande van 5 toiletbezoeken per dag. Gezien het feit dat men moeite had om dit in te schatten, en er naar alle waarschijnlijkheid zelfs meer dan 5 po's of urinalen per patiënt gebruikt wordt, is dit een veilige aanname.

Het aantal urinalen kan niet helemaal terug naar 1 per man (64 ongeveer in de steekproef), omdat met name op Urologie ook portiemeting gedaan wordt (hoeveel plas je per keer), of na elke keer dat men urineert moet de urine gezeefd worden om te zien of een niersteen al gepasseerd is. Vraag is of je dit met een Botta® ook kunt. Zo ja, dan worden 320 urinalen vervangen door 64 Botta®'s, anders wellicht ongeveer 100. Als de zak van de Botta® niet tussendoor geleegd kan worden, is de vervanging urinaal-Botta 1 op 1. De schatting van de po's is wellicht nog aan de lage kant. Maar 290 po's wordt zeker 290 Olla®'s. Voor nu wordt uitgegaan van een helft waarbij de 24 uren Botta® afdoende is, en voor de overige helft wordt er toch voor elke plas een Botta® ingezet, dit komt op een gemiddeld verbruik van 2,5

Bijlage VI

Berekening Total Cost of Ownership

Inleiding

Tergooi heeft de ambitie om een duurzaam en energiezuinig ziekenhuis te realiseren in Hilversum. De opties om duurzaamheid te bereiken moeten echter ook kosteneffectief zijn. Om een goede afweging van de kosteneffectiviteit te maken, zijn de opties beoordeeld op Total Cost of Ownership.

Om de TCO te berekenen is een speciale spreadsheet ontwikkeld. In deze spreadsheet dient eerst een aantal basisuitgangspunten te worden gedefinieerd, vervolgens kan worden ingevoerd welke investeringen gedaan moeten worden, kan worden ingevoerd welke bedrijfsvoeringskosten worden verwacht en welke (periodieke) onderhoudskosten worden verwacht.

Vervolgens worden de jaarlijkse kosten hieruit berekend. De kosten worden geïndexeerd. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen een algemene inflatiecorrectie en daarnaast een aparte indexering voor kosten voor gas en elektriciteit. Van de jaarlijkse kosten wordt vervolgens de contante waarde berekend en het geheel gesommeerd tot de TCO. Hieronder wordt de berekening in detail beschreven.

Investeringen

De investeringen moeten worden gespecificeerd op twee tabbladen. De eerste groep gegevens die moeten worden ingevoerd, betreffen de afschrijftermijnen en de evaluatieperiode waarover de TCO moet worden berekend. Er kunnen vier verschillende afschrijftermijnen worden ingevuld voor verschillende onderdelen van de installatie. Op deze manier kan onderscheid gemaakt worden tussen civiele constructies, elektrotechniek, werktuigbouwkundige werken of onderdelen die op korte termijn worden afgeschreven. Figuur 27 toont het voorbeeld en de gebruikte standaardwaarden.

Algemeen			
Evaluatieperiode installatie		40	jaar
Afschrijftermijn 1 (civiel)		20	jaar
Afschrijftermijn 2 (WTB)		15	jaar
Afschrijftermijn 3 (elektra)		10	jaar
Afschrijftermijn 4 (kort)		5	jaar
Startjaar (Jaar 0)		2015	
Eindjaar		2055	

Figuur 27. Invoerveld voor afschrijf- en evaluatietermijnen (Tabblad "Basisgegevens").

Van belang zijn ook de gebruikte rentes op de leningen (Figuur 28). Alle leningen (vreemd vermogen) worden annuïtair afgeschreven. Naast vreemd vermogen is het mogelijk om ook eigen vermogen in te brengen in de spreadsheet. Voor het eigen vermogen wordt gerekend met een percentage dat compenseert voor de gedeerde rente op eigen vermogen.

Financiering		
Inbreng eigen vermogen		€ -
Rente op eigen vermogen		2.00%
Rente op vreemd vermogen		6.00%

Figuur 28. Invoerveld rentes op eigen en vreemd vermogen. Ook wordt hier het bedrag van het ingebrachte eigen vermogen gespecificeerd (Tabblad "Basisgegevens").

Op het tabblad "Stichtingskosten" kunnen vervolgens de werkelijke investeringkosten en voorbereidingskosten worden ingevoerd (Figuur 29). Op dit blad zijn vier invoervelden te vinden, die gekoppeld zijn aan de vier verschillende afschrijftermijnen. Verder kan worden aangegeven of een investering na de afschrijftermijn opnieuw moet worden gedaan, bijvoorbeeld voor vervangende onderdelen. Na afloop van elke afschrijftermijn wordt dan opnieuw het bedrag van de investering opgenomen, waarbij het bedrag geïndexeerd wordt met de algemene index.

Vorbereidingskosten worden ook bij de stichtingskosten meegeteld en komen terecht in jaar 0 (Figuur 30). Op de stichtingskosten wordt niet afgeschreven. Hier kunnen bijvoorbeeld kosten voor adviseurs of kosten voor vergunningaanvragen worden vermeld.

Investeringskosten		20 jaar					
Afschrijftermijn							
Omschrijving	Aantal	Eenheid	Prijs per eenheid	Totaal	Herinvestering?	2015	2035
Pharmafilter installatie, licentie, opbouw	1	stuks	€ 2,520,000	€ 2,520,000	Ja	€ 2,520,000	€ 1,872,294
Aanleg N,P verwijdering	0	stuks	€ 175,000	€ -	Nee	€ -	
Aanleg persleiding naar rwzi	1	stuks	€ 355,000	€ 355,000	Nee	€ 355,000	
Aanleg grijswater-hydrofoor	0	stuks	€ -	€ -	Nee	€ -	
				€ -		€ -	
				€ -		€ -	
				Af: Inzet Eigen Vermogen		€ -	
Totaal						€ 2,875,000	€ 1,872,294

Figuur 29. Invoerveld investeringskosten voor afschrijftermijn 20 jaar. Ook voor de andere afschrijftermijnen zijn vergelijkbare invoervelden aanwezig (Tabblad "Stichtingskosten").

Vorbereidingskosten		Geen Afschrijving					
Omschrijving	Aantal	Eenheid	Prijs per eenheid			Totaal	
Installatie	0	stuks	€ 100,000			€ -	
Ontwerp	0	uur	€ 120			€ -	
Oplevering	0	uur	€ 80			€ -	
Vergunning	1	stuks	€ 10,000.00			€ 10,000	
						€ -	
						€ -	
						€ -	
Totaal						€ 10,000	

Figuur 30. Invoerveld voor voorbereidingskosten (Tabblad "Stichtingskosten").

Bedrijfsvoeringskosten

Bedrijfsvoeringskosten en kostenbesparingen kunnen worden gespecificeerd in tabblad "bedrijfsvoeringskosten". Bij bedrijfsvoering kan het jaarlijkse materiaalverbruik,

energieverbruik en waterverbruik en de kosten per eenheid worden opgegeven (elektriciteitsgas en waterprijs worden ingevoerd op tabblad "basisgegevens") (Figuur 31). De spreadsheet berekent vervolgens over alle jaren van de evaluatieperiode de geïndexeerde kosten uit. Ook de kostenbesparingen kunnen op deze manier worden ingevoerd (Figuur 32).

Bedrijfsvoering					0	1	2	3
					2015	2016	2017	2018
Omschrijving	Aantal	Eenheid	Prijs per eenheid	Totaal				
Verbruik Elektriciteit per jaar	38544	kWh	€ 0.13	€ 4,818	€ 5,107	€ 5,414	€ 5,738	
Verbruik Gas per jaar	0	m ³	€ 0.45	€ -				
Verbruik Water per jaar	2803	m ³	€ 1.75	€ 4,906	€ 5,004	€ 5,104	€ 5,206	
Verbruik chemicaliën per jaar	1051.2	L	€ 1.20	€ 1,261	€ 1,287	€ 1,312	€ 1,339	
Olla's	61200	stuks	€ 2.03	€ 124,236	€ 126,721	€ 129,255	€ 131,840	
Botta's	25500	stuks	€ 2.30	€ 58,650	€ 59,823	€ 61,019	€ 62,240	
Huur grond watermet	1		€ 25,000	€ 25,000	€ 25,500	€ 26,010	€ 26,530	
Operationele kosten zuivering N,P	0		€ 6,000	€ -				
kosten SZA	5,700	kg	€ 1.30	€ 7,410	€ 7,558	€ 7,709	€ 7,864	
Kosten bedrijfsafval	78,000	kg	€ 0.15	€ 11,700	€ 11,934	€ 12,173	€ 12,416	
Kosten uitgestigt slib	326,970	kg	€ 0.04	€ 13,079	€ 13,340	€ 13,607	€ 13,879	
Lozingsheffing	1		€ 40,500	€ 40,500	€ 41,310	€ 42,136	€ 42,979	
Totaal				€ 291,560	€ 297,584	€ 303,740	€ 310,031	

Figuur 31. Invoerveld bedrijfsvoeringskosten (Tabblad "Bedrijfsvoering").

Kostenbesparing/Inkomsten					0	1	2	3
					2015	2016	2017	2018
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	0	m ³	€ 1.75	€ -				
Tijdbesparing	3	FTE	€ 40,000	€ -120,000	€ -122,400	€ -124,848	€ -127,345	
Infecties	0	stuks	€ 100,000	€ -				
				€ -				
				€ -				
Totaal				€ -120,000	€ -122,400	€ -124,848	€ -127,345	

Figuur 32. Invoerveld kostenbesparingen en inkomsten (Tabblad "Bedrijfsvoering").

Onderhoud

Onderhoud kan worden ingevoerd op het tabblad "Onderhoud". Dit tabblad bevat een invoerveld voor periodiek onderhoud (Figuur 33) en een voor incidenteel onderhoud. Dat laatste is natuurlijk in een ontwerptraject niet te voorspellen, maar kan gebruikt worden om de TCO voor een bestaande installatie actueel bij te houden.

Bijzonder aan het periodiek onderhoud is dat ook de cyclus moet worden ingevoerd. Indien de ingevulde waarde voor de cyclus hoger is dan 1, dan wordt de kosten voor de betreffende onderhoudsregel met een langere tussenperiodes ingevuld. Bijvoorbeeld als de cyclus op 3 staat, vind het onderhoud plaats in de jaren 1, 4, 7 enz.

Naast onderhoudsmaterialen kan ook werktijd worden ingevoerd. De specificatie van de uurkosten is gekoppeld aan de functies in tabblad "basisgegevens" (Figuur 34). Hier kunnen verschillende functies worden gespecificeerd met verschillende uurtarieven. In het tabblad "Onderhoud" kunnen die vervolgens met een rolmenu worden geselecteerd.

Periodiek onderhoud						1	2	3	4
Omschrijving	Aantal	Eenheid	Prijs per eenheid	Cyclus	Totaal	2016	2017	2018	2019
Materialen	1	stuks	€ 800	3	€ 800	€ 816			€ 866
Ontwerp	0	uur	€ 120	15	€ -				
Oplevering	0	uur	€ 80	1	€ -				
Tonto	24	stuks	€ 1,200	1	€ 28,800	€ 29,376	€ 29,964	€ 30,563	€ 31,174
Pharmafilter	1	stuks	€ 60,500	1	€ 60,500	€ 61,710	€ 62,944	€ 64,203	€ 65,487
Zuivering N,P	0	stuks	€ 5,000	1	€ -				
				1	€ -				
Totaal					€ 90,100	€ 91,902	€ 92,908	€ 94,766	€ 97,527

Figuur 33. Invoerveld voor periodiek onderhoud (Tabblad "Onderhoud").

Tarieven Menskracht	
Aanleg/bouw	€ 52 /uur
Bedrijfsvoering en Onderhoud	€ 52 /uur
Beheer	€ 80 /uur
Ontwerp	€ 120 /uur
Oplevering	€ 80 /uur
Vergunningen	€ 100 /uur
Vorbereiding financiering	€ 80 /uur

Figuur 34. Invoerveld voor tarieven voor menskracht (Tabblad "Basisgegevens").

Overzicht

In het tabblad "Overzicht" worden vervolgens alle berekeningen samengebracht en wordt de TCO berekend.