

KWR 2016.033 | Mei 2016

**Innovatieve
oplossingen
energie- &
waterketen
Lelystad Airport en
Airport Garden City**

TKI-clusterproject Sustainable Airports
Energie-Water-Nexus

Innovatieve oplossingen energie- & waterketen Lelystad Airport en Airport Garden City



TKI-clusterproject Sustainable Airports Energie-Water-Nexus

KWR 2016.033 | Mei 2016

Opdrachtnummer

400990

Projectmanager

Jan Willem Kooiman

Projectpartners

Lelystad Airport, OMALA

Kwaliteitsborger

Frank Oesterholt

Auteurs

Martin Bloemendal, Edwin de Buijzer, Laura Snip, Ilse Pieterse-Quirijns, Claudia Agudelo-Vera, Annemieke van Doorn, Marcel Paalman

Verzonden aan

Lelystad Airport: Erik Alfrink

OMALA: Dennis Meerburg

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

Jaar van publicatie
2016

Meer informatie

Ir. F.I.H.M. Oesterholt

T 030 60 69 575

E frank.oesterholt@kwrwater.nl



Samenvatting

Door de bekrachtiging van het Luchtvaartbesluit in 2015 is de uitbreiding van Lelystad Airport mogelijk gemaakt. De organisatie Lelystad Airport (LA) geeft in haar beleidsplan Corporate Responsibility een hoge prioriteit aan een duurzame ontwikkeling van de luchthaven. Voor een nadere uitwerking van dit thema hebben Lelystad Airport en gebiedsontwikkelaar OMALA (voor Businesspark Airport Lelystad) samen met KWR het initiatief genomen om vanuit de “groene weide”- situatie een innovatieve duurzame waterketen en bodemenergiesysteem te onderzoeken. Hierbij is het van belang dat de duurzaamheid zichtbaar is op de locatie, het bijdraagt aan de circulaire gebiedsontwikkeling en dat rekening gehouden wordt met de verwachte groei van de luchthaven.

De luchthaven moet in 2018 operationeel zijn, waarbij een groei wordt verwacht van 1,5 – 1,7 miljoen passagiers in 2023 tot 6,7 miljoen na 2043. Parallel realiseert Ontwikkeling Maatschappij Airport Lelystad Almere (OMALA) een hoogwaardig, groen en duurzaam business park, welke ontwikkeld wordt op basis van de BREEAM-normen voor duurzame gebiedsontwikkeling. Op het bedrijventerrein OMALA Mainpark A6 en Airport Garden City zullen zich voornamelijk logistieke bedrijven vestigen, een hotel en een Leisure Dome, welke laatste gericht is op indoor familie entertainment en organisatie van grote evenementen.

Voor een duurzame waterketen is beperking van het (drink)watergebruik de eerste stap, gevolgd door cascadering van het watergebruik en ten slotte het onttrekken van grondstoffen en energie uit het (afval)water. Tegelijkertijd is de haalbaarheid van innovatieve methoden om thermische energie uit duurzame bronnen te winnen verkend. Hierbij is het nodig om een masterplan voor de bodem te ontwikkelen dat in de eerste plaats uitwisseling van thermische energie tussen gebouwen in de bodem faciliteert.

Drinkwatervoorziening

Voor de terminal, vliegtuigen en de verschillende gebouwen op de bedrijfsterrinen is, met behulp van bij KWR aanwezige kennis, data en kengetallen voor koud- en warmwaterverbruik in utiliteitsbouw, berekend hoeveel drinkwater er gemiddeld per dag nodig zal zijn. De berekeningen zijn uitgevoerd voor groeiscenario N2 (3,7 miljoen passagiers in 2033) en N3 (6,7 miljoen passagiers na 2043). Het drinkwaterverbruik zal variëren tussen ongeveer 135 m³/dag bij het begin van groeiscenario N2 en 735 m³/dag bij groeiscenario N3 en volledige bezetting van evenementen (zie Tabel 1). Dit drinkwaterverbruik hangt ook af van de keuze voor waterzuinige apparatuur, als vacuümtoiletten en waterbesparende douches of voor standaard of luxere apparaten, zoals een regendouche en sensor kraan.

TABEL 1 DRINKWATERVERBRUIK PER DAG PER GEBOUW BIJ LA/OMALA

Gebouw	Minimum drinkwaterverbruik (m ³ /dag)	Maximum drinkwaterverbruik (m ³ /dag)
Terminal	21.7	185.4
Vliegtuigen	1.0	4.3
Mainpark	4.4	18.5
Hotel	63.4	147.6
Leisure Dome	43.9	377.0
Totaal	134.3	732.9

Uit de berekeningen blijkt dat voornamelijk het toiletgebruik en de keuze voor bepaalde (waterbesparende)apparatuur effect heeft op de hoeveelheid benodigd drinkwater. Alleen in het hotel blijken andere waterverbruikers dan het toilet, zoals douche en bad, van significant belang. Tenslotte zal het berekende drinkwaterverbruik sterk wijzigen als zich zogenaamde gamechangers, als bijvoorbeeld een tweede hotel of een zwemparadijs, zouden vestigen op Airport Garden City. Een hotel is een groot waterverbruiker en zal ertoe leiden dat er extra water en energie verbruikt wordt. Daarentegen kan een extra hotel ook voor veel grijswater zorgen, die als het wordt opgeslagen, ook hergebruikt zou kunnen worden. Het verbruik van een zwemparadijs kan vergeleken worden met het verbruik van de hamam/spa.

Cascadering watergebruik

Een duurzame oplossing voor de drinkwatervoorziening, naast het gebruik van waterbesparende apparatuur, is het gebruik van alternatieve bronnen zoals hemelwater en grijswater. Uit de berekeningen blijkt dat het geproduceerde grijswater door handen wassen voldoende is voor het doorspoelen van het een waterbesparende of vacuümtoilet. In het hotel wordt door douche- en bad gebruik zelfs genoeg grijswater geproduceerd om te voorzien in de toiletspoeling tijdens conferenties en feesten en - als gekozen wordt voor een luxere uitvoering van douche en bad - tevens voor de toiletspoelingen in de Leisure Dome. Hiervoor is wel opslagruimte nodig, een tweede leidingnet en - bij grijswater gebruik voor toiletspoeling uit het hotel in de Leisure Dome - ook een grijswatertransportleiding.

Behalve grijswater kan ook hemelwater gebruikt worden voor toiletspoeling. Voor de gebouwen bij LA/OMALA is met een neerslag van gemiddeld 800 mm per jaar en een collectie efficiëntie van 70%, aan de hand van geschatte dakoppervlakken berekend dat er circa 300.000 m³ hemelwater per jaar beschikbaar gemaakt kan worden. Dit is voldoende voor toiletspoeling als waterzuinige toiletten worden toegepast. Het gebruik van hemelwater draagt bovendien bij aan het verminderen van de waterbergingsopgave ter compensatie van de toename van verhard oppervlakte.

Bij gebruik van een alternatieve waterbron voor toiletspoeling is tussentijdse opslag van het water nodig. Hemelwater is minder voorspelbaar en komt onregelmatig beschikbaar, waardoor een groter opslagvolume nodig is dan bij gebruik van grijswater. De inzet van grijswater is daarmee efficiënter en meer robuust.

Opslag van water kan als buffervoorziening in het gebouw door kratten/folie constructies onder, op of buiten het gebouw of in de (diepere) ondergrond gerealiseerd worden. Dit met uiteenlopende kosten. Voor opslag in de ondergrond kan een collectief systeem in het eerste watervoerend pakket gerealiseerd worden waarin het hemelwater van alle gebouwen uit het gebied centraal verzameld wordt. De ondergrondse opslag van hemelwater kan ook enkele gebouwen beslaan en zelfs per gebouw gerealiseerd worden. Het is belangrijk om het benodigde leidingwerk mee te nemen in de kosten en deze tegelijk met de ontwikkeling van de gebouwen aan te leggen om kosten te reduceren. Omdat nog niet duidelijk is hoe het terrein precies ingevuld gaat worden, zijn de kosten geschat. Deze variëren tussen de € 5.000 en € 20.000 per gebouw. Aanbevolen wordt om bij grootschalige inzet van opslag van (hemel)water in de ondergrond eerst het risico op bodemopbarsting, vernatting en verdroging nader uit te werken.

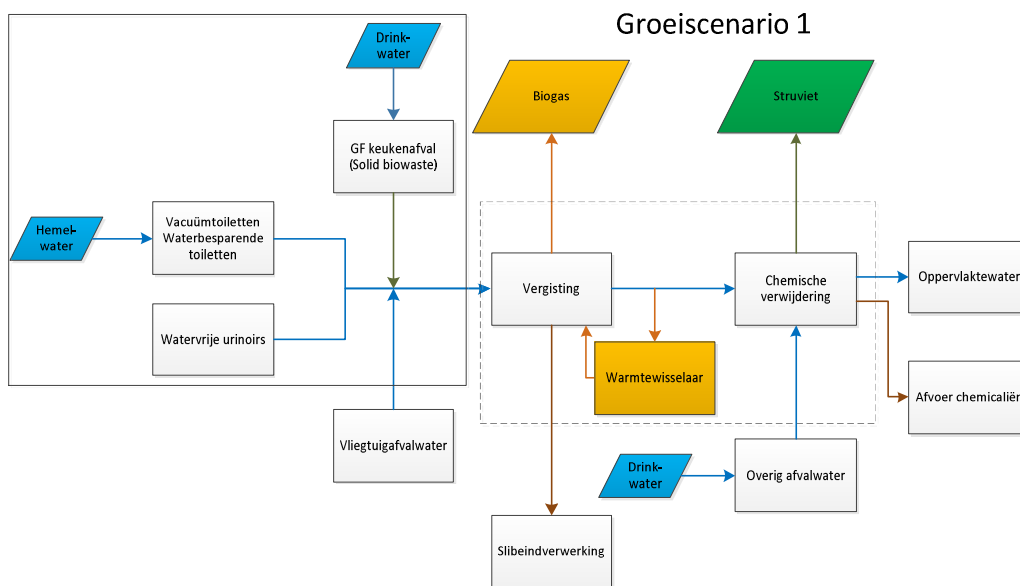
Vooralsnog lijkt het gebruik van grijswater efficiënter dan het gebruik van hemelwater voor LA/OMALA, vanwege voldoende beschikbaarheid, lagere kosten en een kleiner opslagvolume. Wel moet nog nader uitgezocht worden of en hoe het grijswater behandeld moet worden om als toiletspoeling te kunnen worden hergebruikt. Hemelwater kan wel effectief ingezet

worden als duurzame bron voor toepassing als bluswater of voor besproeiing van de groenvoorziening.

Afvalwaterketen

Om een duurzame waterketen te ontwikkelen is het van belang om het concept van de 'circulaire economie' toe te passen en de aanpak dus zoveel mogelijk op hergebruik van grondstoffen en behoud van waarde te richten. Het afvalwater dient daarbij als herbruikbare bron te worden beschouwd. Voor de afvalwaterketen betekent dit zoveel mogelijk waterhergebruik, energieproductie en grondstoffenproductie. Het ene kan het andere echter uitsluiten, omdat stoffen die gebruikt worden voor energieproductie niet meer gebruikt kunnen worden voor grondstoffenproductie. Het doel is om producten met de hoogst mogelijke waarde uit afvalwater te maken.

Er zijn drie verschillende conceptscenario's ontwikkeld, gericht op maximaal produceren van energie, maximale terugwinning van grondstoffen (exclusief water) of maximale hergebruik van (afval)water. Door de 3 scenario's over elkaar te leggen, kan er gekeken worden hoe de maximale duurzaamheid uit de (afval)waterketen behaald kan worden en welke technologieën hierbij toegepast zouden moeten worden. Het is van belang om hierbij rekening te houden met de verwachte groei van het vliegveld en ook de ontwikkeling van technologieën. Daarnaast moet rekening gehouden worden met de afvalwaterstroom van de de-icing bij het vliegveld bestaande uit glycol en kaliumformiaat, omdat deze afvalstroom een hoog CZV-gehalte heeft wat bij afbraak zuurstof vergt en daarom niet geloosd mag worden op oppervlaktewater.



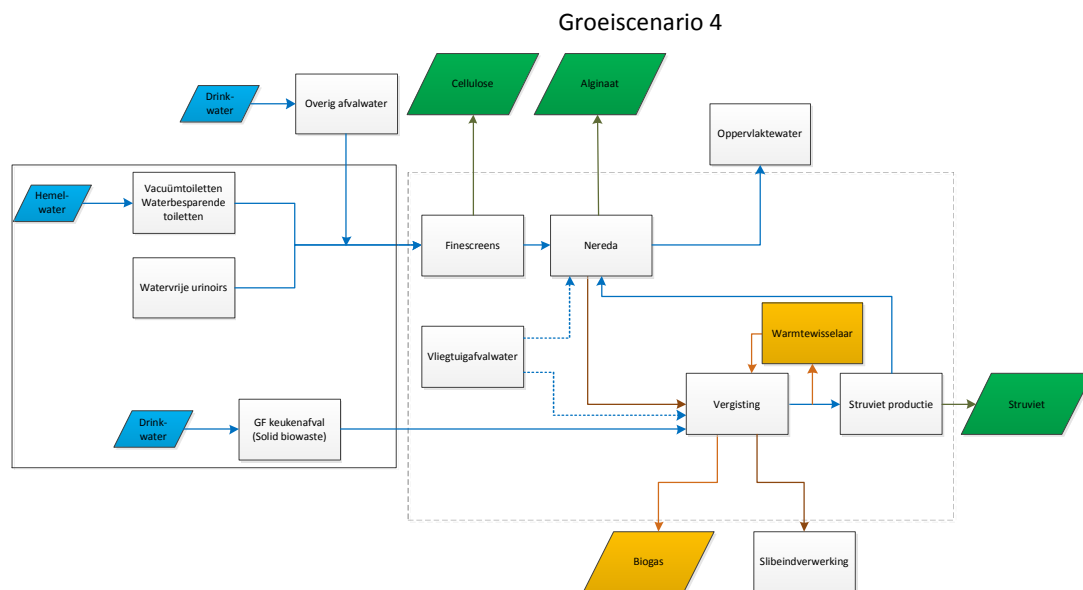
FIGUUR 1 GROEISCENARIO 1 VOOR DECENTRALE AFVALWATERZUIVERINGSINSTALLATIE BIJ LA/OMALA GEBASEERD OP DE ENERGIEFABRIEK.

Om rekening te houden met de ontwikkelingen van LA/OMALA is een groei scenario ontwikkeld dat zich eerst richt op de productie van (groene) energie door middel van vergisting van organische componenten uit het zo hoog mogelijk geconcentreerde afvalwater en restaurantafval (zie Figuur 1). Een geconcentreerde afvalwaterstroom kan behaald worden met waterzuinige of vacuümtoiletten in de gebouwen van LA/OMALA. Het afvalwater uit vliegtuigen, (organisch) afval van restaurants en - in de winter - de afvalwaterstroom met glycol en kaliumformiaat kan hieraan toegevoegd worden zonder het

afvalwater verder te verdunnen. De geconcentreerde afvalwaterstroom kan efficiënt getransporteerd worden met een inzamelingsstelsel gebaseerd op smallere buizen als riolering.

De energieopbrengst kan vergroot worden door composteerbaar servies en bestek of maaisel mee te vergisten. Met behulp van een gasmotor kan het geproduceerde biogas omgezet worden in elektriciteit en (meer dan) voldoende warmte om de vergistingsinstallatie op temperatuur te houden. De vergistingsinstallatie kan meegroeien door aanvankelijk een relatief grote installatie met een langere verblijftijd te realiseren en naarmate er meer afvalwater geproduceerd wordt de verblijftijd te verkorten.

Wanneer LA/OMALA doorgroeit, kan dit energie scenario doorontwikkeld worden naar een grondstoffenfabriek waar cellulose, algiinaat en struviet worden geproduceerd (zie Figuur 2). Afhankelijk van de ontwikkeling van de zuiverings- en terugwintertechnologieën, zal gaandeweg de vergistingsinstallatie als hart van de zuivering omgeruild worden voor een Nereda®. De zuivering kan vervolgens uitgebreid worden met cellulose-terugwinning en struviet- en algiinaat productie. Het is hierbij van belang om rekening te houden met de waardeketen ontwikkeling en publieke acceptatie van teruggewonnen grondstoffen. Daarom is het belangrijk om potentiële afnemers te betrekken bij de ontwikkeling van de grondstoffenfabriek.



FIGUUR 2 LAATSTE GROEISCENARIO VAN DECENTRALE AFVALWATERZUIVERINGSINSTALLATIE BIJ LA/OMALA GEBASEERD OP DE GRONDSTOFFENFABRIEK.

Op basis van de berekeningen van het drinkwaterverbruik, is een inschatting gemaakt van de hoeveelheid en samenstelling van het afvalwater (zie Tabel 2). De hoeveelheid afvalwater uit de gebouwen van LA/OMALA en vliegtuigen groeit naar verwachting van 3.800 i.e. in groeiscenario N2 (2023) naar 16.000 – 18.000 i.e. in groeiscenario N3 (na 2043). Overige afvalwaterstromen als de-icing en toevoegingen van organisch afval van restaurants of maaisel zijn hierin niet inbegrepen. Het afvalwater van de de-icing kan oplopen tot een vuilvracht van 7.000 i.e. per winterdag bij een relatief koude winter.

TABEL 2 OVERZICHT VAN SAMENSTELLING EN DEBIET VAN AFVALWATER VAN LA/OMALA BIJ GROEISCENARIO N2 EN N3.

		Groeiscenario N2		Groeiscenario N3	
		Minimum water-verbruik	Maximum water-verbruik	Minimum water-verbruik	Maximum water-verbruik
Debiet	m ³ /dag	138,72	162,69	760,27	
Concentratie CZV	kg/m ³ /dag	4,14	5,63	19,15	
Concentratie TN	kg/m ³ /dag	0,38	0,53	1,61	
Concentratie TP	kg/m ³ /dag	0,06	0,08	0,23	
Totaal CZV	kg/dag	574,98	781,39	2656,20	
Totaal N	kg/dag	53,14	73,28	223,93	
Totaal P	kg/dag	8,32	11,17	31,46	
Geschat aantal i.e.	-	3.833	5.209	17.708	

Realisatie van een conventionele rioolwaterzuiveringsinstallatie op locatie voor het afvalwater uit groeiscenario N2 kost circa 2,3 miljoen euro en jaarlijks aan operationele kosten circa 47.500 euro. De zuiveringsinstallatie gebaseerd op het energiescenario vergt een investering van ongeveer 1,4 miljoen euro en is daarmee goedkoper dan de conventionele installatie. Een decentrale afvalwaterzuiveringsinstallatie vergt ook ruimte die ingepast moet worden in het plangebied en zal ook een rioleringsstelsel moeten hebben. De kosten hiervoor zijn in bovengenoemde bedragen niet inbegrepen.

De kosten voor realisatie van de zuiveringsinstallatie gebaseerd op het grondstoffenscenario kunnen (nog) niet worden bepaald. Doordat de schaal van LA/OMALA relatief gezien klein is en de technologieën om grondstoffen terug te winnen nog niet ver genoeg ontwikkeld zijn, bestaat het risico dat het niet rendabel wordt om een grondstoffenfabriek te realiseren. Om deze kansen toch te benutten en zodoende de circulaire economie een impuls te geven door een transitie in gang te zetten, kan mogelijk subsidie gevonden worden. Dit kan het vinden van een externe partij om de zuiveringsinstallatie te bouwen en te beheren vergemakkelijken.

De zichtbaarheid van de duurzame waterketen kan versterkt worden door lokale afnemers voor de teruggewonnen grondstoffen te vinden. Vliegveld Lelystad zou bijvoorbeeld als launching customer kunnen optreden voor toiletpapier gemaakt van teruggewonnen cellulose. Waardeketenontwikkeling van grondstoffen uit afvalwater kan ook gestimuleerd worden door het gebruik van struviet (kunstmest) op de eigen terreinen en in de omgeving of door het toepassen van alginat (bindmiddel) bij toekomstige bouwactiviteiten.

Samenwerking met Waterschap Zuiderzeeland op de AWZI Lelystad biedt mogelijk meer kansen voor het realiseren van een grondstoffenfabriek vanwege de grotere schaal. AWZI Lelystad heeft voldoende capaciteit beschikbaar om de afvalwaterstroom van LA/OMALA te verwerken, mogelijk tot groeiscenario N2 (2033) waarna ook de derde actiefslibtank in gebruik genomen moet gaan worden. Een samenwerking met Waterschap Zuiderzeeland zou LA/OMALA ontzorgen. Een mogelijk nadeel is dat de zichtbaarheid verdwijnt bij LA/OMALA, tenzij de gewonnen grondstoffen/producten daar zichtbaar worden ingezet. Op dit moment heeft het Waterschap Zuiderzeeland (nog) geen concrete plannen om grondstoffen te gaan terugwinnen op de AWZI Lelystad.

Wanneer het afvalwater in de AWZI Lelystad gezuiverd wordt, is jaarlijks zuiveringsheffing verschuldigd aan Waterschap Zuiderzeeland oplopend van 218.000 euro ($3.800 * 57,38$) in groeiscenario N2 naar 1,03 miljoen euro ($18.000 * 57,38$) in groeiscenario N3, uitgaande van het tarief voor 2016. Hiervoor moet riolering aangelegd worden waarvoor de kosten geschat zijn op 2 miljoen euro, exclusief de kosten voor de aanleg van vrij verval riolering en mogelijke uitbreiding van rioolgemalen van Waterschap Zuiderzeeland.

Energievoorziening

In het kader van de duurzame energievoorziening is de haalbaarheid verkend van innovatieve methoden om thermische energie uit duurzame bronnen te winnen. Er blijken geen belemmeringen te zijn voor de toepassing van bodemenergie. Het eerste watervoerend pakket is minder geschikt voor de toepassing van bodemenergie omdat deze laag dun is en omdat deze laag een zoet/zout grensvlak bevat, welke op basis van provinciaal beleid niet mag worden beïnvloed. Het tweede watervoerend pakket is wel geschikt voor toepassing van bodemenergie en bovendien zeer dik. Voor geothermie, het winnen van thermische energie uit de diepe bodem, is de potentie minder groot (zie Tabel 3). Dit komt doordat een grote investering benodigd is voor een boring en ter plaatse van OMALA/LA de temperatuur op doorgaans gangbare diepte van geothermie beperkt is.

TABEL 3 OVERZICHT VAN POTENTIE VAN THERMISCHE BODEMENERGIE VOOR LA/OMALA

	Potentie t.p.v. OMALA/LA
	[kWh/m ²]
Gesloten bodemenergie opslag	350
Open bodemenergie opslag	90 – 375
Geothermie	30

Op basis van een inschatting van de energievraag van de verwachte ontwikkelingen op OMALA is vastgesteld dat de ruimte in de bodem onvoldoende is bij toepassing van de algemene regels zoals weergegeven in het Wijzigingsbesluit bodemenergiesystemen. Door toepassing van deze algemene regels zal de benodigde ruimte van de bodemenergiesystemen circa 150 % van het oppervlak van OMALA beslaan. Er is dus onvoldoende ruimte om alle initiatieven te accommoderen, waardoor er coördinatie nodig is om optimaal en duurzaam gebruik van de bodem te waarborgen.

Echter voor de feitelijke benodigde opslag is voldoende ruimte in de ondergrond aanwezig om de gebouwen van bodemenergie te voorzien. In dit onderzoek is een ordeningsplan vastgesteld waarmee met eenvoudige en doelmatige regels ruimte en ordening is gecreëerd, zodat de verwachte vraag naar bodemenergie kan worden geacommodeerd en duurzaam gebruik van de bodem op lange termijn is gewaarborgd (zie Tabel 4). De belangrijkste elementen van het ordeningsplan zijn dat er a. eisen worden gesteld aan de filterlengte om te waarborgen dat de volledige dikte van de aquifer voldoende wordt benut en b. dat uit wordt gegaan van het zelf-ordende vermogen van bodemenergiebronnen. De regels van het ordeningsplan worden van kracht zodra de gemeente Lelystad en de provincie Flevoland het gebied heeft aangewezen als zogenaamd interferentie gebied en het ordeningsplan via een beleidsregel van toepassing maakt op dat interferentiegebied.

TABEL 4 DE BENODIGDE RUIMTE IN DE BODEM VOOR WKO, MET EN ZONDER ORDENINGSPLAN.

	WKO-footprint thermische beïnvloeding	WKO-footprint Totale claim
	<i>[% van oppervlak]</i>	<i>[% van oppervlak]</i>
Zonder ordeningsplan	64%	150%
Met ordeningsplan	15%	32%

Bij toepassing van bodemenergie door alle gebouwen blijkt dat er over het hele gebied bezien een warmteoverschot is in de bodem. Het invangen van de benodigde extra koelvraag van de gebouwen kan het beste worden uitgevoerd met asfaltcollectoren. Voor gebouwen met een kleine onbalans zou hemelwater ook nog voldoende capaciteit kunnen leveren.

Verantwoording

Het onderzoek is mede gefinancierd uit de Toeslag voor Topconsortia voor Kennis en Innovatie (TKI) van het ministerie van Economische Zaken en ondersteunt door de Provincie Flevoland.

Inhoud

Samenvatting	3
Inhoud	11
1 Inleiding	13
1.1 Aanleiding	13
1.2 Doel	14
1.3 Aanpak	14
1.4 Leeswijzer	16
2 Uitgangspunten, data en integratie	17
2.1 Gebiedsindeling	17
2.2 Algemene uitgangspunten Lelystad Airport (LA)	17
2.3 Algemene uitgangspunten OMALA	20
2.4 Uitgangspunten waterketen	25
2.5 Uitgangspunten energie	35
Deel I: Duurzame waterketen	39
3 Overzicht scenario's drinkwaterverbruik	41
3.1 Inleiding	41
3.2 Vertrekhal	41
3.3 Vliegtuigen	52
3.4 OMALA Mainpark – kantoren	53
3.5 Airport Garden City - Hotel	59
3.6 Airport Garden City – Leisure Dome	66
3.7 Airport Garden City – Gamechangers	70
3.8 Conclusies drinkwaterverbruik	70
3.9 Cascadering watergebruik	70
4 Overzicht duurzame afvalwaterketen	77
4.1 Inleiding	77
4.2 Verschillende scenario's voor een duurzame afvalwaterketen	78
4.3 Hoeveelheid en samenstelling van het afvalwater	96
4.4 Berekeningen afvalwaterzuiveringsinstallatie	102
4.5 Conclusie afvalwaterzuiveringsinstallatie	107
Deel II: Bodemenergie	109
5 Gebouwen en energievraag	111
5.1 Benodigde koel en verwarmingsvraag	111
5.2 Verdeling van de energievraag over het jaar.	112
6 Invulling thermische energievraag	117
6.1 Energie winnen uit asfalt	117

6.2	Glycol van de-icing	121
6.3	Hemelwater	122
6.4	Warmte uit afvalwater	122
6.5	Koeling/verwarming uit drinkwaterleiding	122
6.6	Bodemenergieopslag	123
6.7	Conclusies invullen energievraag	124
7	Bodemenergieplan	125
7.1	Inpasbaarheid van gewenste functies in de bodem	125
7.2	Aanpak opstellen bodemenergieplan	127
7.3	Randvoorwaarden en uitgangspunten	127
7.4	Verkenning ordeningsprincipes	130
7.5	Beheer fase	142
7.6	Conclusie	147
	Deel III: Afsluiting	149
8	Discussie en integratie	151
8.1	Discussie	151
8.2	Integratie duurzame energie- en watervoorziening	152
9	Conclusies en aanbevelingen	155
9.1	Drinkwatervoorziening	155
9.2	Afvalwaterketen	155
9.3	Energievraag van gebouwen en bodemenergie	157
9.4	Aanbevelingen voor een duurzame energie- en watervoorziening	158
	Referenties	159
	Bijlage I Kentallen Energievraag gebouwen	165
	Bijlage II Berekeningen waterverbruik	166
	Bijlage III Samenvatting Waterschoon ervaringen en leerpunten	177
	Bijlage IV Energievraag gebouwen	184
	Bijlage V Berekening graaddagen	187
	Bijlage VI Berekenen specifiek uitwisselingsvermogen asfaltcollectoren	190
	Bijlage VII Uitgangspunten TCO-berekeningen	193
	Bijlage VIII Geohydrologische situatie	195
	Bijlage IX Resultaten scenario's ordeningsplannen	204
	Bijlage X Monitoringsvoorschriften uit BUM	207

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Lelystad Airport (onderdeel van de Schiphol Groep) gaat de komende jaren fors uitbreiden. Op 31 maart 2015 heeft de staatssecretaris van het ministerie van Infrastructuur en Milieu het Luchthavenbesluit afgegeven en kan er worden begonnen met de realisatie van de uitbreiding van de luchthaven. De luchthaven moet in 2018 operationeel zijn. Er wordt een groei verwacht van 1,5 – 1,7 miljoen passagiers in 2023 tot 6,7 miljoen na 2043, wat overeen komt met 10.000 vliegtuigbewegingen in 2023 oplopend tot 45.000 in 2043.

Tussen de luchthaven en de rijksweg A6 realiseert Ontwikkeling Maatschappij Airport Lelystad Almere (OMALA) een hoogwaardig, groen en duurzaam business park: Airport Garden City. Dit park wordt ontwikkeld op basis van de BREEAM-normen voor duurzame gebiedsontwikkeling. Onderdeel daarvan zijn een duurzame energie- en watervoorziening in het gebied inclusief de luchthaven zelf. Omdat het huidige vliegveld een zeer beperkte omvang heeft, kan deze groei feitelijk worden gezien als de ontwikkeling van een vliegveld op maagdelijk terrein. Vrijwel alle benodigde faciliteiten moeten (op)nieuw worden aangelegd, zie www.OMALA.nl.

Bij luchthavens zijn er talloze mogelijkheden voor innovaties op het gebied van de energie- en watervoorziening, met een focus op het sluiten van kringlopen en hergebruik van (grond)stoffen, om zo te komen tot een circulaire energie- en watervoorziening. Juist omdat het bij LA/OMALA een groene-weide-situatie betreft, is dat een unieke gelegenheid om nieuwe concepten toe te passen die niet of lastig inpasbaar zijn op bestaande vliegvelden.

Bijdrage aan de circulaire economie

Het concept van de circulaire economie staat voor maximalisatie van hergebruik van producten en grondstoffen en minimalisatie van waarde vernietiging. Om een bijdrage te leveren aan de circulaire economie is ketensluiting een van de ambities. Het resultaat moet zijn dat het kansen biedt voor de (regionale) economie en voor ondernemers: meer ketensamenwerking, minder gebruik en meer hergebruik van grondstoffen, en innovatie. In het ondernemingsplan Lelystad Airport (maart 2014) staat vermeld dat de luchthaven streeft naar een duurzame inrichting van het luchthaven terrein en duurzame luchtvaart processen. Zo zullen bij de aanleg van de luchthaveninfrastructuur hoge eisen gesteld worden aan energie efficiency, eigen opwekking van duurzame energie en hergebruik van grondstoffen.

Om tot een duurzame energievoorziening te komen, wordt naast duurzame elektriciteit ook hergebruik van thermische energie toegepast. Hierbij kan de bodem functioneren als buffer zodat het warmteoverschot in de zomer beschikbaar is in tijden van warmtevraag, voornamelijk in de winter. Naast de gebouwen die energie nodig hebben voor verwarming en koeling, kunnen er ook verschillende andere bronnen worden gebruikt om thermische energie uit te winnen; bijvoorbeeld uit oppervlaktewater of verhardingen. Dergelijke concepten kunnen positieve neveneffecten hebben; bijvoorbeeld door koelcapaciteit in te vangen met verhardingen hoeven deze niet meer ijsvrij te worden gehouden, wat weer goed is voor het milieu omdat er dan geen zout gebruikt hoeft te worden.

Een uitdaging bij het ontwerpen van een duurzame waterketen voor de luchthaven Lelystad is om stoffen en/of energie die in het afvalwater terecht komen eruit te halen en te verwaarden. Daarnaast zou het gezuiverde water zoveel mogelijk weer in het eigen gebied benut kunnen worden. Het resultaat is dat er geen afvalwater naar de rioolwaterzuiveringsinstallatie (RWZI) in Lelystad hoeft te worden getransporteerd.

Het streven is om uit het afvalwater grondstoffen en/of energie terug te winnen en deze bij voorkeur weer te benutten in het gebied (op de luchthaven) of in de directe omgeving. Bijvoorbeeld:

- De organische fractie in het afvalwater kan vergist worden. De energie die hieruit vrij komt, kan op het vliegveld of in de directe omgeving benut worden (bijvoorbeeld voor verwarming van gebouwen, terminal, landingsbanen ijsvrij houden, e.d.)
- Uit het afvalwater winnen van grondstoffen, zoals cellulose, waarmee producten worden gefabriceerd. Cellulose kan als grondstof dienen voor kartonnen gebruiksvorwerpen die op de luchthaven gebruikt worden (kringloopsluiting).
- Uit korrelslib van de afvalwaterbehandeling kan alginaat worden gewonnen. Alginaat is een verdikkingsmiddel dat als additief aan beton kan worden toegevoegd om de uitharding te verbeteren waardoor de levensduur van het beton wordt verlengd.

Om deze stoffen te winnen en (in de regio) her te gebruiken en te verwaarden is het nodig dat de markt hiervoor ontwikkeld wordt. Daarvoor zijn één of meerdere bedrijven nodig die zich richten op het terugwinnen van grondstoffen uit het afvalwater (resource recovery) en zal een lokale of regionale afzetmarkt gecreëerd moeten worden. Hierbij kan worden onderzocht of er schaalvoordelen mogelijk zijn door in de regio vergelijkbare afvalstromen te benutten. Zo zou het afvalwater vanuit Lelystad Airport ook verwerkt kunnen worden op de AWZI Lelystad samen met het huishoudelijke afvalwater.

Het onderzoek is mede gefinancierd uit de Toeslag voor Topconsortia voor Kennis en Innovatie (TKI) van het ministerie van Economische Zaken en ondersteunt door de Provincie Flevoland.

1.2 Doel

Vanuit een groene weide situatie de technische en economische haalbaarheid onderzoeken voor het lokaal sluiten van de kringloop in de waterketen op het gebied van water, energie en grondstoffen via een quick scan. Tegelijkertijd wordt de haalbaarheid van innovatieve methoden om thermische energie uit duurzame bronnen te winnen verkend. Hierbij is het nodig om een masterplan voor de bodem te ontwikkelen dat in de eerste plaats uitwisseling van thermische energie tussen gebouwen in de bodem faciliteert. Daarnaast zal het een integrale afstemming geven tussen functies ten behoeve van energie en watervoorziening. Tot slot wordt er rekening gehouden met onzekerheden in de ontwikkelingen van het gebied en activiteiten in de omgeving van OMALA en LA. Door de doelen voor water en energie samen te voegen wordt het mogelijk om dwarsverbanden te leggen.

1.3 Aanpak

Inventarisatie van uitgangspunten en afbakening. In samenspraak met Lelystad Airport en OMALA zijn de grenzen van het project bepaald (afbakening) en de uitgangspunten voor de studie vastgesteld en vastgelegd. Bij de uitgangspunten gaat het in de eerste plaats om het in kaart brengen van de basisvoorzieningen die op locatie zullen worden aangelegd én de geplande ontwikkelingen in de tijd.

Dit betreft:

- overzicht van de te realiseren gebouwen met daarin opgenomen voorzieningen;
- typering van de gebouwen (restaurant, hotel);
- overzicht van gebruiksdoeleinden voor energie en water in gebouwen;
- dakoppervlakken;
- overzicht van de gebruikers per gebouw;
- overzicht van aantallen passagiers en aantallen vliegtuigen;
- inventarisatie van bodemeigenschappen;
- vaststellen uitgangspunten en doel van het ordeningsplan;
- inventarisatie inname drinkwater door vliegtuigen, afvalwater uit vliegtuigen, wasstraat voor vliegtuigen (indien relevant) of het proces van de-icing van vliegtuigen (concentraties, hoeveelheden per vliegtuig).

Inventarisatie en vastleggen van kentallen en berekeningssystematiek. Op basis van de uitgangspunten zijn kentallen vastgelegd op basis waarvan het energie- en waterverbruik en de afvalwaterhoeveelheden zijn berekend. Verder zijn in deze activiteit afspraken gemaakt over de te hanteren systematiek bij het vergelijken van alternatieven, gebaseerd op Total Cost of Ownership (TCO).

Opstellen van de energie- en waterbalans. Tijdens deze activiteit is op basis van de uitgangspunten en vastgelegde kentallen een energie- en waterbalans opgesteld voor het terrein met alle inkomende en uitgaande energie- en waterstromen.

Inventarisatie innovatieve oplossingen voor de energie- en waterketen. Door KWR is een overzicht opgesteld van innovatieve oplossingen in de energie- en waterketen voor de nieuw aan te leggen luchthaven en het bedrijventerrein en voorgelegd aan stakeholders in een workshop (Lelystad Airport, OMALA, Provincie Flevoland, waterschap Zuiderzeeland, drinkwaterbedrijf Vitens en de gemeente Lelystad). Aan het eind van de workshop is een selectie gemaakt van innovatieve oplossingen die in het onderzoek zijn betrokken.

Vaststellen van een ordeningsplan voor de bodem. In het plan worden verschillende opties voor bodemenergiesystemen en andere ondergrondse activiteiten meegenomen. Ordeningsplannen worden vaak opgesteld op basis van een bekende bovengrondse ruimtelijke ordening en gebouwen. Dat is in dit geval allemaal (nog) niet bekend. Om toch een robuust maar ook flexibel plan te maken, is een nieuwe methode met bijbehorend beoordelingskader ontwikkeld.

Uitvoeren scan innovatieve oplossingen waterketen. In deze activiteit is een eerste scan uitgevoerd van de geselecteerde onderwerpen via de overeengekomen berekeningssystematiek. Hierbij is vastgesteld welke voorzieningen nodig zijn om de oplossing in de praktijk te realiseren, wat de technologische risico's zijn, wat de economische haalbaarheid is en welke aspecten van de innovatieve oplossing nog nader moeten worden uitgezocht (verdere detaillering, pilotonderzoek).

Selectie van onderwerpen. De resultaten van de studie zijn voorgelegd aan Lelystad Airport, OMALA en andere stakeholders. Vervolgens is een selectie gemaakt van innovatieve oplossingen die verder zullen worden meegenomen in het plan van eisen voor realisatie van de luchthaven.

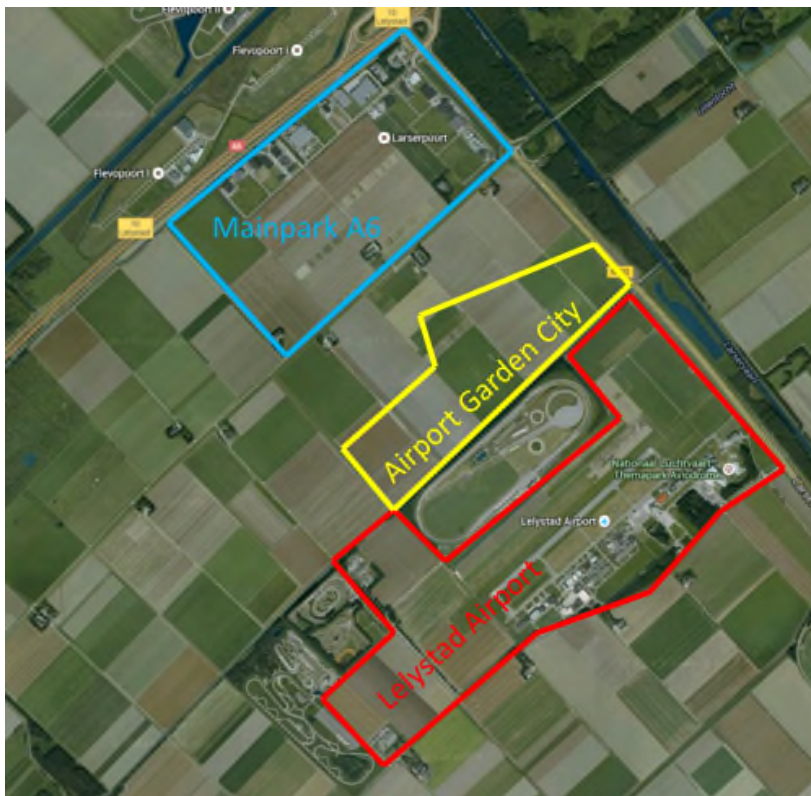
1.4 Leeswijzer

In Hoofdstuk 2 zijn de gezamenlijk uitgangspunten, kenmerken, data e.d. opgenomen die zowel voor de duurzame waterketen als voor de duurzame energievoorziening gebruikt zijn. In deel I is het verwachte drinkwatergebruik, cascadering en alternatieve waterbronnen (Hoofdstuk 3) en de mogelijkheden voor een duurzame afvalwaterzuiveringsinstallatie (Hoofdstuk 4) onderzocht, als onderdeel van de duurzame waterketen. In deel II is de energievraag van de gebouwen (Hoofdstuk 5) onderzocht als basis voor een bodemenergieplan (Hoofdstuk 7). In Hoofdstuk 8 zijn de belangrijkste discussiepunten opgenomen en is de integratie tussen de duurzame waterketen en energievoorziening in het plangebied uitgewerkt. Ten slotte wordt afgerond met de conclusies en aanbevelingen in Hoofdstuk 9.

2 Uitgangspunten, data en integratie

2.1 Gebiedsindeling

Het gebied dat wordt betrokken in deze studie bestaat uit 3 verschillende deelgebieden; Lelystad Airport (LA), OMALA Airport Garden City (AGC) en OMALA Mainpark A6 (MA6). Deze gebieden zijn geografisch weergegeven in, Figuur 2-1.



FIGUUR 2-1 GEBIEDSINDELING LA EN OMALA

De ontwikkeling van LA is de belangrijkste driver voor de ontwikkelingen in de andere gebieden. LA zal zich naar verwachting ontwikkelen volgens de scenario's zoals beschreven in § 2.2. Het aantal, type en grootte van de bedrijven/functies die verder op AGC en MA6 komen is grotendeels onbekend. Om toch rekening te houden met de toekomstige ontwikkelingen worden voor de invulling van deze gebieden in dit Hoofdstuk verschillende scenario's vastgesteld die worden beschouwd in de verdere studie om zo tot een zo realistisch mogelijke oplossing te komen.

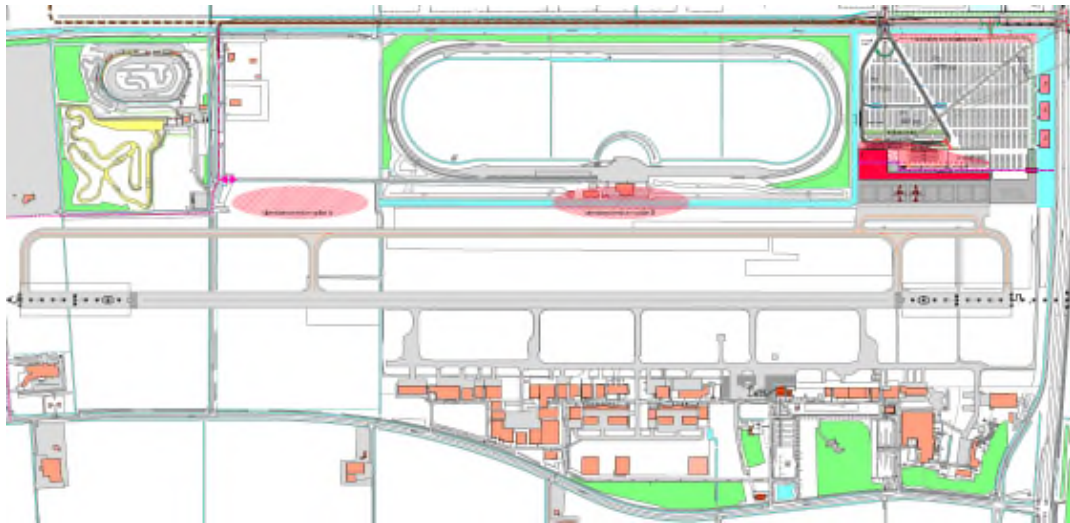
2.2 Algemene uitgangspunten Lelystad Airport (LA)

2.2.1 Corporate Responsibility

Binnen het Ondernemingsplan Lelystad Airport is beschreven hoe Lelystad Airport maatschappelijk verantwoord wil gaan ondernemen. Op basis van het Ondernemingsplan is een beleidsplan Corporate Responsibility (CR) opgesteld dat de luchthaven kan ondersteunen

bij het bepalen van het CR beleid. Een aantal aspecten vanuit het CR-beleid zijn relevant voor deze studie om rekening mee te houden:

- Lelystad Airport maakt altijd de balans tussen people, planet en profit (PPP), waarbij de focus ligt op 'waarde' en 'eenvoud'.
- Lelystad Airport prefereert een beperkt aantal grote projecten met veel impact ten opzichte van veel kleinere projecten met beperkte impact.
- Lelystad Airport past CR thema's vooral toe in het ontwerp van de luchthavenuitbreiding.
- CR projecten dragen concreet bij aan de 'luchthavenbeleving' van haar passagiers en stakeholders. Beleving en zichtbaarheid van de projecten is een selectiecriteria.



FIGUUR 2-2 GLOBALE GEBIEDSINDELING LELYSTAD AIRPORT MET STARTBAAN, TERMINAL EN BEDRIJVEN.

Voor haar 'license to grow' hanteert Lelystad Airport een aantal CR thema's. Een relevant thema voor deze studie is grondstof schaarste, dat zich richt op duurzaam en bewust grondstof- en materiaalgebruik op Lelystad Airport. Hoewel dit thema zich in eerste instantie richt op hergebruik van grond op het eigen terrein, hergebruik van bouwmaterialen en scheiding van afvalstoffen bij de bron, past hergebruik van grondstoffen uit afvalwaterstromen hier beslist ook in.

Met betrekking tot dit thema zijn de volgende concrete prestaties/keuzes voor aanbesteding benoemd:

- Minimalisatie van drinkwatergebruik in operatie van de land- en luchtzijdige infrastructuur, terminal, equipment en dienstverlening.
- Alternatieve oplossingen voor de-icing en runoff.
- Minimaal gebruik van toxische stoffen in het ontwerp.
- Afvalscheiding in dienstverlening is 100 % en grondstoffen worden lokaal gebruikt.

2.2.2 Groei scenario LA

Voor deze studie wordt als uitgangspunt het base case scenario voor groei van de luchthaven gehanteerd (zie Tabel 2-1).

Aan de verwachte groei van de luchthaven in de tijd zijn drie investeringsfasen gekoppeld (N1 t/m N3). Uitgangspunt is dat dit project zich richt op de bezetting/capaciteit van fase N2

met mogelijkheid tot uitbreiding naar fase N3 waarbij robuustheid en fasering van technologieën van belang is. Dat wil zeggen dat geen of zo weinig mogelijk tijdelijke oplossingen worden gecreëerd en dat systemen zoveel mogelijk (voor zover mogelijk en relevant) modulair worden gebouwd.

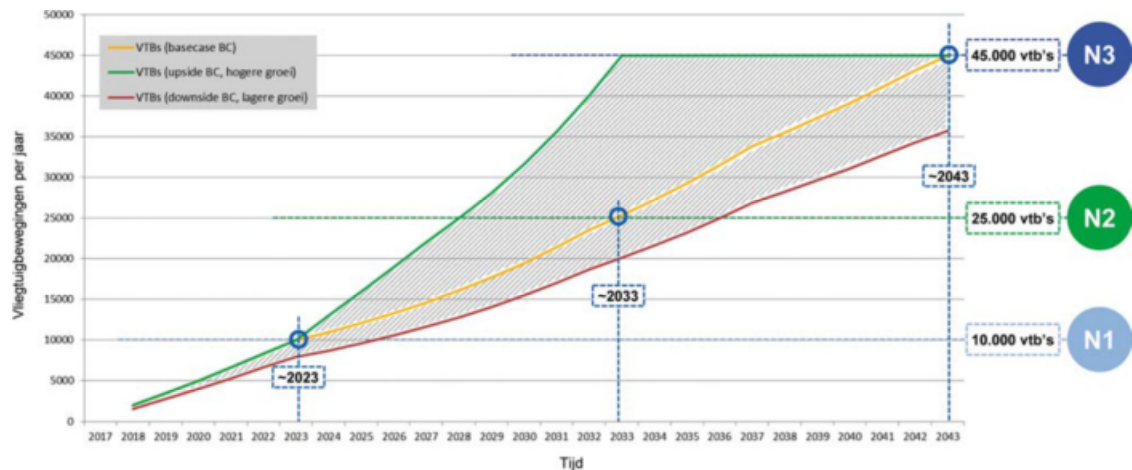
TABEL 2-1 UITGANGSPUNTEN GROEI CAPACITEIT LELYSTAD AIRPORT

Investeringsfase	Maximaal aantal vluchtbewegingen per jaar	Aantal passagiers per jaar	jaar
N1	10.000	1,5-1.7 mln.	2023
N2	25.000	3,7 mln.	2033
N3	45.000	6,7 mln.	> 2043

In Tabel 2-2 is voor de investeringsfase N1 en N2 een verdere detaillering gegeven van de ontwikkeling van het aantal vluchtbewegingen en passagiers. Tijdens periode N1 is het uitgangspunt dat op piekdagen maximaal 3 vliegtuigen per uur worden afgehandeld met een maximum van 600 passagiers. Hierbij worden maximaal 1.200 tot 1.800 passagiers in en rond de terminal verwacht. Voor de periode N2 gaat het om maximaal 6 vliegtuigen per uur, maximaal 1.200 passagiers per uur en maximaal 3.600 tot 4.800 passagiers in en rond de terminal. LA gaat hierbij uit van een gemiddelde bezetting van vliegtuigen van 90 % (170 passagiers). Hierbij wordt uitgegaan van 50% vrouwelijke en 50% mannelijke passagiers/bezoekers en een gemiddelde aanwezigheidsduur op het vliegveld van 1,5 uur. Daarnaast zullen er bezoekers komen om passagiers op te halen en/of weg te brengen. Er wordt aangenomen dat het aantal bezoekers 35% van het aantal passagiers bedraagt en dezelfde man/vrouw verhouding heeft.

TABEL 2-2 VERDERE DETAILLERING VAN HET BASE CASE GROEISCENARIO VOOR LELYSTAD AIRPORT

Jaar	Vliegtuigbewegingen	Gem. # pax per vliegtuig	# Pax	Waarvan vertrekkend
2018	2.000	151	302.000	151.000
2019	3.500	151	528.500	264.250
2020	5.000	151	755.000	377.500
2021	6.667	151	1.006.667	503.333
2022	8.333	151	1.258.283	629.142
2023	10.000	151	1.510.000	755.000
2024	11.000	151	1.661.000	830.500
2025	12.100	151	1.827.100	913.550
2026	13.310	151	2.009.810	1.004.905
2027	14.641	151	2.210.791	1.105.396
2028	16.105	151	2.431.870	1.215.935
2029	17.716	151	2.675.057	1.337.529
2030	19.487	151	2.942.563	1.471.281
2031	21.436	151	3.236.819	1.618.410
2032	23.579	151	3.560.501	1.780.251



FIGUUR 2-3 GROEI SCENARIO'S VOOR LELYSTAD AIRPORT OP BASIS VAN VLIEGTUIGBEWEGINGEN.

Lelystad Airport wordt ingericht voor de ontvangst van zogenaamde narrow body aircrafts of single aisle aircraft, typisch van het type Airbus A319, A320 of Boeing 717, 727, 737 en 757, bedoeld voor regionaal verkeer (Europa tot en met Middellandse Zee). In deze studie wordt uitgegaan van A320 en Boeing 737 als referentie aircrafts.

De luchthaventerminal heeft aan het einde van fase N2 een bruto vloeroppervlak (BVO) van circa 15.000 m², en is aan het eind van fase N3 twee keer zo groot. De grootte van de terreinen rondom de luchthaven zijn weergegeven in Tabel 2-3.

De luchthaven is dagelijks gesloten tussen 23:00 uur en 06:00 uur.

TABEL 2-3 OPPERVLAKTE TERREINEN LELYSTAD AIRPORT

Onderdeel	BVO [m ²]
Parkeerplaats	187.500
Platforms	38.500
Taxibanen	54.000
S/L-baan	121.500
Onverhard naast SL/baan	896.000

2.3 Algemene uitgangspunten OMALA

Voor OMALA is duurzaamheid meer dan alleen energie besparen. Denk ook aan het opwekken van energie, het gebruik van duurzame bouwmaterialen, meervoudig ruimtegebruik en recycling van grondstoffen als voorbeelden van een integrale benadering van het begrip 'duurzaamheid'. Begin 2013 kreeg deze OMALA-aanpak internationale erkenning met de toekenning van het BREEAM.NL duurzaamheidscertificaat voor gebiedsontwikkeling. Airport Garden City was het eerste business park in Nederland met dit certificaat.

Airport Garden City beschikt over een eigen energiemaatschappij: Airport Garden City Energy. Bedrijven op het business park zijn daarmee verzekerd van de beschikbaarheid van groene, regionaal opgewekte energie tegen de scherpst mogelijke prijzen.

De energievoorziening wil OMALA op centraal en decentraal niveau faciliteren; zo ontwikkelt OMALA een gelijkspanningsnet dat wordt gevoed met zonne-energie. Naast elektriciteit heeft ook de verwarming en koeling van gebouwen een belangrijk aandeel in de energievraag van het gebied. OMALA wil graag dat de bedrijven dit op individueel niveau regelen met bijvoorbeeld bodemenergie of een andere duurzame oplossing. Daarnaast wil OMALA faciliterend optreden bij het ordenen en beheren van de thermische verspreiding in de ondergrondse ruimte en eventueel het uitwisselen van energiestromen tussen verschillende gebouwen in het geval dat het tekort bij de één kan worden geleverd door een overschot bij een ander gebouw.

Bedrijven op OMALA moeten echter zelf kunnen kiezen wat voor verwarmings- en koelingsysteem ze willen toepassen. Gezien de huidige stand der techniek en eisen die aan bebouwing wordt gesteld vanuit het Bouwbesluit is het aannemelijk dat de meeste gebouwen zullen worden uitgerust met een bodemenergiesysteem. Om het gebruik van de bodem met bodemenergie zo optimaal mogelijk te laten plaatsvinden, wil OMALA een ordening- en beheerplan voor de bodem. In deze studie wordt dus geen afweging of keuze gemaakt voor wat gebouwen moeten toepassen. Het moet duurzaam en OMALA faciliteert in het plan voor de ondergrond zodat de meest voor de hand liggende oplossing (bodemenergie) in ieder geval in goede banen wordt geleid. Als het voor een specifieke gebruiker zinnig is om geothermie of Hogere Temperaturen Opslag (HTO) te doen, dan kan dat natuurlijk.

Tot slot ontwikkelt OMALA een actief beheer en parkmanagement, om de kwaliteit van Airport Garden City te waarborgen.



FIGUUR 2-4 GLOBALE GEBIEDSINDELING OMALA

Het totale bedrijventerrein beslaat circa 250 ha. De uitbreiding van AGC en MA6 zal aan het einde van ontwikkelingsfase N2 ongeveer 96 ha zijn (zie Figuur 2-4).

2.3.1 OMALA Mainpark A6 (MA6)

Op het OMALA-terrein MA6 (inclusief huidige Larserpoort) moet rekening worden gehouden met verdere uitbreiding van de bedrijfsactiviteiten (circa 65 ha uitgeefbaar en 40 ha reeds

bestaand bedrijven terrein). Uitgangspunt is dat de uitbreiding soortgelijke bedrijven betreft als op het bestaande (en aansluitende) industrieterrein Larserpoort reeds gevestigd zijn. Het profiel van de bedrijven in dit gebied is handel, logistiek en productie. Het gaat om kleine industrie, (groot)handel en dienstverlening, een totaal van 36 bedrijven met gemiddeld 6,5 medewerkers (totaal 234). Uitgangspunt is dat het waterverbruik voornamelijk bepaald wordt door toiletgebruik van die medewerkers en dat er een minimaal verbruik voor proceswater of koelwater is.

Op het reeds bestaande bedrijventerrein staan ongeveer 45 gebouwen met een dakoppervlak variërend van 100 m² tot 13.000 m² (Kadaster, 2011). De gebouwen zijn allen gemarkeerd als laagbouw, in deze studie wordt er daarom vanuit gegaan dat de gebouwen gemiddeld 1,5 verdiepingen hebben. Bij een totale oppervlakte van het bestaande bedrijventerrein van circa 40 ha en een toekomstig bedrijventerrein van ca. 110 ha zullen daar in totaal circa 100 bedrijven komen. Met 6,5 medewerkers per bedrijf komt dit neer op ongeveer 650 medewerkers. Op basis van het gemiddelde oppervlak en de standaardafwijking van de reeds bestaande bedrijven is voor de nieuwe bedrijven volgens Vergelijking 1 een bruto vloeroppervlak vastgesteld waarmee gerekend kan worden.

$$A_{BVO}^{nieuw} = \bar{A}^{bestaand} + rand \cdot \sigma^{bestaand}$$

VERGELIJKING 1 BVO BEREKENING VAN TOEKOMSTIGE BEDRIJVEN.

RAND = EEN RANDOM GEGENEREERDE WAARDEN TUSSEN -1 EN 1.

Gezien de verwachte functies in het gebied wordt voor zowel de bestaande als de fictieve nieuwe gebouwen willekeurig gevarieerd tussen de volgende functies die beschikbaar zijn in de energievraag kentallen database (zie Bijlage I): kantoor, non-food stores, autobedrijven, groothandels en winkels zonder koeling.

2.3.2 Airport Garden City (AGC)

Het OMALA AGC terrein is circa 88 ha groot en wordt in het oostelijke deel (1B+2D) voorzien van functies eten, slapen, drinken, leisure en retail. Het westelijke deel (3B+2D) richt zich op handel, logistiek en transport. Naast de concretere plannen op het 1B-deelgebied (Figuur 2-4) komen er op het overige deel van het terrein ook ongeveer 100 andere bedrijven, dus circa 110 in totaal. Voor het OMALA AGC terrein zijn er concrete plannen om een hotelvoorziening en een Leisure Dome te realiseren. De bestemming van de overige ruimte is nog onbekend. Er wordt ook een parkeervoorziening van 4 ha (Kavel AGC06, circa 1600 parkeerplaatsen) gerealiseerd (Knevel, 2015; OeverZaaier, 2013).

Voor het onderzoek wordt uitgegaan van een mix van ontwikkelingen zoals ingeschat/verwacht door OMALA. Het gemiddelde energie en waterverbruik van deze ontwikkelingen wordt geëxtrapoleerd naar het hele AGC gebied.

Er kunnen echter ook specifieke ontwikkelingen komen die als “gamechanger” werken op de energie voorziening of waterketen, zoals een datacenter, zwemparadijs of extra hotels. Er wordt onderzocht wat de invloed is van dergelijke ontwikkeling op de waterhuishouding.

Hotel

Het hotel krijgt een luxe uitstraling en is bedoeld om passagiers van een touroperator en andere vakantiegangers een dag voor vertrek op een comfortabele wijze te faciliteren. Hiervoor wordt gebruik gemaakt van een wellness-voorziening die een hammam/spa zal bevatten. Naast een luxe uitstraling wordt ook gestreefd om een duurzame uitstraling te krijgen, zoals bij een hotel in Amsterdam beoogd is (Corendon, 2013). In dit hotel wordt

gebruik gemaakt van warmtepompen en een warmtekrachtkoppeling. Naast vakantiegangers is het hotel ook geschikt voor zakelijke doeleinden vanwege de mogelijkheid om zalen te huren. Deze zalen zijn ook beschikbaar voor feesten en partijen.

Uitgangspunten voor de omvang van het hotel:

- 250 kamers (7.400 m²).
- Zalencentrum (900 personen, 15 zalen).
- Restaurant 500 zitplaatsen, 750 m².
- Fitness, wellness 500 m².

Leisure Dome

In het Leisure Dome zal gelegenheid zijn om bijvoorbeeld te bowlen of uit te gaan. Het zal zich richten op familie entertainment, maar er zal ook de mogelijkheid bestaan om indoor extreme sports te beoefenen. Hierbij zijn geen watersporten inbegrepen. Daarnaast zullen er ook geen doucheruimtes beschikbaar zijn. Door het aanbod van verschillende activiteiten zal het waterverbruik variabel zijn per activiteit en hiermee ook gedurende het jaar. Een groot evenement zal maar sporadisch plaatsvinden, maar heeft wel een zeer grote invloed op het dagelijks waterverbruik. Het oppervlak van de Leisure Dome is 4.000 m². De openingstijden zullen van 15:00 - 23:00 zijn en in het weekend van 13:00 - 01:00, maar kunnen voor de verschillende voorzieningen variëren. Het kinderspeelparadijs zal waarschijnlijk om 19:00 uur sluiten, terwijl de discotheek in het weekend tot 04:00 uur open blijft. Op jaarbasis worden een miljoen bezoekers verwacht en door realisatie van een evenementenhal kan dit aantal sterk variëren door het jaar heen. Er wordt verwacht dat men 3 tot 5 uur verblijft in de Leisure Dome en dat gemiddeld 130 FTE per dag aan het werk is.

TABEL 2-4 OPBOUW VAN DE LEISURE DOME OP AIRPORT GARDEN CITY EN DE INSCHATTING VAN BEZOEKERSAANTALLEN.

Leisure Dome	BVO [m ²]	Aantal gasten	Duur aanwezigheid [uur]
Indoor familie entertainment, met indoorspeelparadijs, bowling en lasergame/glowing golf	6000	3550	3
Extreme sports	1500	400	2
Groots uitgaan	9000	Minimaal (tafels): 6000	5
		Maximaal (dansfeest): 27000	5
Wereldrestaurants	4000	2000	4
Multifunctionele ruimte	3500	Minimaal (tafels): 2333	5
		Maximaal (dansfeest): 10500	5
Gemiddeld aantal medewerkers		130	8
Totaal aantal gasten per jaar			
A: Zonder evenement		920.000	
B: Met klein evenement		940.000	
C: Met groot evenement		1.020.000	

Voor een inschatting van het waterverbruik van de Leisure Dome is het belangrijk een idee te hebben van het aantal gasten dat dagelijks aanwezig kan zijn. Met behulp van het Bouwbesluit en ook achtergrondinformatie van veiligheidsvoorschriften van de brandweer en haalbaarheidsstudie van een evenementenhal is een inschatting gemaakt van het bezoekersaantal. Voor het totale aantal bezoekers per jaar (Tabel 2-4) is rekening gehouden met het feit dat uit onderzoek blijkt dat de helft van het bezoek in ongeveer 100 dagen komt van het jaar voor de inoorevenementen (woensdagmiddag, vrijdag, zaterdag en zondag in de maanden oktober tot maart). Elke dag wordt er gebruik gemaakt van de sport faciliteiten, 4x in de week van de restaurants en max 10 maal per jaar vindt er een evenement plaats.

Overige locaties

Voor de overige kavels op OMALA AGC zijn in Tabel 2-5, de eigenschappen gegeven en op gelijke wijze als bij MA6 geëxtrapoleerd om een indruk te krijgen van het water en energie verbruik voor het hele gebied.

TABEL 2-5 VOORZIENE GEBOUWEN OP OMALA AGC

	Kavel en functie	BVO [m ²]
Zeker	Kavel AGC 12: Leisure Dome	22000
	Kavel AGC 03: Hotel	11796
Onbekend, aanname	Kavel AGC 01: bedrijfsbebouwing	8500
	Kavel AGC 02: bedrijfsbebouwing	10000
	Kavel AGC 05: kantoren	20000
	Kavel AGC 07: uitbreiding Leisure Dome	10000
	Kavel AGC 10: bedrijfsbebouwing	10000
	Kavel AGC 11: bedrijfsbebouwing	25000
	Kavel AGC 04: NTB, waarschijnlijk hotel	15000
	DC datacenter: 4.500 kWh per m ² per jaar verbruik	1000
	Zwemparadijs	30000

2.4 Uitgangspunten waterketen

2.4.1 Algemene uitgangspunten waterketen

2.4.1.1 Drinkwaterverbruik berekenen

In deze studie is gebruik gemaakt van bij KWR aanwezige kennis, data en kengetallen voor koud- en warmwaterverbruik in utiliteitsbouw. Dit maakt het mogelijk om het koud- en warmwaterverbruik van verschillende soorten gebouwen te berekenen. Daarnaast kan hiermee een inschatting gemaakt worden van de hoeveelheid en samenstelling van het afvalwater.

De berekeningen van het waterverbruik zijn gericht op een grove schatting van het gemiddelde dagelijks drinkwaterverbruik, de gemiddelde dagelijkse productie en/of benodigde hoeveelheid van grijswater, de benodigde collectie van hemelwater en de dagelijkse lozing op het riool (inclusief schatting van terug te winnen nutriënten).

De piekbelasting is vooral belangrijk bij ontwerprichtlijnen. Voor de gebouwen waar het waterverbruik wordt overheerst door spoeling van toiletten, zoals in de vertrekhal en bij kantoren en winkels, zal de piekbelasting van de wateraanvoer kleiner zijn dan de piekbelasting van de afvoer. De volumestroom van het doortrekken van een toilet (2 [l/s]) is veel groter dan de volumestroom van het vullen van het reservoir (0,042 [l/s]). De piekbelasting is ook belangrijk vanuit energetisch oogpunt. Voor het ontwerpen en dimensioneren van warmwaterbereiders is de maximale belasting in verschillende tijdseenheden nodig. Omdat warmwater vooral relevant is voor het hotel in Airport Garden City zijn de piekbelastingen voor warm water en energie alleen berekend voor het hotel in de ontwerpfase. In deze fase is volstaan met een gemiddeld totaal water- en energieverbruik.

2.4.1.2 Waterstructuurplan

In het kader van het bestemmingsplan voor de luchthaven Lelystad en de uitbreiding naar fase N1 & N2 is een waterstructuurplan opgesteld (RoyalHaskoningDHV, 2015). Hierbij is voornamelijk gekeken naar het voldoen aan de regelgeving en niet specifiek naar duurzame oplossingen. De visie van het waterstructuurplan is daarom meegenomen als een mogelijke invulling van de waterketen waarmee de duurzamere invullingen die in deze studie genoemd worden, kunnen worden vergeleken.

Vanuit het waterstructuurplan zijn de volgende aspecten gericht op waterkwantiteit en waterkwaliteit naar voren gekomen:

Schoon hemelwater. Hemelwater wat valt op de nieuwe gebouwen, loodsen en terminal kan zonder verdere zuiverende voorzieningen worden afgevoerd naar het dichtstbijzijnde oppervlaktewater. Het oppervlaktewater dient een voldoende bergend vermogen en afvoercapaciteit te hebben.

Vervuild hemelwater. De wegen en de parkeerplaatsen voor passagiers en bezoekers mogen vanwege het aantal verkeersbewegingen niet direct afvoeren naar het oppervlaktewater. Hetzelfde geldt voor de platforms, start- en landingsbaan en de taxibaan. Waar mogelijk wordt berminfiltratie toegepast. Parkeerplaatsen worden uitgevoerd met waterdoorlatende verharding. Platform en de banen voeren via het oppervlak af naar wadi-systemen die parallel aan de banen liggen. Hier vindt infiltratie plaats. Drainage wordt aangebracht en gebruikt om grondwaterproblemen te voorkomen. De uiteindelijke afvoer vindt plaats bij de Vliegtocht (tussen de luchthaven en het RDW-terrein).

Het tankplatform wordt apart gerioleerd met lokale behandeling voorafgaand aan de lozing naar oppervlaktewater. Bij overkapping van het tankgedeelte kan het platform aangesloten worden op de vuilwaterriolering.

Winterperiode. Voor het ijs- en sneeuwvrij houden van de banen wordt kaliumformaat gebruikt.

Afvalwater. Afvalwater uit gebouwen wordt aangesloten op de riolering. Eventueel aanwezige gemengde riolering wordt omgebouwd naar een gescheiden systeem. Wadi's voeren het water van vervuilende oppervlakken af. Uitgegaan wordt van een gezamenlijke persleiding met de bedrijventerreinen van de OMALA Mainpark A6 (Larserknoop). Afvalwater uit vliegtuigen is dermate 'dik' dat het moeilijk verpompt kan worden. Het wordt gefilterd waarna het vaste materiaal naar een afvalverwerker gaat en het vloeibare materiaal naar een waterzuivering of, als de kwaliteit dit toelaat, naar de riolering en dus naar de RWZI van Waterschap Zuiderzeeland.

De-icingwater. Het de-icingplatform wordt voorzien van verholen goten met kleppen waarin het hemelwater wordt opgevangen. Hierna wordt de inhoud geloosd op een aparte stort, afgevoerd per as en extern gezuiverd. Vanaf de rijbanen zal het hemelwater via berm en grasland door de bestaande drainage naar het oppervlakte water lopen. Bij het parkeren van de vliegtuigen zal het hemelwater via doorlatende verharding en wadi's afgevoerd worden. Uitgegaan wordt van het gebruik van glycol als de-icingmiddel.

Waterberging. De maximale peilstijging bij een T=100 bui is berekend met de bergingstool van het waterschap. De berekende peilstijging is afhankelijk van de hoeveelheid verhard oppervlak, het wateroppervlak en het type riolering. Uit de bergingstool volgt dat bij een maximale peilstijging van 1,60 m het percentage watercompensatie door de toename van verharding minimaal 4,56% moet zijn. Ter compensatie van de parkeerharding is extra open water gepland aan de oostzijde van het luchthaventerrein. Hierbij moet wel rekening gehouden worden dat in verband met de vliegveiligheid er niet meer dan 3 hectare open water (opgesplitst of aaneengesloten) aanwezig mag zijn. Meer open water zou vogels kunnen aantrekken die kunnen botsen met vliegtuigen.

In de huidige situatie is ongeveer 15 ha van het 124 ha grote peilvak verhard. In de gewenste situatie komt hier ca. 37,85 ha verharding bij. Dit komt in dit peilvak overeen met 27.600 m³ berging. Om deze toename te compenseren moet – in de aangrenzende Vliegtocht – 17.250 m² waterberging aangelegd worden. Het grootste deel van de benodigde berging krijgt vorm door middel van wadi's. Verder wordt gestreefd naar een inpassing van het oppervlaktewater in de bedrijvenzone. Het afgekoppelde hemelwater van gebouwen kan hier rechtstreeks op worden afgevoerd. Dit water heeft naast een functie als waterberging ook een functie in de ruimtelijke kwaliteit.

Grondwater. Waar nodig wordt drainage aangelegd bij het bouwrijp maken om verschillen in grondwaterstanden te voorkomen. De infiltratie van wadi's onder parkeerplaatsen heeft vanwege de onderliggende drainage geen noemenswaardig effect op de grondwaterstanden.

Voor zover relevant worden deze uitgangspunten ook voor beide OMALA-terreinen van toepassing geacht.

2.4.1.3 Beschikbaarheid drinkwater

LA/OMALA liggen voor de levering van drinkwater in het verzorgingsgebied van drinkwaterbedrijf Vitens. Drinkwater kan ingezet worden voor:

- huishoudelijke doeleinden (drinken, douchen, toiletspoeling, schoonmaak e.d.).
- als bluswater.
- om sprinklerinstallaties in gebouwen mee te voeden.
- om koude in te vangen.

Het leveren van leidingwater is, op basis van de Drinkwaterwet (artikelen 3 en 4), een publieke taak van de Nederlandse drinkwaterbedrijven. De belangrijkste reden hiervoor is het beperken van de mogelijke risico's voor de volksgezondheid. Op een enkele plaats in Nederland wordt toegewerkt aan het op pilot-schaal experimenteren met de lokale productie van drinkwater (Alphen, 2015). Om aan de wettelijke eisen voor de levering van drinkwater te kunnen voldoen is een uitgebreid meet- en monitoringsprogramma vereist.

Leidingwater kan ook ingezet worden voor het blussen van een mogelijke brand. Het terminalgebouw van Lelystad Airport zal bijvoorbeeld uitgelegd gaan worden met een sprinklerinstallatie. Het voorraadvat van de sprinklerinstallatie kan met leidingwater gevuld worden. Voor het blussen van branden in en om panden zonder sprinklerinstallatie zal de brandweer een grote gegarandeerde watertoevoer willen hebben. Het gemiddelde benodigde debiet is 35 m³/uur/m² BVO en is afhankelijk van het type gebouw (Brandexpert, 2016). In beginsel zou zowel voor het vullen van de sprinklerinstallatie als ook voor het blussen gebruik gemaakt kunnen worden van drinkwater uit het distributienet.

Het beleid van Vitens is er op gericht om aansluitingen op haar distributienet te dimensioneren op basis van het verwachte drinkwatergebruik. Hierbij wordt er vanuit gegaan dat blusvoorzieningen niet door Vitens worden gemaakt, maar dat er andere waterbronnen zoals een blusvijver of oppervlaktewater beschikbaar zijn (Beekman, 2015). Het aansluiten van blusvoorzieningen rechtstreeks op het distributienet wordt ontmoedigd door hoge aansluitkosten en een hoge jaarlijkse bijdrage.

Voor het plangebied is volgens Vitens voldoende drinkwater beschikbaar. Een toename van de onttrekkingen is bovendien nog mogelijk binnen de bestaande vergunningen (Beekman, 2015). Wanneer duidelijk is welke afnamecapaciteiten worden verwacht, kan bepaald worden of daadwerkelijk geleverd kan worden aan de afnemers in het plangebied. Indien de afnamecapaciteit (op termijn) beperkend zou zijn, dan moet vroegtijdig gestart worden met een uitbreiding. Indien op de langere termijn ook nieuwe winputten nodig zouden zijn, dan vergt dit proces een doorlooptijd van jaren.

2.4.1.4 Lozing op oppervlaktewater (of naar de bodem)

Indien gekozen wordt voor een scenario waarbij het afvalwater niet in de AWZI Lelystad gezuiverd wordt, maar lokaal in het plangebied, dan moet het gezuiverde afvalwater (effluent) geloosd worden op naburig oppervlaktewater of in de bodem. Het plangebied is omgeven door oppervlaktewater, mede omdat het een poldergebied betreft. Lozing op oppervlaktewater is daarmee het meest voor de hand liggend. Het oppervlaktewater aangevuld met effluent wordt via kanalen getransporteerd en uitgeslagen op het Markermeer of IJsselmeer.

Voor de lozing van (gezuiverd) afvalwater op oppervlaktewater is verontreinigingsheffing verschuldigd. Door Waterschap Zuiderzeeland is deze voor 2016 vastgesteld op € 57,38 per vervuilingseenheid.

Drinkwater geleverd door Vitens in de omgeving Lelystad wordt onttrokken aan het grondwater van buiten de provincie Flevoland. Er is geen behoefte aan aanvulling van het grondwater, omdat in het onttrekkingsgebied voldoende aanwas van grondwater is (Beekman, 2015). Op basis van haar taakopvatting ziet Vitens geen rol voor de levering van 'ander' water uit gezuiverd afvalwater.

Huishoudelijk afvalwater is in de Wet milieubeheer gedefinieerd als 'afvalwater dat overwegend afkomstig is van menselijke stofwisseling en huishoudelijke werkzaamheden'. Overal waar mensen verkeren, ontstaat huishoudelijk afvalwater, dat geloosd of afgevoerd wordt naar een geschikte plaats ter verwerking. Op de lozing van huishoudelijk afvalwater op of in de bodem of in een oppervlaktewaterlichaam is het Activiteitenbesluit van toepassing. Het Activiteitenbesluit is een Algemene Maatregel van Bestuur (AMvB) gebaseerd op de Wet milieubeheer (Wm) en Waterwet. Artikel 3.5 lid 1 van het Activiteitenbesluit milieubeheer stelt dat de grenswaarden uit Tabel 2-6 niet mogen worden overschreden (Activiteitenbesluit milieubeheer, 2016).

TABEL 2-6 GRENSSWAARDEN VAN AFVALWATER IN HET ACTIVITEITENBESLUIT

Parameter	Lozing op of in de bodem en in een aangewezen oppervlaktewaterlichaam		Lozing in een niet aangewezen oppervlaktewaterlichaam	
	Representatief etmaalmonster	Steekmonster	Representatief etmaalmonster	Steekmonster
Biochemisch zuurstof verbruik	30 milligram per liter	60 milligram per liter	20 milligram per liter	40 milligram per liter
Chemisch zuurstof verbruik	150 milligram per liter	300 milligram per liter	100 milligram per liter	200 milligram per liter
Totaal stikstof			30 milligram per liter	60 milligram per liter
Ammoniumstikstof			2 milligram per liter	4 milligram per liter
Onopgeloste stoffen	30 milligram per liter	60 milligram per liter	30 milligram per liter	60 milligram per liter
Fosfor totaal			3 milligram per liter	6 milligram per liter

Omdat de verwachte vuilvrucht van het afvalwater uit het plangebied naar verwachting groter zal zijn dan 6 i.e., moet rekening worden gehouden met de grenswaarden uit Tabel 2-6.

Naast deze grenswaarden kan het Waterschap aanvullende eisen stellen indien het betreffende oppervlaktewater bijzondere bescherming behoeft (een zogenaamd aangewezen oppervlaktewaterlichaam). Dit is onder meer afhankelijk van de huidige waterkwaliteit, de gebruiksdoelen van het oppervlaktewater en van de te bereiken waterkwaliteit in het kader van de Europese Kaderrichtlijn Water (KRW). Als indicatie voor de mogelijke lozingseisen zijn hieronder de lozingseisen voor de AWZI's in beheer bij Waterschap Zuiderzeeland opgenomen.

TABEL 2-7 OVERZICHT EFFLUENTEISEN VAN DE RIOOLWATERZUIVERINGSINSTALLATIES VAN WATERSCHAP ZUIDERZEELAND PER 2012.

Parameter	Almere	Dronten	Lelystad & Tollebeek	Zeewolde
BZV [mg/l]	10 (4 overschrijdingen toegestaan	10 als voort- schrijdend gemiddelde over 10 etmaal- monsters	20 3 overschrijdingen toegestaan, ten hoogste 27	10 als debiet gewogen voortschrijdend gemiddelde over 10 etmaalmonsters
CZV [mg/l]	125 per etmaalmonster	-	125 3 overschrijdingen toegestaan, ten hoogste 167 mg/l	-
N _{totaal} [mg/l]	10, als debiet gewogen jaargemiddelde	10, als debiet gewogen jaargemiddelde	10, als debiet gewogen jaargemiddelde	10, als debiet gewogen jaargemiddelde
P _{totaal} [mg/l] *	1	2	1	1
Droogrest [mg/l]	15	20	30 als jaargemiddelde; 50 in enig etmaalmonster	15 in enig etmaal-monster
pH				6,5 ≤ pH ≤ 8,5

* P_{totaal} norm als voortschrijdend debiet gewogen gemiddelde over 10 etmaalmonsters.

Naast aanvullende eisen is een Waterschap ook bevoegd om op aanvraag en indien het belang van de bescherming van het milieu zich daartegen niet verzet, in een maatwerkvoorschrift te bepalen dat bij het lozen niet aan de bovengenoemde grenswaarden uit het Activiteitenbesluit hoeft te worden voldaan of juist wel door een aangegeven zuiveringsvoorziening dient te worden geleid. Van deze mogelijkheid zou bijvoorbeeld in de overgang naar een volgend afvalwaterbehandeling-scenario tijdelijk gebruik gemaakt kunnen worden.

2.4.1.5 (rest)Capaciteit riooltransportstelsel

Indien gekozen zou worden voor een scenario waarin het afvalwater naar buiten het plangebied getransporteerd wordt, is een transportsysteem nodig. Hierbij is het van belang om te weten waar, indien aanwezig, het huidige rioolstelsel ligt en of er voldoende (rest)capaciteit aanwezig is om het extra afvalwater afkomstig van LA/OMALA te kunnen transporteren richting de AWZI Lelystad. Vrijwel de gehele gemeente Lelystad is voorzien van gescheiden riolering, waardoor geen rekening gehouden hoeft te worden met afstromend regenwater naar de riolering.

Het afvalwater van het naburige bedrijventerrein Larserpoort (OMALA Mainpark A6) is via het gemeentelijke gemaal Larserpoortweg (gemaal nummer 49) aangesloten op de persleiding van de gemeente Lelystad welke parallel aan de Larserweg (N302) ligt. Het Larserpad is het pad direct westelijk gelegen van de Larserweg. Dit rioolwater wordt via rioolgemaal De Griend (Lelystad zuidoost) van Waterschap Zuiderzeeland verpompt naar de AWZI Lelystad.

Rioolgemaal De Griend heeft een capaciteit van maximaal 593 m³/h. De afnameverplichting voor dit gemaal is 480 m³/h, wat een restcapaciteit zou betekenen van 113 m³/uur (Waterschap Zuiderzeeland, 2013).

Naar aanleiding van de Optimalisatiestudie Lelystad (2004) heeft de gemeente Lelystad plannen gemaakt voor de aanleg van een nieuwe persleiding langs de Larserdreef, waarmee het afvalwater van onder meer het bedrijventerrein de Larserpoort wordt afgevoerd naar hoofdgemaal Warande en daarmee rioolgemaal De Griend ontlast. In 2010 zijn 3 bestaande inriekpunten vanuit de Landstrokenwijk aangesloten op rioolgemaal Warande om de persleiding van rioolgemaal De Griend te ontlasten. Wat de actuele beschikbare (over)capaciteit is in het stelsel bij rioolgemaal De Griend is daarmee niet goed inzichtelijk.

Rioolgemaal Waranda heeft een capaciteit van maximaal 937 m³/h. Op 25 november 2014 zijn de pompputten vanaf het huidige vliegveld Lelystad en de Mac Donald-vestiging langs de Larserweg aangesloten op rioolgemaal Waranda. Dit heeft ervoor gezorgd dat er een meetbaar debiet van 1.000 m³ per dag verpompt wordt door rioolgemaal Warande (Postema, L. 2016). Gezien de ontwerpcapaciteit is bij gemaal Waranda momenteel geen sprake van restcapaciteit.

Het huidige vliegveld Lelystad is aangesloten op het gemeente gemaal Emoeweg (gemaal nummer 48), met een capaciteit van 15 m³ per uur. Het persriool welke uitstroomt in de kelder van gemaal Larserpoortweg is van PVC en heeft een doorsnede van 125 mm. Dit riool ligt naast de Eendenweg en volgt dan het Larserpad en vervolgt zijn weg in de groenstrook tussen het Larserpad en de Larserweg (N302). Het Larserpad is het pad direct westelijk gelegen van de Larserweg. In de huidige situatie is bij regenval de volledige capaciteit van gemaal Emoeweg nodig, volgens gemeente en waterschap. Voor de volledige toename in de afvoer van water van het nieuw te realiseren vliegveld zal dus een nieuw of vergroot gemaal gerealiseerd moeten worden inclusief de (pers)riolering tot aan gemaal Larserpoortweg. Uitgaande van het huidige trace is dit circa 4 km lang.

Voor ontsluiting van het nieuw te ontwikkelen bedrijventerrein van OMALA bedraagt de afstand tot de persriolering tussen Larserpad en Larserweg hemelsbreed tussen de 100 en 1.800 meter, afhankelijk van de ligging van de nog te realiseren gebouwen en de gezamenlijke ontsluiting voor het rioolwater. Als het afvalwater van dit bedrijventerrein en mogelijk ook van het terminalgebouw aangesloten zou moeten worden op de (vrij verval) riolering van het huidige bedrijventerrein Larserpoort en daarmee op de vernieuwde persleiding langs de Larserdreef, dan dient over een afstand van een paar honderd tot maximaal 2.000 meter hemelsbreed riolering aangelegd te worden. Deze afstand is afhankelijk van de exacte ligging van de riolering en de gebouwen, de mogelijke aansluiting van het terminalgebouw en de ontsluiting daartussen. Bovendien zal dan ook het gemaal Larserpoortweg vergroot moeten worden.

De gemeente Lelystad (Betten, J. 2016) heeft de benodigde aanpassingen en vergroting van de persriolering om het afvalwater van LA/OMALA te transporteren naar rioolgemaal Larserpoortweg (P49) geïntegreerd in het meer toekomst bestendig maken van de rioleringssituatie ter plaatse. De kosten hiervan zijn gecalculeerd op circa 2 miljoen euro (Tabel 2-8).

TABEL 2-8 BEGROTING T.B.V. AANPASSING RIOLERINGSSITUATIE LELYSTAD AIRPORT EN
BEDRIJVENTERREIN OMALA (BETTEN, J. 2016)

Aanpassing riolerings situatie	Kosten [euro]
<i>Gebied Larserpoort</i>	
Aanpassen gemaal P49 Larserpoort	30.000
Verplaatsen P49.1 Pascallaan	30.000
<i>Bedrijventerrein OMALA</i>	
Plaatsen 3 nieuwe gemalen	450.000
Nieuwe persleiding 3.000mtr, 250mm	495.000
<i>Vliegveld Lelystad</i>	
Gemaal P48 vliegveld renoveren/verplaatsen/vergroten	120.000
Nieuw gemaal t.b.v. terminal	120.000
Nieuw (hoofd)gemaal afvoer OMALA en vliegveld	150.000
Nieuwe persleiding 2.000mtr, 500mm naar Landerijen	330.000
<i>Subtotaal</i>	<i>1.725.000</i>
Vorbereiding & toezicht (20%)	345.000
<i>Totaal</i>	<i>2.070.000</i>

Door Waterschap Zuiderzeeland zal daarnaast de capaciteit van rioolgemaal Waranda uitgebreid moeten worden en - afhankelijk van de ontsluiting en de beschikbare (over)capaciteit - de capaciteit van rioolgemaal De Griend.

De aanleg van vrij verval riolering voor de inzameling en afvoer van het afvalwater per gebouw is niet mee begroot in Tabel 2-8. Bij de keuze over het wel of niet naar buiten het plangebied transporteren van het vrijkomende afvalwater is dit ook niet onderscheidend. De aanleg van deze riolering is in beide situaties nodig. Wel zal mogelijk de ligging van de riolering en het lozingspunt verschillen.

2.4.1.6 (rest)Zuiveringscapaciteit op de AWZI Lelystad

De AWZI Lelystad bestaat uit 3 zeer laag belast actiefslib systemen van het type carousel met de onderstaande ontwerpcapaciteiten (Tabel 2-9).

TABEL 2-9 OVERZICHT VAN ONTWERPCAPACITEITEN VAN AWZI LELYSTAD VAN WATERSCHAP
ZUIDERZEELAND PER 2012 (WATERSCHAP ZUIDERZEELAND, 2013).

AWZI	Capaciteit		
	Biologische belasting [i.e. TZV - 150]	DWA-debiet [m ³ /uur]	RWA-debiet / hydraulische ontwerp belasting [m ³ /dag] [m ³ /uur]
Lelystad	160.500	1.710	20.500 3.260

De AWZI Lelystad heeft de grootste reservecapaciteit van de AWZI's in beheer bij Waterschap Zuiderzeeland. Op de AWZI Lelystad wordt 65% van de biologische ontwerpcapaciteit en 63% van de hydraulische belasting aangesproken. Om deze reden wordt op de AWZI Lelystad afvalwater per as aangevoerd om te verwerken, net als slibben en drijfslagen van de andere AWZI's van het Waterschap Zuiderzeeland. Het zuiveringsresultaat van de AWZI Lelystad is zeer goed.

De derde actiefslibtank van AWZI Lelystad is door de huidige overcapaciteit niet in gebruik. Uit onderzoek uitgevoerd in 2012 is geconcludeerd dat de installatie met 2 tanks volstaat, op basis van de verwachte groeicijfers tot 2025. Tot die tijd hoeft de derde actiefslibtank dus niet in gebruik genomen te worden en zijn intussen de beluchtingselementen hieruit elders toegepast (Waterschap Zuiderzeeland, 2013).

Op de AWZI Lelystad wordt zuiveringsslib vergist om biogas op te wekken. In het kader van optimalisatie van de sliblogistiek binnen Waterschap Zuiderzeeland, optimalisatie van de biogasproductie en de productie en levering van LNG (vloeibaar gas) wordt de slibvergisting op de AWZI Lelystad gestopt en het slib per as getransporteerd naar een centrale slibverwerking in Tollebeek (in de Noordoostpolder). Op Tollebeek wordt het slib vergist met de nieuwe Ephyra® technologie.

Er zijn op dit moment geen andere concrete plannen om de AWZI Lelystad om te vormen tot grondstoffenfabriek. Wel worden de ontwikkelingen nauwgezet gevolgd en wordt daar actief aan deelgenomen. Dit onder meer door participatie in Waterkracht, een samenwerkingsverband van 5 waterschappen. Waterkracht richt zich op onderzoek en projecten naar grondstofwinning (o.a. cellulose en bioplastics) en nieuwe producten als bijvoorbeeld hoogwaardige eiwitten met het concept van Power to protein (www.powertoprotein.eu).

Voor 2016 bedraagt de heffing voor het zuiveren van afvalwater in een AWZI van Waterschap Zuiderzeeland € 57,38 per vervuilingseenheid.

2.4.2 Waterketen Lelystad Airport

Uitgangspunten lucht- en landzijdige infrastructuur (perceel 1 aanbesteding)

De hemelwaterafvoer van verharde oppervlakken en gebouwen vindt direct plaats naar oppervlaktewater. Alleen de platforms en baai zijn voorzien van verscholen goten met kleppen waarmee in de winterperiode de-icing water met glycol separaat kan worden opgevangen en afgevoerd. Op deze manier kan tot 95 % van de glycol worden opgevangen (RoyalHaskoningDHV, 2015).

Uitgangspunt is dat lokaal op het platform aansluitpunten worden aangelegd voor de levering van drinkwater aan en de afvoer van afvalwater uit vliegtuigen. Hierbij is uitgegaan van de aanwezigheid van 200 liter watertanks in de vliegtuigen voor drinkwater en afvalwater (Ground Operations Manual, 2002) Aandachtspunt bij de levering van drinkwater is de beveiliging tegen terugstromen. Tot slot zal bij het waterverbruik ook rekening gehouden moeten worden met de schoonmaak van de buitenkant van het vliegtuig.

Op het luchthaventerrein wordt geen bluswaternet voorzien, er wordt per gebouw een bluswatervoorziening ingepast.

Uitgangspunten gebouwen en voorzieningen (perceel 2 aanbesteding)

Voor het luchthavengebied is in deze studie uitgegaan van een terminalgebouw met een dakoppervlak van 10.300 m² en een gebruiksoppervlak van circa 15.000 m² voorzien van

waterverbruikers zoals toiletgroepen met alleen koud water, een doucheruimte voor personeel en enkele horecagelegenheden zoals een restaurant. Daarnaast wordt een sprinklerinstallatie aangelegd en moeten blusleidingen en haspels voorhandig zijn. Ook zal er rekening gehouden moeten worden met het waterverbruik voor de schoonmaak van het gebouw. De schoonmaak van de buitenkant van het gebouw is hierbij niet meegenomen, omdat het slechts een aantal keer per jaar zal gebeuren en daarbij verwaarloosbaar zal zijn op het gemiddelde. Tot slot moet hemelwater en vuilwater afgevoerd worden. Overige dienstgebouwen zijn - in overleg met Lelystad Airport - niet meegenomen in de beschouwing omdat ze naar verwachting niet voor 2018 zijn gerealiseerd.

Kengetallen Eindhoven Airport

LA heeft eenzelfde karakter als de bestaande luchthaven Eindhoven Airport. Ook het groeiscenario komt sterk overeen met dat van LA (zie Tabel 2-10). Daarom is Eindhoven Airport als referentie gebruikt voor het water- en energieverbruik als ook voor afvalproductie en dergelijke (Tabel 2-11 en Tabel 2-12). In 2014 zijn er op Eindhoven Airport 3.926.395 passagiers afgehandeld en waren er 28.909 vliegbewegingen (Jaarverslag 2014, Eindhoven Airport). Eindhoven Airport heeft de verwachting om in 2020 uit te groeien naar ongeveer 43.000 vliegbewegingen en 5,5 miljoen passagiers.

In juni 2013 is bovenop de terminal van Eindhoven Airport een hotel geopend met 120 kamers. Dit is een kleiner hotel dan gepland bij Airport Garden City.

Eindhoven Airport maakt gebruik van opgevangen hemelwater voor de koude-warmte opslag. Het stelsel voor regenwater is afgekoppeld bij de bouw van de nieuwe terminal (geopend juni 2013) en het bijbehorende platform. Er is een buffer gerealiseerd om gefaseerd te lozen op het regionaal stelsel (Jaarverslag 2008). Deze buffer is voorzien van een olie- en vetafscheiding die ook gekoppeld is aan de brandstofopstelplaats. De buffer/ondergrondse berging wordt ook gebruikt voor het doorspoelen van toiletten en urinoirs op de luchthaven. Daarnaast wordt er ook minimaal 350 m³ water in een sprinklerput bewaard voor de sprinklerinstallatie.

TABEL 2-10 VLUCHTBEWEGINGEN EN PASSAGIERS OP EINDHOVEN AIRPORT IN VERGELIJKING MET DE VERWACHTE GROEI VAN LELYSTAD AIRPORT

Jaar	Aantal vluchtbewegingen	Aantal passagiers	Aantal medewerkers (FTE)	Vergelijking met fase ontwikkeling Lelystad Airport
2007	16.774	1.544.098	32.7 (39 pers)	N1
2014	28.909	3.926.395	48 (54 pers)	N2
2020 (verwachting)	43.000	5.500.000		N3

Opmerking: Het is niet duidelijk of personeel van winkels en restaurants en schoonmaak is meegenomen.

TABEL 2-11 KENGETALLEN WATER EN ENERGIE PER PASSAGIER VAN EINDHOVEN AIRPORT DOOR DE JAREN HEEN

Jaar	WATERVERBRUIK (m ³)	ELECTRA VERBRUIK (kWh)	GAS VERBRUIK (m ³)
2011	0,0074	1,61	0,0354
2012	0,0043	1,57	0,0299
2013 ¹	0,0061	1,59	0,0506
2014	0,0074 ²	1,33	0,0337 ³

¹ In juni is nieuwe terminal geopend met extra hotel en platform

² Bij dit waterverbruik zit ook het waterverbruik van het hotel.

³ Lager door zachtere winter

TABEL 2-12 KENTALLEN VOOR HET AANTAL MEDEWERKERS VAN EINDHOVEN AIRPORT IN 2014 (JAARVERSLAG EINDHOVEN AIRPORT, 2014)

De 49 vaste medewerkers van Eindhoven Airport N.V. en Eindhoven Airport Hotel B.V. waren eind 2014 ondergebracht bij de volgende afdelingen:

	Personen	FTE	M	V
Directie & Managementteam	4	4	3	1
Commercial Services	5	5	3	2
Operationele zaken				
Airport Operations	11	11	6	5
Technische Dienst	5	5	5	
Financiële zaken & ICT	5	5	3	2
Juridische & Bestuurlijke zaken	3	2		3
Secretariaat	4	3		4
Personeel & Organisatie	1	1		1
Corporate Communications	1	1		1
Eindhoven Airport Hotel B.V.	15	11	4	11
Totaal	54	48	24	30

Ter vergelijking voor de kentallen in Tabel 2-11. In 2014 werd op Schiphol 13,1 liter drinkwater per passagier verbruikt en op Rotterdam The Hague airport 9,6 liter.

2.4.3 Waterketen OMA LA

Voor het OMA LA-terrein MA6 (inclusief huidige Larserpoort) is het uitgangspunt dat het waterverbruik voornamelijk bepaald zal worden door toiletgebruik van die medewerkers en koffie- en waterautomaten en dat er een minimaal verbruik voor proceswater of koelwater is (zie § 2.3.2.). Daarnaast zal het waterverbruik voor schoonmaak verwaarloosbaar zijn in vergelijking met het andere waterverbruik.

Voor het OMA LA terrein AGC zal in eerste instantie worden uitgegaan van de komst van een hotel en een Leisure Dome. Bij de ontwikkelingen naar de toekomst zal rekening worden gehouden met de invulling van de andere locaties op termijn, vooral als het gaat om 'game changers' zoals een extra hotel of een zwemparadijs. Op het AGC terrein wordt geen bluswaternet voorzien.

2.5 Uitgangspunten energie

Het uitgangspunt is dat gebouwen duurzaam worden verwarmd en gekoeld met bodemenergie in combinatie met een warmtepomp. Daar waar relevant voor het invullen van de thermische energievraag van gebouwen wordt de duurzame elektriciteitsopwekking meegenomen. Verder valt de aanleg van het DC-net en elektriciteitsvoorziening buiten de scope van dit project.

2.5.1 Algemene uitgangspunten

Omdat de energievraag van gebouwen afhankelijk is van vele factoren (optredende weer, gebruik van het gebouw, bezettingsgraad, kwaliteit van de schil) is het erg moeilijk om de energievraag voor bekende en onbekende ontwikkelingen te bepalen. Het is juist de bedoeling om een plan te ontwikkelen dat om kan gaan met een onzekere en veranderende energievraag. Om toch een globaal beeld te krijgen van hoeveel ruimte in de bodem nodig is voor energieopslag, is op basis van de gebruikers, oppervlakten van de gebouwen, kentallen voor de energievraag en met behulp van de parameters uit Tabel 2-13 in Hoofdstuk 2 geschat wat de energievraag van elk gebouw ongeveer zal zijn en welk deel daarvan uit de bodem moet komen. Uitgangspunt daarbij is dat alleen energie die in de bodem kan worden opgeslagen, ook daadwerkelijk kan worden uitgewisseld tussen gebouwen en andere sources en sinks van thermische energie¹.

TABEL 2-13 PARAMETERS OM DE ENERGIEVRAAG VAN EEN GEBOUW IN TE SCHATTEN

Parameters	
Koeling uit de bodem	90% van totale koelvraag
Verwarming uit de bodem	50% van totale verwarmingsvraag
Gemiddelde COP ² van warmtepomp	4
COP compressie koelmachine	3
Rendement conventionele gasketel	90%
Energetische waarde gas	8,79 kWh/m ³
Gemiddelde infiltratie temperatuur warme bron	13°C
Gemiddelde infiltratie temperatuur koude bron	8°C

Kentallen voor de energievraag van gebouwen waar nog geen energievraag voor is vastgesteld komen uit verschillende bronnen. De belangrijkste bronnen zijn Agentschap NL (AgentschapNL, 2011; Meijer and Verweij, 2009; Rijksgebouwendienst, 2010). De kentallen uit deze databases zijn opgenomen in Bijlage I. Kentallen uit eventuele andere bronnen zijn apart vermeld. Daar waar voor een specifiek gebouw geen passend kental beschikbaar is, is de energievraag gehanteerd van een gebouw met een soortgelijke functie. Als die ook niet beschikbaar is, is het gemiddelde van alle beschikbare gegevens gebruikt.

Voor het vaststellen van de energievraagverdeling of andere weersafhankelijke aspecten is gebruik gemaakt van klimatologische waarnemingen van KNMI op het station Lelystad (269).

2.5.2 De energievraag voor koelen en verwarmen invullen

Zoals genoemd in § 2.3 heeft verwarming en koeling van gebouwen een belangrijk aandeel in de energievraag van het gebied, waarbij OMALA faciliterend op zal treden. Aangezien het

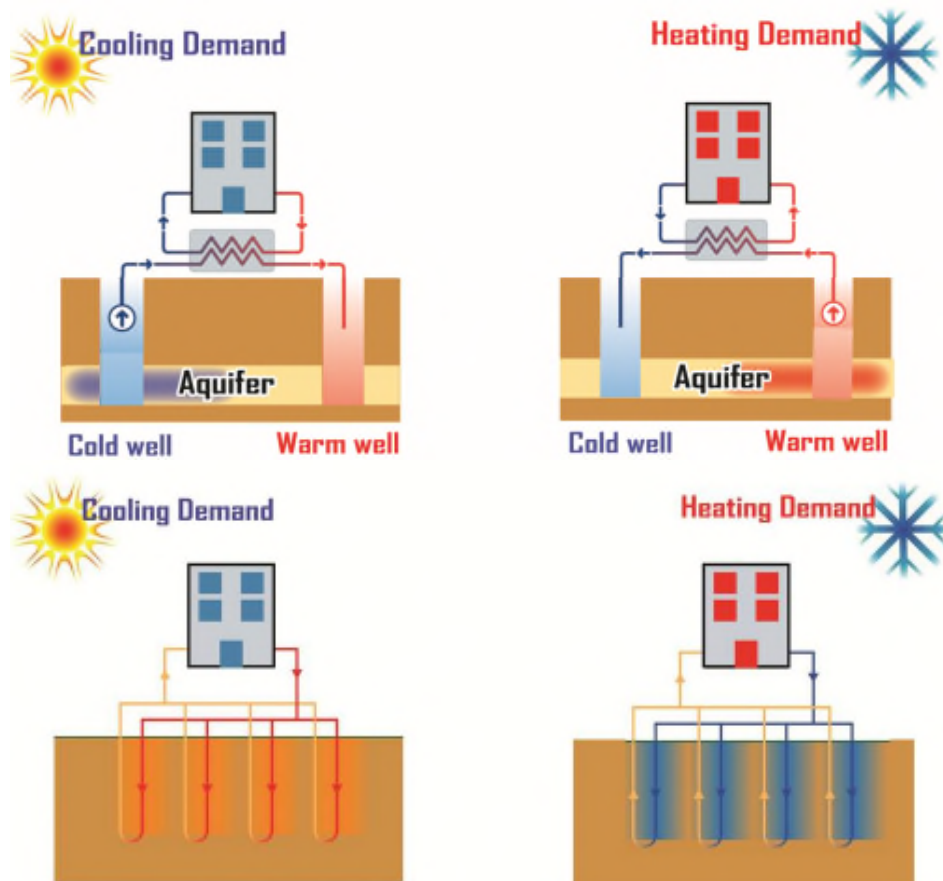
¹ Het direct uitwisselen van energie vereist dat de energie beschikbaar moet zijn op hetzelfde moment dat de vraag er is. In incidentele gevallen zal dit mogelijk zijn, maar veelal zal de energie tijdelijk gebufferd moeten worden in de bodem.

² Coëfficiënt of Performance, maat voor de efficiëntie, hoe hoger hoe beter.

aannemelijk is dat de bedrijven uitgerust worden met een bodemenergiesysteem wil OMALA een ordening- en beheerplan voor de bodem maken.

2.5.2.1 Bodemenergie

Bodemenergie is een duurzame techniek die geen gas nodig heeft. De koelvraag van aangesloten gebouwen wordt vrijwel geheel ingevuld door het bodemenergiesysteem, de verwarmingsvraag voor circa 60% (het overige deel met piek voorzieningen), de warmtepomp van bodemenergiesystemen worden gevoed door het DC-net van OMALA of het normale elektriciteitsnet. Om een bodemenergiesysteem bestendig te exploiteren moet er jaarlijks ongeveer evenveel energie in de bodem worden opgeslagen als er ook uit wordt teruggewonnen. Om aan deze eis te voldoende kan een WKO-systeem ook andere bronnen of afnemers van thermische energie gebruiken om optimaal rendement uit het systeem te halen. In de basis zijn er 2 typen systemen waarbinnen verschillende varianten mogelijk zijn; open en gesloten systemen, zoals weergegeven in Figuur 2-5. Voor een uitgebreide beschrijving van de verschillende technieken wordt verwezen naar skb-cahier "Bodemenergie, warm aanbevolen" (Bloemendal and Mathijssen, 2013).



FIGUUR 2-5 WERKINGSPRINCIPE OPEN (BOVEN) EN GESLOTEN BODEMENERGIE (ONDER)

De grootte van de energievraag bepaalt het ruimtebeslag in de ondergrond van een bodemenergiesysteem. Daarnaast is ook de balans tussen koelings- en verwarmingsvraag van belang, omdat een te grote structurele onbalans bestendige exploitatie van een bodemenergiesysteem in de weg staat.

Eventuele onbalans in energievraag kan worden opgelost door:

- Warmte en/of koelcapaciteit productie met elektriciteit uit de pieken van het zonnestroompark op OMAALA. Dat is een win-win situatie omdat de bodem flexibel kan worden ingezet en tegelijkertijd het probleem van piekstromproductie wordt verminderd.
- Ook kunnen er andere bronnen van thermische energie worden gebruikt; zoals asfaltcollectoren in parkeerterreinen of start/landingsbanen.
- Gebouwen kunnen onderling hun thermische energie tekort/overschot uitwisselen.

2.5.2.2 HTO & Geothermie

De opslag van Hogere Temperaturen (25°C – 80°C) staat in Nederland in de kinderschoenen. Omdat HTO-systemen boven de wettelijke toegestane infiltratietemperatuur infiltreren, hebben HTO-systemen de “pilot-status”. Daarnaast hebben ze hoge installatie- en beheerkosten, een specifieke vraag/aanbod-profiel van warmte en relatief grote effecten die optreden door temperatuurafhankelijke dichtheidsverschillen. Het winnen van thermische energie uit diepere lagen vraagt een grote investering en een gebruiker met een grote warmtevraag.

De potentie voor geothermie is niet zo groot ter plaatse van OMAALA (zie Bijlage VIII). Bodemlagen waaruit deze warmte kan worden gewonnen, zitten veel dieper dan de lagen waarin WKO en eventueel HTO worden toegepast. Door de ligging sluiten de toepassingen elkaar niet uit.

Om bovenstaande redenen is het niet realistisch om te verwachten dat dergelijke systemen op grote schaal worden toegepast bij OMAALA. En als ze al worden toegepast, zal dit altijd in diepere lagen gebeuren dan in de relatief ondiepe watervoerende pakket waar WKO plaatsvindt. De HTO- en geothermiesystemen worden daarom in deze studie niet verder meegenomen. Dit sluit de toepassingsmogelijkheden van deze technieken echter niet uit; een individuele gebruiker kan deze systemen desgewenst gebruiken.

Deel I: Duurzame waterketen

3 Overzicht scenario's drinkwaterverbruik

3.1 Inleiding

Voor het schatten van het benodigde drinkwaterverbruik bij LA en OMALA is het waterverbruik in de verschillende gebouwen/complexen berekend. De berekeningen van het waterverbruik zijn gericht op een grove schatting van het gemiddelde dagelijks drinkwaterverbruik. Daarnaast zou in plaats van drinkwater ook grijswater of hemelwater kunnen worden gebruikt voor de toiletspoeling. Daarom is de gemiddelde dagelijkse productie grijswater berekend en gekeken of deze toereikend is. Ook de benodigde collectie van hemelwater is geschat. In dit stadium van het project is een inschatting van gemiddelde hoeveelheden toereikend. De piekbelasting is vooral belangrijk bij ontwerprichtlijnen zoals vermeld in § 2.4.1.1.

Achtereenvolgens zijn de berekeningen uitgevoerd voor de vertrekhal, de vliegtuigen, OMALA Mainpark (kantoren) en Airport Garden City (hotel en Leisure Dome). De berekeningen zijn uitgevoerd voor verschillende scenario's met betrekking tot waterbesparende varianten van voorzieningen voor toiletten en douches. De berekeningen zijn uitgevoerd voor groeiscenario N2 en N3 (Tabel 2-1).

In de berekeningen voor de collectie van hemelwater is een gemiddelde neerslag van 800 mm per jaar aangenomen (Agudelo-Vera, 2012). Bij een gelijke verdeling over de dagen van het jaar komt dit overeen met (800mm/365 dagen) 2,2 mm/dag. Met een collectie efficiëntie van 70%, is vervolgens het benodigde (dak)oppervlak berekend. Om dit percentage te kunnen bereiken is in principe opslag nodig. Dit is berekend in § 3.9.

3.2 Vertrekhal

In de vertrekhal zijn de dominante verbruikers de passagiers, bezoekers en medewerkers die gebruik maken van het toilet en de toiletruimte. Tevens speelt het gebruik van water voor consumptie (water- en koffieautomaat) een rol. Het extra waterverbruik ten behoeve van toiletten/toiletruimten in restaurants is verwaarloosbaar. Alleen voor de bereiding van voedsel zal water gebruikt worden. Normaliter zijn de grootste waterverbruikers in een restaurant de afwasmachines. Echter, ten opzichte van het waterverbruik voor de toiletten in de vertrekhal is deze hoeveelheid verwaarloosbaar klein. Dit omdat industriële afwasmachines maar 2 liter per wasbeurt gebruiken (<http://www.valinn.nl/vaatwassers/voorladers/vvle/vvl-e-35-21/>). Daarnaast wordt in het concept van Lelystad Airport gebruik gemaakt van composteerbaar bestek en borden (zie § 4.2.5), waardoor er minder afgewassen zal worden. Dit maakt het waterverbruik door afwasmachines nog kleiner en daarmee verwaarloosbaar t.o.v. het overige waterverbruik.

In de vertrekhal is voorlopig één douche voorzien voor de medewerkers van de marechaussee. Mogelijk komen er meer doucheruimtes, maar er is aangenomen dat het waterverbruik hierdoor niet significant stijgt t.o.v. het totale waterverbruik.

3.2.1 Aannames

Voor de berekeningen van het waterverbruik, het benodigde grijs- of hemelwater en het geproduceerde grijswater zijn de volgende aannames gemaakt. De aannames zijn gesplitst in aannames voor apparaten en activiteiten en aannames voor aanwezige personen en hun gedrag.

3.2.1.1 Aannames voor apparaten en activiteiten

- Toiletgroepen:

Het aantal toiletgroepen is nog niet bekend. Voor de gemiddelde dagelijkse hoeveelheid is dat ook niet van belang. Alleen als men geïnteresseerd is in het piekverbruik/peikbelasting dan is informatie over het aantal toiletten noodzakelijk. Tevens is dit een belangrijk aspect voor het bepalen van wachttijden. De eigenschappen van de toiletten en urinoirs is weergegeven in Bijlage II.1. Hierbij is aangenomen dat de wastafel in de toiletruimte alleen voor het handenwassen wordt gebruikt. Bovendien wordt aangenomen dat iedereen de handen wast na bezoek aan toilet of urinoir.

Vaak wordt in vertrekhallen gebruik gemaakt van kranen met sensoren. Er zijn verschillende typen: kranen die alleen water geven als de handen voor de sensor worden gehouden. Deze zullen een vergelijkbaar verbruik hebben als een gewone wastafelkraan. Er zijn ook kranen die een vaste hoeveelheid water geven als de handen voor de sensor komen of als een drukknop wordt ingedrukt. Voor wastafels met deze kranen is als uitgangspunt genomen dat ze een vaste duur hebben van 15 seconden en een volumestroom van 0,083 l/s. In de praktijk gebruikt men dan vaak tweemaal de kraan (een keer bij inzepen en een keer bij afspoelen). Het verbruik van deze kraan is dus 2x deze hoeveelheid ($2 \times 15 \times 0,083$), ongeveer 2,5 liter.

- Aanwezige kantoren, winkels en restaurants:

Alleen het waterverbruik door toiletbezoek van medewerkers wordt meegenomen. De overige waterverbruikende activiteiten (voedselbereiding, afwas, schoonmaak) zijn verwaarloosbaar geacht.

- Schoonmaak:
 - Vertrekhal:

Er bestaan verschillende manieren om de schoonmaak in de vertrekhal uit te voeren: schoonmaakmachines, schoonmaakkarren met een emmer of schoonmaken met (vochtige) doekjes. De manier waarop de schoonmaak plaatsvindt, is belangrijk voor het waterverbruik. Gebaseerd op het totale oppervlak van de vertrekhal (BVO) is aangenomen dat de schoonmaak grotendeels gebeurt met een schoonmaakmachine (1 x dag), de toiletten worden schoongemaakt met schoonmaakkarren met een emmer (4x dag). Verwacht wordt dat op het totale waterverbruik, de bijdrage van de schoonmaak verwaarloosbaar klein is.

- Buitenzijde vertrekhal:

Van de schoonmaak van de buitenzijde van de vertrekhal is moeilijk een inschatting te maken, omdat de omvang als ook het materiaal (veel raampartijen bv) nog niet bekend is. Bovendien zal de buitenzijde niet dagelijks, maar slechts een aantal keer per jaar schoongemaakt worden, waardoor de bijdrage aan het totaal waterverbruik verwaarloosbaar is.

- Openingstijden:

Voor de openingstijden van de terminal zijn de tijden van Eindhoven Airport genomen als referentie. De terminal is open van 04:30-00:00. Dit is voor de berekening van de dagelijkse gemiddelde hoeveelheid niet belangrijk. Het is pas relevant bij piekbelasting.

- Grijswater en hemelwater:

Grijswater en hemelwater worden in de berekeningen alleen gebruikt voor toiletspoeling. Het wordt niet gebruikt voor de wastafel, consumptie en schoonmaak.

- Bluswater en water voor sprinklerinstallatie:
 - Bluswater en een sprinklerinstallatie zijn niet op het leidingnet aangesloten en worden daarom niet meegenomen in de analyse. Op bluswater wordt in § 3.9.3 kort kwalitatief ingegaan.
 - Voor een sprinklerinstallatie bestaan eisen per kop en een tijdseenheid. Hieruit kan een capaciteit berekend worden. Mogelijkheden zijn:
 - Opslag ruimte met gewenste capaciteit (al dan niet volledig gevuld met hemelwater).
 - Kleinere opslag ruimte met hemelwater, dat aangevuld kan worden.
 - Open water (vijver) met een pomp, voorzien van een filter om grote brokken/verontreinigingen tegen te houden.

Daarnaast wordt in § 3.9.3 berekend of er voldoende hemelwater is om als bron te dienen voor bluswater gebaseerd op deze aannames.

3.2.1.2 Aannames voor aanwezige personen en hun gedrag

- Op basis van N2 en N3 is het gemiddelde aantal passagiers berekend. Dit zijn zowel vertrekkende als arriverende passagiers. Een percentage voor bezoekers is meegenomen in de berekening.
- Voor een dag met topdrukke zijn gegevens van Eindhoven gebruikt: het aantal passagiers was een factor 1,5 hoger dan het gemiddelde aantal (uit een interview op youtube van 26-07-2013). Een dag met topdrukke wordt in het vervolg een max-dag genoemd. Er is geen verschil in het aantal medewerkers tussen een gemiddelde en max-dag. Deze aanname is gerechtvaardigd omdat het waterverbruik door de medewerkers relatief laag of verwaarloosbaar is ten opzichte van de passagiers (zie Bijlage II.2).
- Voor het berekenen van het waterverbruik door toiletten is het nodig om de verhouding mannen en vrouwen te weten. Mannen en vrouwen verschillen in het gebruik van de spaarfunctie van een dual flush toilet (Pieterse-Quirijns, 2010; Pieterse-Quirijns e.a., 2013a). Bovendien kunnen mannen gebruik maken van een urinoir, die een ander spoelvolume heeft dan een gewone toilet.
- Aangenomen is dat de ratio M/V van passagiers, bezoekers en medewerkers 50% / 50% bedraagt op basis van de M/V ratio van Eindhoven Airport (Tabel 2-12).

De aanwezige personen in de vertrekhal zijn onderverdeeld in de volgende types: passagiers, personeelsleden en bezoekers. Voor veel kenmerken t.a.v. het toiletgebruik, zoals de toiletfrequentie en de keuze van spoeling (volledig of waterbesparende functie) en urinoir (toilet of urinoir) is gebruik gemaakt van kennis van water verbruikend gedrag van personen in huishoudens, kantoren en hotels (Blokker, 2010; Pieterse-Quirijns, 2010). Andere aannames zijn gebaseerd op beperkte interviews en ervaringen. De aannames voor het aantal personen en hun gedrag zijn achtereenvolgens beschreven per type.

Aannames passagiers:

1. Duur aanwezigheid passagiers: gemiddeld 1,5 uur.
2. Toiletfrequentie: Er is een verschil tussen de toiletfrequentie van aankomende passagiers en vertrekkende passagiers.
 - a. Aankomende passagiers: Van de aankomende passagiers gaat iedereen direct één keer naar het toilet.
 - i. Alle vrouwen gaan één keer (in geval van dual flush: 60% gebruikt waterbesparende mogelijkheid)
 - ii. $\frac{3}{4}$ van de mannen gebruikt de urinoir
 - iii. $\frac{1}{4}$ van de mannen gaat naar het toilet (in geval van dual flush: 0% gebruikt waterbesparende mogelijkheid)
 - b. Vertrekkende passagiers:

Bij vertrekkende passagiers is de toiletfrequentie afhankelijk van de gemiddelde wachttijd. Bovendien blijkt op basis van beperkte interviews dat passagiers toiletbezoek in vliegtuig proberen te vermijden door zeker één keer naar toilet te gaan voor vertrek. Gemiddeld gaan mensen tussen elke twee uur of elke drie uur naar het toilet (dagelijkse toiletfrequentie in huishoudens is 6x per dag voor een volwassene). Met een gemiddelde duur van 2 uur per reis en 40 minuten wachttijd (inchecken, etc.) resulteert dit in:

 - i. Alle vrouwen gaan één keer.
 - ii. $\frac{3}{4}$ van de mannen gebruiken de urinoir.
 - iii. $\frac{1}{4}$ van de mannen gaan naar het toilet.
3. Aantal consumpties, waarvoor water gebruikt wordt:
 - a. Aankomende passagiers: Enkele passagiers drinken een slok water. De meeste passagiers stellen het uit tot aankomst thuis of in een hotel, daarom wordt aangenomen dat slechts 15% van de passagiers 100 ml drinkt.
 - b. Vertrekkende passagiers:
 - i. 50% van de passagiers gebruikt gemiddeld 200 ml.
 - ii. 25% drinkt kopje koffie bij restaurant van 125 ml.

Aannames personeelsleden

Op basis van de uitgangspunten in Tabel 2-10, is voor scenario N2 54 personeelsleden aangenomen. Dit is voor N3 verhoudingsgewijs verhoogd met een factor van 1,8. In deze Tabel zijn medewerkers in winkels, restaurants etc. (waarschijnlijk) niet meegenomen. Aangenomen is dat er 12 winkels zijn en er gemiddeld 2,5 personen per winkel/ horeca aanwezig is wat resulteert in 30 extra personeelsleden.

Het water-verbruikend gedrag van personeelsleden is gebaseerd op gevalideerde gegevens van kantoormedewerkers (Pieterse-Quirijns, 2010; Pieterse-Quirijns e.a., 2013a). Aangenomen wordt dat iedere medewerker een achturige werkdag heeft en dat het gedrag gelijk is aan dat van kantoormedewerkers.

- Duur aanwezigheid medewerkers: 8 uur
- Toiletfrequentie: 4x
- Hoeveel consumpties: 8x

Voor het gemiddelde totaal waterverbruik maakt het niet uit wanneer deze mensen aanwezig zijn. Bij piek verbruiken wordt dit wel relevant.

Aannames bezoekers, anders dan passagiers

Er is geen achtergrondinformatie beschikbaar over het aantal bezoekers in een vertrekhal. Daarom zijn hier op basis van praktijkervaring/expert knowledge de volgende aannames gemaakt:

1. bezoekers gerelateerd aan het vliegen:
 - a. aantal bezoekers: 35% (uit onderzoek van Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid, 2014) van passagiers wordt met auto weggebracht. Aantal bezoekers is dan 35% van het aantal passagiers, met een gemiddelde van 1,5 bezoeker/passagier. Aangenomen is dat, vanaf Lelystad Airport, reizen met langdurige verblijven in buitenland nauwelijks voorkomen. In die situatie zou het bezoekersaantal op Lelystad Airport kleiner zijn en van kortere duur dan het geval is op Schiphol.
 - b. twee type bezoekers:
 - i. 90% van de bezoekers komen alleen wegbrengen of ophalen. Ze zullen minder dan 20 minuten aanwezig zijn en geen bezoek aan het toilet brengen.
 - ii. 10% blijft langer dan 30 minuten:
 1. 1/5 van de vrouwelijk bezoekers gaat één keer naar het toilet (in geval van dual flush: 90% gebruikt waterbesparende mogelijkheid).
 2. 1/10 van de mannelijke bezoekers gaat naar de urinoir.
 3. Geen mannelijke bezoeker gaat naar het toilet.
2. Niet-passagier gerelateerde bezoekers, bv winkelend publiek. Aangenomen kan worden dat het toiletgebruik van hen verwaarloosbaar is op het totale toiletgebruik.

3.2.2 Scenario's

Voor de berekening van het waterverbruik kunnen verschillende scenario's opgesteld worden die variëren in type toilet, type urinoir, type wastafel, manier van schoonmaken, aantal passagiers en ook het type dag. De doorgerekende scenario's zijn weergegeven in Tabel 3-1. Als 0-scenario is het scenario genomen met het toilet met automatische spoeling zoals gebruikt wordt op Schiphol (zuinige variant met 4,5 liter per flush). Omdat toiletten met een automatische spoeling altijd een vaste hoeveelheid water gebruiken bij toiletspoeling, heeft een dual flush toilet met een waterbesparende spoelfunctie mogelijkheden tot waterbesparing.

TABEL 3-1 SCENARIO'S VOOR DE BEREKENINGEN GERELATEERD AAN HET WATERVERBRUIK IN DE VERTREKHAL.

Toilet	Wastafel (alleen koud water)	Groiscenario
Dual flush	Kraan (geen fonteinkraan)	N2
Automatische spoeling met sensor	Automatisch met sensor	N3
Vacuümtoilet		
Urinoirs		
Watervrije urinoirs		
Koffie- en waterautomaat	Schoonmaak	Type dag
Waterflessenvulpunt	Schoonmaakmachine	Gemiddelde dag
	Schoonmaakkar met emmer	Max dag

3.2.3 Resultaten

3.2.3.1 Waterverbruik in vertrekhal voor verschillende scenario's

In Tabel 3-2 is het waterverbruik weergegeven voor groeiscenario N2 per tappunt of activiteit en ook het totaal waterverbruik op een gemiddelde dag en een max-dag. Tabel 3-3 toont de resultaten voor groeiscenario N3. In Bijlage II.2 zijn meer gegevens en tussenresultaten te zien. De resultaten laten zien dat het meeste waterverbruik plaatsvindt in de toiletruimte, door toiletspoeling en door het gebruik van de wastafel. Het waterverbruik door de schoonmaak is inderdaad verwaarloosbaar (<1,4%), zoals aangenomen in § 3.2.1.1.

Het waterverbruik per passagier per dag varieert tussen ongeveer 2 en 7 liter per passagier per dag. Dit komt overeen met de gegevens van Eindhoven Airport (**Error! Reference source not found.**).

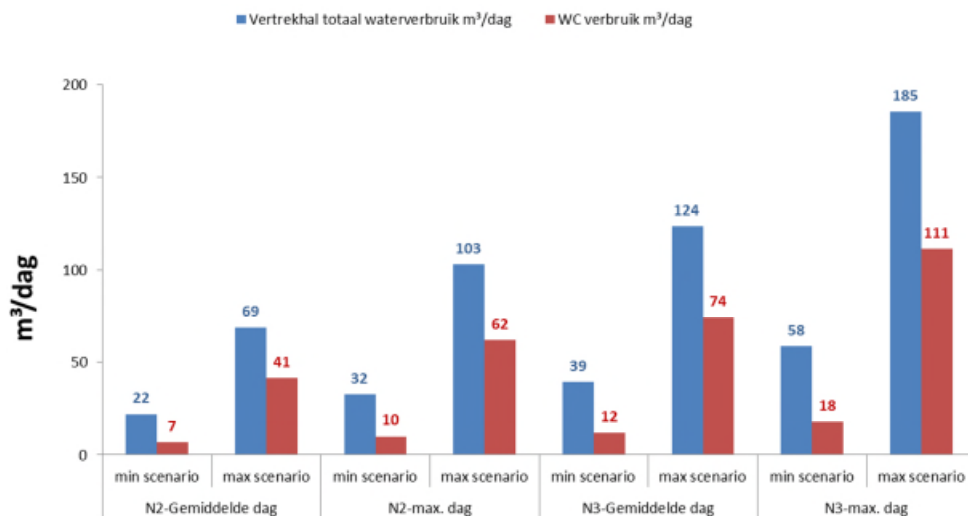
Uit de tabellen blijkt dat het waterverbruik door toiletspoeling een groot deel van het totale waterverbruik bepaalt. Figuur 3-1 laat het overzicht van het dagelijkse totaal waterverbruik en het waterverbruik door de toiletten zien. Het waterverbruik door toiletten varieert tussen 60% bij conventionele toiletten en urinoirs tot 30% bij vacuümtoiletten en watervrije urinoirs. Waterbesparende voorzieningen hebben dus veel effect op het waterverbruik. De bijdrage van de verschillende waterbesparingen in toiletkeuze is weergegeven in Figuur 3-2. De Figuur laat zien dat een waterbesparende dual flush toilet met waterbesparende urinoirs leidt tot een waterverbruik reductie 25% voor toiletspoeling. Vacuümtoiletten en watervrije urinoirs zorgen zelfs voor 80% afname van het waterverbruik voor toiletspoeling.

TABEL 3-2 HET WATERVERBRUIK IN DE VERTREKHAL VOOR DE VERSCHILLENDE SCENARIO'S VAN TAPPUNTEN BIJ GROEISCENARIO N2, UITGEDRUKT PER TAPPUNT OF ACTIVITEIT EN ALS TOTAAL WATERVERBRUIK OP EEN GEMIDDELDE EN MAX-DAG. ROOD GEEFT HET SCENARIO WEER MET HOOGSTE WATERVERBRUIK (MAX SCENARIO) EN GROEN GEEFT HET SCENARIO WEER MET LAAGSTE WATERVERBRUIK (MIN SCENARIO).

#	Beschrijving	Waterverbruik per tappunt of activiteit in m ³ /dag bij groeiscenario N2					Totaal waterverbruik voor groeiscenario N2		
		Koffie/thee /water	Schoonmaak	Wastafel		toilet	op gemiddelde dag		op max-dag
				met sensor	wastafel kraan		m ³ /dag	l/pass/dag	
1	Automatische spoeling met sensor + Conventionele Urinoirs + Wastafel sensor	0.9	0.3	26.2	-	41.3	69	6.8	103
2	Automatische spoeling met sensor + Conventionele Urinoirs + Wastafel kraan	0.9	0.3	-	14.0	41.3	56	5.6	85
3	Automatische spoeling met sensor + Waterbesparende urinoirs + Wastafel sensor	0.9	0.3	26.2	-	33.4	61	6.0	91
4	Automatische spoeling met sensor + Waterbesparende urinoirs + Wastafel kraan	0.9	0.3	-	14.0	33.4	49	4.8	73
5	Dual flush + Conventionele Urinoirs + Wastafel sensor	0.9	0.3	26.2	-	40.1	67	6.7	101
6	Dual flush + Conventionele Urinoirs + Wastafel kraan	0.9	0.3	-	14.0	40.1	55	5.5	83
9	Dual flush + Watervrije urinoirs + Wastafel sensor	0.9	0.3	26.2	-	28.2	56	5.5	83
10	Dual flush + Watervrije urinoirs + Wastafel kraan	0.9	0.3	-	14.0	28.2	43	4.3	65
11	Vacuümtoilet + Waterbesparende urinoirs + Wastafel sensor	0.9	0.3	26.2	-	10.5	38	3.7	57
12	Vacuümtoilet + Waterbesparende urinoirs + Wastafel kraan	0.9	0.3	-	14.0	10.5	26	2.5	38
13	Vacuümtoilet + Watervrije urinoirs + Wastafel sensor	0.9	0.3	26.2	-	6.5	34	3.3	51
14	Vacuümtoilet + Watervrije urinoirs + Wastafel kraan	0.9	0.3	-	14.0	6.5	22	2.1	32

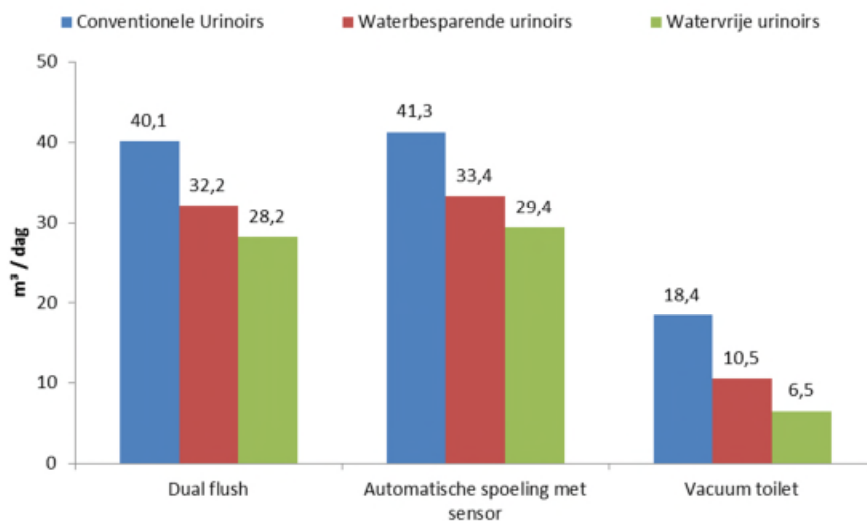
TABEL 3-3 HET WATERVERBRUIK IN DE VERTREKHAL VOOR DE VERSCHILLENDE SCENARIO'S VAN TAPPUNTEN BIJ GROEISCENARIO N3, UITGEDRUKT PER TAPPUNT OF ACTIVITEIT EN ALS TOTAAL WATERVERBRUIK OP EEN GEMIDDELDE EN MAX-DAG. ROOD GEEFT HET SCENARIO WEER MET HOOGSTE WATERVERBRUIK (MAX SCENARIO) EN GROEN GEEFT HET SCENARIO WEER MET LAAGSTE WATERVERBRUIK (MIN SCENARIO).

#	Beschrijving	Waterverbruik per tappunt of activiteit in m ³ /dag bij groeiscenario N3					Totaal waterverbruik voor groeiscenario N3		
		Koffie/thee /water	Schoonmaak	Wastafel		toilet	op gemiddelde dag		op max-dag
				met sensor	wastafel kraan		m ³ /dag	l/pass/dag	
1	Automatische spoeling met sensor + Conventionele Urinoirs + Wastafel sensor	1.5	0.5	47.4	-	74.3	124	6.7	185
2	Automatische spoeling met sensor + Conventionele Urinoirs + Wastafel kraan	1.5	0.5	-	25.3	74.3	102	5.5	152
3	Automatische spoeling met sensor + Waterbesparende urinoirs + Wastafel sensor	1.5	0.5	47.4	-	60.1	110	6.0	164
4	Automatische spoeling met sensor + Waterbesparende urinoirs + Wastafel kraan	1.5	0.5	-	25.3	60.1	87	4.8	131
5	Dual flush + Conventionele Urinoirs + Wastafel sensor	1.5	0.5	47.4	-	72.2	122	6.6	182
6	Dual flush + Conventionele Urinoirs + Wastafel kraan	1.5	0.5	-	25.3	72.2	100	5.4	149
9	Dual flush + Watervrije urinoirs + Wastafel sensor	1.5	0.5	47.4	-	50.8	100	5.5	150
10	Dual flush + Watervrije urinoirs + Wastafel kraan	1.5	0.5	-	25.3	50.8	78	4.3	117
11	Vacuümtoilet + Waterbesparende urinoirs + Wastafel sensor	1.5	0.5	47.4	-	18.9	68	3.7	102
12	Vacuümtoilet + Waterbesparende urinoirs + Wastafel kraan	1.5	0.5	-	25.3	18.9	46	2.5	69
13	Vacuümtoilet + Watervrije urinoirs + Wastafel sensor	1.5	0.5	47.4	-	11.8	61	3.3	92
14	Vacuümtoilet + Watervrije urinoirs + Wastafel kraan	1.5	0.5	-	25.3	11.8	39	2.1	58



FIGUUR 3-1 OVERZICHT VAN HET DAGELIJKE TOTAAL WATERVERBRUIK EN HET WATERVERBRUIK DOOR TOILETSPOELING.

Vertrekhal toiletgebruik - N2 gemiddelde dag



FIGUUR 3-2 DE INVLOED VAN HET TYPE TOILET OP HET WATERVERBRUIK DOOR TOILETSPOELING IN DE VERTREKHAL OP EEN GEMIDDELTE DAG VOLGENS GROEISCENARIO N2.

3.2.3.2 Kentallen van waterverbruik, grijswater en benodigd hemelwater voor minimale en maximale scenario's

In Tabel 3-4 is een aparte beschouwing opgenomen voor de hoeveelheid water aan die nodig is voor de toiletspoeling. Voor de spoeling van toiletten kan naast drinkwater ook grijswater en/of hemelwater worden gebruikt. De benodigde hoeveelheid grijswater is gelijk aan de hoeveelheid water die nodig is voor toiletspoeling. Het hemelwater moet worden aangevoerd via het dak. Bij een gemiddelde regenval en efficiëntie van 70% kan berekend worden hoe groot het benodigde dakoppervlak is voor de voorziening van hemelwater voor de

toiletspoeling. De Tabel laat zien dat er een grote variatie bestaat in benodigde dakoppervlak, afhankelijk van de toegepaste type toiletten. Bij toepassing van vacuümtoiletten en watervrije urinoirs is maar 16% van het dakoppervlak nodig ten opzichte van het benodigde oppervlak bij conventionele toiletten.

Het afvalwater van de wastafels heeft de kwaliteit van grijswater en kan dus in principe gebruikt worden voor o.a. de spoeling van de toiletten. Daarom is in Tabel 3-4 ook de hoeveelheid grijswater opgenomen die wordt geproduceerd in de vertrekhal. Wanneer deze hoeveelheid vergeleken wordt met de hoeveelheid water nodig voor de toiletspoeling, dan blijkt dat bij toepassing van waterbesparende faciliteiten (min scenario) de hoeveelheid grijswater van de wastafels ruimschoots voldoende is voor de toiletspoeling. Dus het afvalwater van de wastafels kan gebruikt worden voor toiletspoeling wanneer waterbesparende toiletten gebruikt worden. Bij de toepassing van conventionele toiletten in het max scenario kan met grijswater voor meer dan 60% in de waterbehoefte voor toiletspoeling worden voorzien.

TABEL 3-4 KENTALLEN VOOR DE SCENARIO'S GERELATEERD AAN HET WATERVERBRUIK IN DE VERTREKHAL VOOR DE SCENARIO'S MET MINIMAAL WATERVERBRUIK (MIN SCENARIO) EN MAXIMAAL WATERVERBRUIK (MAX SCENARIO) VOOR EEN GEMIDDELDE EN MAX-DAG VOOR GROEISCENARIO N2 EN N3.

Beschrijving	Parameter	Eenheid	N2-gemiddelde dag		N2-max. dag		N3-gemiddelde dag		N3-max. dag	
			min scenario	max scenario	min scenario	max scenario	min scenario	max scenario	min scenario	max scenario
			Dagelijks totaal waterverbruik	m ³ /dag	22	69	32	103	39	124
Dagelijkse hoeveelheid te lozen water	m ³ /dag	24.0	71.0	35.8	106.3	43.3	127.9	64.6	191.5	
Dagelijkse hoeveelheid urine	m ³ /dag	2.3	2.3	3.40	3.40	4.1	4.1	6.1	6.1	
Dagelijks totaal waterverbruik voor toilet waarvoor grijs of regenwater gebruikt kan worden	m ³ /dag	6.5	41.3	10	61.9	11.8	74.3	17.7	111.5	
Benodigde minimum (dak) oppervlak - 800mm regenval verdeeld in 365 dagen en 70% effectief	m ²	4262	26910	6393	40365	7671	48438	11507	72657	
Dagelijks productie grijswater (uit wastafel)	m ³ /dag	14	26	21.0	39.3	25	47	38.0	71.1	
Percentage van toiletverbruik dat door grijswater kan worden gedekt	%	214%	64%	214%	64%	215%	64%	215%	64%	

3.2.4 Aandachtspunten/discussie

Uit de berekeningen van het waterverbruik en het geloosde water van de vertrekhal blijkt dat de toepassing van waterbesparende voorzieningen in de toiletruimte een aanzienlijke bijdrage levert aan de waterbesparing. Besparingen in het waterverbruik voor toiletspoeling kunnen oplopen tot 80%.

De toepassing van waterbesparende voorzieningen maakt het bovendien mogelijk om de toiletspoeling volledig uit te voeren met grijswater afkomstig van de wastafel.

Het gebruik van sensoren voor de wastafel en voor toiletspoeling kan leiden tot hoger waterverbruik dan conventionele toestellen/apparatuur. Voor de toiletspoeling is bekend dat er sprake kan zijn van de zogenaamde 'phantom flush' (Gauley and Koeller, 2010). De 'phantom flush' vindt plaats als de sensor zorgt voor meerdere toiletspoelingen per gebruiker. Er zijn studies die aantonen dat de toepassing van sensoren kan leiden tot 50% extra watergebruik voor de toilet doorspoeling (Gauley and Koeller, 2010).

3.3 Vliegtuigen

In de vliegtuigen wordt het waterverbruik volledig gedomineerd door het toiletbezoek van de passagiers. Ook het geloosde afvalwater is vrijwel volledig afkomstig uit de toiletruimte.

3.3.1 Aannames

- Het waterverbruik en de hoeveelheid afvalwater van vliegtuig zijn berekend voor één vlucht met een vliegtuig met 151 passagiers.
- In het vliegtuig zijn tanks aanwezig die 300 liter drinkwater kunnen vervoeren.
- Toilet frequentie:
De toilet frequentie van een passagier is afhankelijk van de duur van de vliegreis. Er is weinig bekend over het toiletbezoek in een vliegtuig. Passagiers gaan zo min mogelijk naar het toilet in een vliegtuig. Het is aangenomen dat 10% van de passagiers gebruikmaakt van het toilet. Hierbij is rekening gehouden met een gemiddelde vluchtduur van 2 uur en met het feit dat de passagiers naar het toilet gaan in de luchthaven vóór en na vertrek (§ 3.2.1.2).
- Het aantal consumpties in het vliegtuig is afhankelijk van het type maatschappij:
 - Gratis consumpties: passagiers drinken allemaal wat. Echter aangenomen wordt dat koffie en thee met fleswater wordt gezet.
 - Betalen voor consumpties: slechts een klein deel van de passagiers gebruikt een consumptie.
- Hoeveelheid urine per toiletbezoek:
In vliegtuigen zijn toiletten aanwezig met weinig spoelvolume. De hoeveelheid water voor een spoeling is ca. 1 liter/flush (hetzelfde als bij een vacuümtoilet). De hoeveelheid urine in het spoelwater wordt hierdoor een significante hoeveelheid. Daarom is er een schatting nodig van de gemiddelde hoeveelheid urine per toiletgang. Eén persoon produceert ca. 1,5 liter urine per dag. Gemiddeld gaat een volwassen 6x naar het toilet, waarvan 5 keer alleen geplast wordt. De hoeveelheid urine per toiletgang is dan ongeveer 0,3 l/keer.
- Voor het reinigen van de binnenkant van een vliegtuig wordt geen of nauwelijks water gebruikt.
- Voor het reinigen van de buitenkant is geen informatie gevonden en dit wordt daarom niet meegenomen.
- Momenteel: richtlijn is 300 liter tank per vliegtuig.

3.3.2 Scenario's

De doorgerekende scenario's voor het waterverbruik in een vliegtuig zijn weergegeven in Tabel 3-5.

TABEL 3-5 SCENARIO'S VOOR DE BEREKENINGEN GERELATEERD AAN HET WATERVERBRUIK IN EEN VLIEGTUIG.

Toilet	Wastafel (alleen koud water)	Aantal passagiers
Vacuümtoilet	Kraan	151
Koffie- en waterautomaat	Schoonmaak	Type dag
nee	nee	Gemiddelde dag

3.3.3 Resultaten

Tabel 3-6 laat de resultaten zien voor het waterverbruik in een vliegtuig. Gedetailleerde berekeningen en de eigenschappen van de watertappunten zijn te vinden in Bijlage II.3.

TABEL 3-6 SCENARIO'S VOOR DE BEREKENINGEN GERELATEERD AAN HET WATERVERBRUIK IN EEN VLIEGTUIG.

Parameter	Eenheid	Totaal/vliegtuig
Gemiddeld totale waterverbruik per vliegtuig	m ³ /vlucht	0,0353
Gemiddeld hoeveelheid te lozen water per vliegtuig	m ³ /vlucht	0,0398
Gemiddeld hoeveelheid benodigd drink, hemel- of grijswater voor toilet	m ³ /vlucht	0,0151
Urine productie	m ³ /vlucht	0,0045

3.3.4 Aandachtspunten/discussie

De tanks in een vliegtuig kunnen 300 liter drinkwater bezitten. Uit de berekeningen blijkt dat deze hoeveelheid ruimschoots voldoet. Slechts 35 liter wordt ervan gebruikt. In de praktijk wordt de tank mogelijk aangevuld, maar een groot gedeelte van het water blijft dus een lange tijd in de tank. De vraag is of deze lange verblijftijd wel goed is voor de waterkwaliteit. Dit speelt vooral een rol als het water voor consumptiedoeleinden gebruikt wordt.

3.4 OMALA Mainpark – kantoren

In de kantoren van OMALA Mainpark zijn de dominante verbruikers de medewerkers. Hun waterverbruik wordt gekarakteriseerd door het toiletbezoek en door het gebruik van consumpties uit een koffie- of waterautomaat.

3.4.1 Aannames

- In OMALA Mainpark zal het waterverbruik van de gebouwen te vergelijken zijn met het waterverbruik van kantoren of winkels. Toiletgebruik en water- en koffieautomaten hebben hier de grootste bijdrage aan het waterverbruik (Pieterse-Quirijns e.a., 2009). Hiervoor kunnen de aannames voor kantoren wat betreft toilet en koffieautomaatgebruik toegepast worden (Pieterse-Quirijns, 2010; Pieterse-Quirijns e.a., 2013a). Het warm water verbruik in deze gebouwen is heel klein en variabel, waardoor het moeilijk te voorspellen is.

- Uit eerder onderzoek blijkt dat het waterverbruik in kantoren voor meer dan 80% wordt veroorzaakt door toiletbezoek en gebruik van water- en koffieautomaten. Het waterverbruik voor schoonmaak en kantine worden daarom verwaarloosd in dit project. Wanneer waterloze toiletten worden toegepast, zal dit percentage lager zijn.
- Om dezelfde reden als bij de vertrekhal, is het waterverbruik voor de reiniging van de gevels van de gebouwen buiten beschouwing gelaten.

3.4.2 Scenario's

Voor de berekening van het waterverbruik van het kantoorpark zijn op basis van de aannames verschillende scenario's opgesteld die variëren in type toilet, type urinoir en type wastafel. De gehanteerde variaties in tappunten weergegeven in Tabel 3-7.

Voor het aantal medewerkers is uitgegaan van twee groeiscenario's beschreven in de uitgangspunten (§ 2.3.1):

- Scenario 1: 36+45 bedrijven = 81 bedrijven met gemiddeld 6,5 medewerkers
527 medewerkers
- Scenario 2: Totaal/uiteindelijk 120 bedrijven met gemiddeld 6,5 medewerkers
780 medewerkers

Door een duidelijk verschil in toiletgebruik/cultuur tussen mannen en vrouwen, is het tevens noodzakelijk om het percentage man/vrouw binnen de aanwezige medewerkers te weten. Dit verschil is groter wanneer urinoirs aanwezig zijn. Vrouwen gebruiken in 60% van de toiletbezoeken de waterbesparende spoelfunctie. Mannen gaan voornamelijk naar het urinoir. Als ze gebruik maken van het toilet zullen ze de volledige spoelfunctie gebruiken. Wanneer geen urinoir aanwezig is gebruiken ze de spaarfunctie ook in 60% van de gevallen. De verhouding tussen mannelijke en vrouwelijke medewerkers is gemiddeld 65%:35%. Door de grote invloed van urinoirs op het waterverbruik is ook een percentage van 90% mannen ten opzichte van 10% vrouwen meegenomen in de scenario's. Deze gegevens zijn gebaseerd op enquêtes uitgevoerd in acht kantoren (Pieterse-Quirijns e.a., 2009; Pieterse-Quirijns, 2010; Pieterse-Quirijns e.a., 2013a).

De doorgeredende scenario's voor het waterverbruik in de bedrijven van OMA LA Mainpark zijn weergegeven in Tabel 3-7.

TABEL 3-7 SCENARIO'S VOOR DE BEREKENINGEN GERELATEERD AAN HET WATERVERBRUIK IN BEDRIJVEN IN OMA LA MAINPARK.

Toilet	Wastafel (alleen koud water)	Aantal medewerkers
Dual flush	Wastafelkraan	527 medewerkers (<i>scen 1</i>)
Dual flush en urinoirs	Fontein kraan	780 medewerkers (<i>scen 2</i>)
Dual flush en waterbesparende urinoirs		
Vacuümtoilet		
Koffie- en waterautomaat	Overig	Verhouding man/vrouw
ja	Schoonmaak: niet	90:10 (<i>scen a</i>)
	Kantine: niet	65:35 (<i>scen b</i>)

3.4.3 Resultaten

In Tabel 3-8 is het waterverbruik weergegeven voor groeiscenario N1 en N2 voor OMA LA Mainpark per tappunt of activiteit. Ook is het totaal waterverbruik berekend wanneer in de toiletruimtes de wastafel is uitgerust met een wastafelkraan of een fonteinkraan. Een fonteinkraan heeft namelijk een veel kleinere volumestroom (en dus een aanzienlijk lager waterverbruik). In Bijlage II.4 zijn meer gegevens en tussenresultaten opgenomen.

Tabel 3-8 laat zien dat waterbesparende voorzieningen veel effect hebben op het waterverbruik. Het toepassen van een vacuümtoilet en een waterbesparende urinoir leidt tot een halvering van het waterverbruik wanneer een wastafelkraan wordt toegepast en zelfs tot een afname van 60% bij het gebruik van een fonteinkraan.

Het installeren van een fonteinkraan met een volumestroom van 0,042 liter per seconde leidt tot een aanzienlijke reductie van het waterverbruik, ten opzichte van een wastafelkraan met een volumestroom van 0,083 liter per seconde. In kantoren is dit een reële optie, omdat medewerkers de wastafel in de toiletruimte voornamelijk gebruiken voor het handen wassen na toiletbezoek en niet zozeer voor oprispen of consumptie, zoals in de vertrekhal mogelijk is. De bijdrage van de toepassing van de fonteinkraan op het totale waterverbruik is duidelijk te zien in Figuur 3-3. Bij de maximale scenario's leidt de toepassing van een fonteinkraan tot een afname van ongeveer 10%, dat oploopt tot een afname van 25% van het totale waterverbruik in de minimale scenario's met waterbesparende toiletten en urinoirs.

De man/vrouw verhouding heeft nauwelijks invloed op het totale waterverbruik (Tabel 3-8). Voor het schatten van het totale waterverbruik hoeft er geen rekening gehouden te worden met de verhouding. Echter bij het ontwerpen van de toiletruimtes wel: de volumestroom van een urinoirspoeling is heel anders dan van een toiletspoeling, waardoor de piekverbruiken sterk beïnvloed worden (Pieterse-Quirijns, 2010).

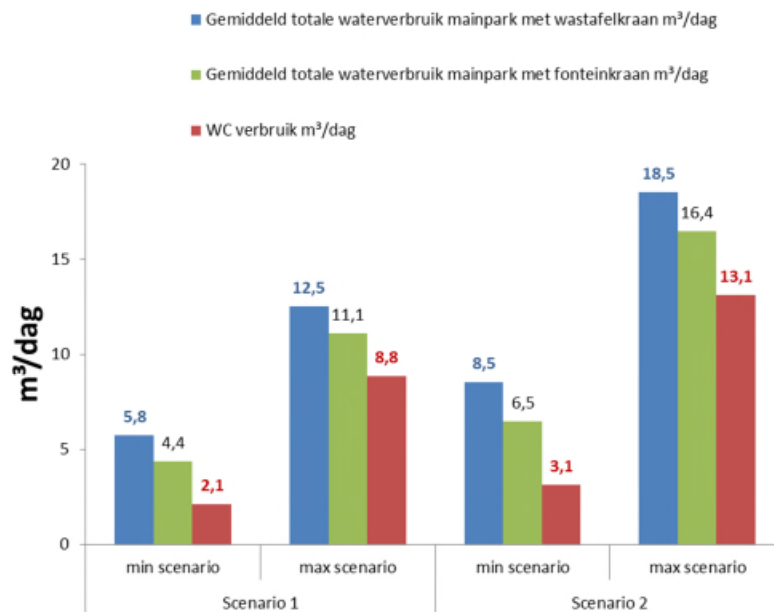
Voor de combinatie van toiletten met minimaal waterverbruik en maximaal waterverbruik uit Tabel 3-8 zijn voor de twee groeiscenario's kentallen berekend. Deze zijn weergegeven in Tabel 3-9. Daarnaast geeft Tabel 3-9, de hoeveelheid water die nodig is voor de toiletspoeling.

TABEL 3-8 HET WATERVERBRUIK VOOR OMALA MAINPARK VOOR DE VERSCHILLENDE SCENARIO'S VAN TAPPUNTEN EN GROEISCENARIO'S VAN HET AANTAL MEDEWERKERS, UITGEDRUKT PER TAPPUNT OF ACTIVITEIT EN ALS TOTAAL WATERVERBRUIK. ROOD GEEFT HET SCENARIO WEER MET HOOGSTE WATERVERBRUIK (MAX SCENARIO) EN GROEN GEEFT HET SCENARIO WEER MET LAAGSTE WATERVERBRUIK (MIN SCENARIO).

	Beschrijving	Waterverbruik per tappunt of activiteit in m ³ /dag				Totaal waterverbruik in m ³ /dag	
		Koffie/thee/water	Toilet	Wastafelkraan	Fonteinkraan	Wastafelkraan	Fonteinkraan
<u>Scenario 1a</u>							
1	Dual flush	0.84	8.8	2.81	1.42	12.5	11.1
2	Dual flush + Conventionele Urinoirs	0.84	8.0	2.81	1.42	11.6	10.2
3	Dual flush + waterbesparende urinoirs	0.84	5.1	2.81	1.42	8.8	7.4
4	Vacuümtoilet + waterbesparende urinoir	0.84	2.1	2.81	1.42	5.8	4.4
<u>Scenario 1b</u>							
1	Dual flush	0.84	8.8	2.81	1.42	12.5	11.1
2	Dual flush + Conventionele Urinoirs	0.84	8.2	2.81	1.42	11.9	10.5
3	Dual flush + waterbesparende urinoirs	0.84	6.2	2.81	1.42	9.8	8.4
4	Vacuümtoilet + waterbesparende urinoir	0.84	2.1	2.81	1.42	5.8	4.4
<u>Scenario 2a</u>							
1	Dual flush	1.25	13.1	4.17	2.10	18.5	16.4
2	Dual flush + Conventionele Urinoirs	1.25	11.8	4.17	2.10	17.3	15.2
3	Dual flush + waterbesparende urinoirs	1.25	5.5	4.17	2.10	10.9	8.9
4	Vacuümtoilet + waterbesparende urinoir	1.25	3.1	4.17	2.10	8.5	6.5
<u>Scenario 2b</u>							
1	Dual flush	1.25	13.1	4.17	2.10	18.5	16.4
2	Dual flush + Conventionele Urinoirs	1.25	12.2	4.17	2.10	17.6	15.5
3	Dual flush + waterbesparende urinoirs	1.25	9.1	4.17	2.10	14.6	12.5
4	Vacuümtoilet + waterbesparende urinoir	1.25	3.1	4.17	2.10	8.5	6.5

TABEL 3-9 KENTALLEN VOOR DE SCENARIO'S GERELATEERD AAN HET WATERVERBRUIK IN OMALA MAINPARK VOOR DE SCENARIO'S MET MINIMAAL WATERVERBRUIK (MIN SCENARIO) EN MAXIMAAL WATERVERBRUIK (MAX SCENARIO) VOOR GROEISCENARIO 1 (527 MEDEWERKERS) EN 2 (780 MEDEWERKERS), IN HET GEVAL VAN WASTAFELS IN DE TOILETRUIMTE MET EEN WASTAFELKRAAN OF FONTEINKRAAN.

Parameter	Eenheid	Wastafel met wastafelkraan								Wastafel met fonteinkraan							
		Scen 1a		Scen 1b		Scen 2a		Scen 2b		Scen 1a		Scen 1b		Scen 2a		Scen 2b	
Beschrijving		min scenario	max scenario	min scenario	max scenario	min scenario	max scenario	min scenario	max scenario	min scenario	max scenario	min scenario	max scenario	min scenario	max scenario	min scenario	max scenario
Dagelijks totaal waterverbruik	m ³ /dag	5.8	12.5	5.8	12.5	8.5	18.5	8.5	18.5	4.4	11.1	4.4	11.1	6.5	16.4	6.5	16.4
Dagelijkse hoeveelheid te lozen water	m ³ /dag	6.2	13.0	6.2	12.9	9.0	19.2	9.2	19.2	4.8	11.6	4.8	11.5	7.2	17.1	7.1	17.1
Dagelijkse hoeveelheid urine	m ³ /dag	0.5	0.5	0.4	0.4	0.7	0.7	0.7	0.7	0.5	0.5	0.4	0.4	0.7	0.7	0.7	0.7
Dagelijks totaal waterverbruik voor toilet waarvoor grijs of regenwater gebruikt kan worden	m ³ /dag	2.1	8.8	2.1	8.8	3.1	13.1	3.1	13.1	2.1	8.8	2.1	8.8	3.1	13.1	3.1	13.1
Benodigde minimum (dak) oppervlak - 800mm regenval verdeeld in 365 dagen en 70% effectief	m ²	1373	5765	1373	5765	2034	8541	2034	8541	1373	5765	1373	5765	2034	8541	2034	8541
Dagelijks productie grijswater (uit wastafel)	m ³ /dag	2.8	2.8	2.8	2.8	4.2	4.2	4.2	4.2	1.4	1.4	1.4	1.4	2.1	2.1	2.1	2.1
Percentage van toiletverbruik dat door grijswater kan worden gedekt	%	134%	32%	134%	32%	134%	32%	134%	32%	67%	16%	67%	16%	67%	16%	67%	16%



FIGUUR 3-3. OVERZICHT VAN HET DAGELIJKS TOTAAL WATERVERBRUIK MET WASTAFELKRAAN OF WATERFONTEIN EN HET DAGELIJKS WATERVERBRUIK VOOR TOILETSPOELING IN SCENARIO'S MET MINIMAAL WATERVERBRUIK (MIN SCENARIO) EN MAXIMAAL WATERVERBRUIK (MAX SCENARIO) VOOR GROEISCENARIO 1 (527 MEDEWERKERS) EN 2 (780 MEDEWERKERS).

Uit Tabel 3-9 blijkt dat voor de spoeling van toiletten grijswater en hemelwater kan worden gebruikt. Net als bij de vertrekhal is er een grote variatie in benodigde dakoppervlak, afhankelijk van de toegepaste type toiletten. Bij toepassing van vacuümtoiletten en watervrije urinoirs is maar 24% van het dakoppervlak nodig ten opzichte van het benodigde oppervlak bij conventionele toiletten.

Het afvalwater van de wastafels heeft de kwaliteit van grijswater en kan dus in principe gebruikt worden voor de spoeling van de toiletten. Uit Tabel 3-9 blijkt dat bij het gebruik van wastafelkranen de hoeveelheid grijswater van de wastafels ruimschoots voldoende is voor de toiletspoeling bij toepassing van waterbesparende faciliteiten (min scenario). Bij de toepassing van conventionele toiletten in het max scenario kan voor slechts 32% van het benodigde water voor toiletspoeling worden voorzien. Dit is een kleiner percentage dan in de vertrekhal. De reden hiervoor is dat in het maximale scenario van de vertrekhal de wastafel met sensor aanwezig is, die twee maal wordt gebruikt vanwege de zogenaamde 'phantom' spoeling. Bij toepassing van de gewone wastafelkraan komt in de vertrekhal ook een percentage van 34% uit wat overeenkomt met het berekende percentage voor OMALA Mainpark.

Het gebruik van de fonteinkraan zorgt voor een afname van het waterverbruik, maar daardoor ook voor een afname van de hoeveelheid grijswater. De hoeveelheid grijswater is bij toepassing van de fonteinkraan niet toereikend voor de toiletspoeling: slechts 67% bij waterbesparende toiletten en enkel 16% bij conventionele toiletten kan worden voorzien door grijswater afkomstig van de wastafel (Tabel 3-9).

3.4.4 Aandachtspunten/discussie

Voor het waterverbruik van OMALA Mainpark blijkt dat het type kraan in de toiletruimte een belangrijk punt van overweging is. Toepassing van fonteinkranen vermindert het

watervbruik aanzienlijk, maar maakt tegelijkertijd het hergebruik van wastafelwater minder goed mogelijk doordat de hoeveelheid grijswater niet meer voldoende is voor toiletspoeling.

Bij de berekeningen is alleen gekeken naar de gemiddelde dagelijkse hoeveelheden. Daarbij bleek dat de man/vrouw-verhouding niet significant was. Bij ontwerpvragestukken, waar gekeken wordt naar het piekverbruik, is deze verhouding veel belangrijker.

3.5 Airport Garden City - Hotel

Het hotel in Airport Garden City voorziet in 250 kamers. Als inspiratie voor het hotel is een hotel in Amsterdam genomen. Het te ontwerpen hotel heeft een luxe en duurzame uitstraling. Omdat vacuümtoiletten geen luxe uitstraling (geluid) hebben zijn deze in de scenario's voor de hotelkamers buiten beschouwing gelaten. In de toiletruimtes behorend bij de conferentie- en feestzalen kunnen vacuümtoiletten wel worden toegepast.

De duurzaamheid ten aanzien van het watervbruik binnen het hotel kan gericht zijn op:

1. Waterbesparing: waterzuinige douches en toiletten.
2. Energiebesparing: energiezuinige douches en hergebruik van energie uit douchewater door toepassing van een douche warmteterugwinningsinstallatie (douche WTW).
3. Hergebruik van water:
 - a. Gebruik van grijs- of hemelwater voor toiletspoeling;
 - b. Hergebruik van douchewater.

3.5.1 Aannames

Voor de berekening van het watervbruik in het Airport Garden City hotel wordt het hotel opgedeeld in twee onderdelen:

1. Het watervbruik door de gasten in de hotelkamers;
2. Het watervbruik in de overige ruimtes, zoals medewerkers, conferentie- en feestgasten.

De gebruikers en hun watervbruikend gedrag zijn goed in kaart gebracht en gevalideerd bij de ontwikkeling van rekenregels voor het ontwerpen van binneninstallaties in hotels (Pieterse-Quirijns e.a., 2009; Pieterse-Quirijns, 2010, 2011; Pieterse-Quirijns e.a., 2013b). Voor de berekening van het gemiddelde totale watervbruik in het hotel zijn deze eigenschappen als uitgangspunt gebruikt. Net als bij de andere onderdelen zijn alleen het totale watervbruik en gerelateerd energieverbruik berekend en niet de piekverbruiken.

Bij hotels zijn de dominante gebruikers:

- hotelkamers: gasten op hotelkamers met een bezetting van 1,8 gasten per hotelkamer voor een niet-zakelijk hotel.
- zalencentrum:
 - conferentie*: conferentiegasten die overdag aanwezig zijn, waarbij watervbruik gedomineerd wordt door het toiletbezoek van de conferentiegasten (met frequentie van 4). Hierbij wordt de afwas verwaarloosd omdat er broodjes worden gegeten.
 - feest*: gasten voor feesten zijn (ook of voornamelijk) 's avonds aanwezig. Het watervbruik wordt gedomineerd door toiletbezoek van de feestgasten (met frequentie van 2 keer) en door afwasmachines in het restaurant, als een diner gekoppeld is aan het feest.

Voor de tappunten en apparaten worden standaard eigenschappen gebruikt, zoals beschreven in Pieterse-Quirijns (2010 en 2011). In het te ontwerpen hotel van Airport Garden City kan ook een whirlpool aanwezig zijn. Voor een whirlpool is een inhoud van ca. 270 liter

aangenomen. ISSO geeft voor de volumestroom een range van 0,5 – 0,2 l/s (ISSO, 2001). Er is in dit project uitgegaan van 0,5 liter/seconde.

De toepassing van een douche WTW:

De hoeveelheid energie, die nodig is om de gewenste hoeveelheid warm water te leveren is berekend met onderstaande formule:

$$Energie (MJ) = \Delta T * Vol * 4186 \frac{J}{kg} K * \frac{1000kg}{1m^3} * \frac{1MJ}{10^6J}$$

Waarin: ΔT (°C) is het temperatuurverschil tussen koud en warm water en Vol (m³) is het volume water. Voor de standaard situatie $\Delta T = 23^\circ C$ (koud water van 15°C naar 38°C) en voor de toepassing van een douche WTW $\Delta T = 16^\circ C$ (koud water van 22°C naar 38°C). Hier in een 50% WTW efficiëntie is aangenomen.

Waarschijnlijk wordt het Airport Garden City hotel uitgerust met een hammam of spa. Hiervoor zijn niet veel gegevens bekend ten aanzien van het waterverbruik. Milieubarometer.nl geeft aan dat voor zwembaden het waterverbruik gemiddeld 84 liter per bezoeker bedraagt, met een range van 56-110 liter per bezoeker. In de berekeningen is 110 liter per bezoeker aangenomen.

3.5.2 Scenario's

Voor de berekening van het waterverbruik kunnen verschillende scenario's opgesteld worden. In de hotelkamers is aangenomen dat er een dual flush toilet aanwezig is en dat er variaties mogelijk zijn in type douche en/of bad en in de aanwezigheid van een douche WTW. Voor de overige ruimtes zijn variaties mogelijk in type toilet, aantal gasten en de aanwezigheid van een spa of hammam. De scenario's die berekend worden voor het waterverbruik in het hotel op Airport Garden City zijn weergegeven in Tabel 3-10.

TABEL 3-10 SCENARIO'S VOOR DE BEREKENINGEN GERELATEERD AAN HET WATERVERBRUIK IN HET HOTEL OP AIRPORT GARDEN CITY.

Scenario's voor waterverbruik hotelkamers			
Toilet	Douche/Bad	Energieterugwinning	Kraan
Dual flush (waterbesparende variant)	Comfort douche Spaardouche Regendouche Bad/whirlpool	Met douche WTW Zonder douche WTW	Wastafelkraan koud en warm
Scenario's voor waterverbruik overige ruimtes			
Bezetting conferentie	Toiletruimte	Bezetting feest	Gezamenlijke voorziening
0	Dual flush	0	Geen Spa/hammam
500	Urinoirs	500	Spa/hammam aanwezig
900	Waterbesparende urinoirs Vacuümtoilet en waterrijke urinoirs	900	

3.5.3 Resultaten

De resultaten voor het waterverbruik zijn opgesplitst in het waterverbruik door de gasten in de hotelkamers en het waterverbruik in de overige ruimtes.

3.5.3.1 Resultaten voor hotelkamers

Water op de hotelkamers wordt gebruikt voor toiletspoeling, voor douchen of voor in bad gaan, en voor verzorging aan de wastafel. In Bijlage II.5 is per activiteit het waterverbruik weergegeven. Het waterverbruik in een hotelkamer wordt voor het grootste gedeelte gebruikt voor het douchen en/of in bad gaan. Hoe luxer de uitvoering, hoe meer water verbruikt wordt. Hotels met de meest luxe uitvoeringen van douche en bad hebben ongeveer 2,6 keer hoger waterverbruik dan hotels uitgerust met spaardouches. Het water voor toiletspoeling bedraagt bij een spaardouche ongeveer 15% van het totale waterverbruik terwijl dit bij luxere uitvoeringen van douches en baden nog slechts 6% is. Het uitrusten van de hotelkamers met een vacuümtoilet levert dus nauwelijks een bijdrage aan waterbesparing. Bij een vacuümtoilet is het waterverbruik door toiletspoeling 2-4% van het totale waterverbruik welke slechts met 5-10% gereduceerd wordt.

In Tabel 3-11 is weergegeven hoeveel grijswater door de hotelkamers geproduceerd wordt en of andere waterbronnen dan drinkwater gebruikt kunnen worden. Omdat douche- en badwater gebruikt kunnen worden als bron van grijswater, is de grijswater hoeveelheid aanzienlijk en ruim voldoende voor toiletspoeling in de hotelkamers. Daarnaast kan het grijswater ook voor andere doeleinden gebruikt worden, zoals voor toiletspoeling in de toiletruimtes bij de conferentie en feestzalen (Tabel 3-13), of voor de toiletspoeling in de Leisure Dome (Tabel 3-16). Zelfs het minimale scenario, met een spaardouche, levert voldoende grijswater voor de watervoorziening in de toiletruimtes met gewone toiletten bij een conferentie van 900 gasten.

Het hotel is het enige complex op het OMALA en Airport terrein waar, in grote hoeveelheid, warmwater wordt gebruikt. De energie, die nodig is om de gewenste hoeveelheid warm water met de gewenste temperatuur te leveren, is ook in Tabel 3-11 weergegeven. Het gebruik van een luxe uitrusting van de douche en bad kan het energieverbruik met een factor 3 laten toenemen. De toepassing van een douche WTW levert een besparing op van 30% aan energieverbruik, bij een aangenomen efficiëntie van de douche WTW van 50%.

In de hotelkamers kan dus aanzienlijk veel water en energie bespaard worden door gebruik te maken van een waterbesparende douchekop en een douche WTW. Bovendien leveren de hotelkamers in de zuinigste uitvoering nog steeds een toereikende hoeveelheid grijswater voor toiletspoeling op hotelkamers en zelfs in de toiletruimtes tijdens conferenties en feesten. Bij een luxere uitvoering wordt zelfs voldoende grijswater geproduceerd voor de toiletspoeling bij de Leisure Dome. Dit gaat dan echter wel ten koste van de water- en energiebesparing en uiteraard zal er een opslagruimte moeten komen en de benodigde infrastructuur.

TABEL 3-11 KENTALLEN VOOR DE SCENARIO'S GERELATEERD AAN HET WATERVERBRUIK IN DE HOTELKAMERS VAN AIRPORT GARDEN CITY HOTEL VOOR DE SCENARIO'S MET MINIMAAL WATERVERBRUIK (MIN SCENARIO) EN MAXIMAAL WATERVERBRUIK (MAX SCENARIO) WAARBIJ OOK HET ENERGIEVERBRUIK IS BEREKEND.

Parameter		Eenheid	Scenario	
			min scenario	max scenario
Beschrijving				
Gemiddeld totale dagelijks waterverbruik hotel kamers	Totaal	m ³ /dag	47.4	124.9
	Koud	m ³ /dag	9.8	9.8
	Warm	m ³ /dag	37.6	115.2
Gemiddeld hoeveelheid te lozen water hotelkamers		m ³ /dag	47.8	125.3
Dagelijkse hoeveelheid urine		m ³ /dag	0.4	0.4
Dagelijks totaal waterverbruik voor toilet waarvoor grijs of regenwater gebruikt kan worden		m ³ /dag	7.1	7.1
Benodigde Minimum (Dak) oppervlak - 800mm regenval verdeeld in 365 dagen en 70% effectief		m ²	4612	4612
Dagelijks Productie Grijswater (uit douche en bad)		m ³ /dag	37	114
Percentage van toiletverbruik dat door grijswater kan worden gedekt		%	519%	1615%
Gemiddeld dagelijks energieverbruik				
Hoeveelheid warmwater voor douche en bad		m ³ /dag	37	114
Standaard: Koud water 15°C naar 38°C		MJ/dag	3535	11001
Met WTW: Koud water 22°C naar 38°C	50% WTW efficiëntie	MJ/dag	2459	7653

3.5.3.2 Resultaten voor de overige ruimtes in het hotel

Het waterverbruik voor de overige ruimtes in het Airport Garden City hotel is onderverdeeld in het waterverbruik voor de toiletruimtes tijdens een conferentie en het waterverbruik tijdens een feest. Tijdens een feest is naast het waterverbruik in toiletruimtes ook de afwas meegenomen. Het waterverbruik voor de afwas is gebaseerd op richtlijnen uit Pieterse-Quirijns e.a. (2009) en Pieterse-Quirijns (2010). In Tabel 3-12 zijn de resultaten van de berekeningen weergegeven. Toepassing van waterbesparende toiletvoorzieningen leidt tot een afname van het waterverbruik met 60%. Waterverbruik kan verder gereduceerd worden door de toepassing van fonteinkranen in de toiletruimtes (vergelijkbaar met OMALA Mainpark, § 3.4). Dit kan leiden tot een reductie van 15-35%.

Het waterverbruik voor de hammam of spa is grof geschat met een aanname van het aantal hotelgasten dat gebruikt maakt van de hammam. Uit Tabel 3-12 blijkt dat het waterverbruik

door de hammam groot is ten opzichte van het waterverbruik bij conferentie en feest. Bij gebruik van de hammam door 450 gasten (100% van de hotelgasten) wordt net zoveel water verbruikt als in de hotelkamers (bij een spaardouche).

De hoeveelheid geproduceerd grijswater en de mogelijkheid om andere waterbronnen dan drinkwater te gebruiken zijn weergegeven in Tabel 3-13. Uit de Tabel blijkt dat het afvalwater van de wastafels voldoende is voor toiletspoeling bij waterbesparende voorzieningen. Bij de toepassing van conventionele toilet en urinoir is de hoeveelheid niet toereikend. Echter het grijswater afkomstig van de hotelkamers kan hiervoor gebruikt worden (Tabel 3-11).

TABEL 3-13 KENTALLEN VOOR DE SCENARIO'S GERELATEERD AAN HET WATERVERBRUIK IN DE OVERIGE RUIMTES VAN AIRPORT GARDEN CITY HOTEL VOOR DE SCENARIO'S MET MINIMAAL WATERVERBRUIK (MIN SCENARIO) EN MAXIMAAL WATERVERBRUIK (MAX SCENARIO).

Parameter		500 gasten				900 gasten			
		conferentie		feest		conferentie		feest	
Beschrijving	Eenheid	min scenario	max scenario	min scenario	max scenario	min scenario	max scenario	min scenario	max scenario
Dagelijks totaal waterverbruik	m ³ /dag	3.9	10.2	2.0	5.2	7.1	18.3	3.7	9.3
Dagelijkse hoeveelheid te lozen water	m ³ /dag	4.4	10.6	2.3	5.4	7.9	19.1	4.1	9.7
Dagelijkse hoeveelheid urine	m ³ /dag	0.5	0.5	0.2	0.2	0.8	0.8	0.4	0.4
Dagelijks totaal waterverbruik voor toilet waarvoor grijs of regenwater gebruikt kan worden	m ³ /dag	1.3	7.5	0.6	3.8	2.3	13.5	1.1	6.8
Benodigde minimum (dak) oppervlak - 800mm regenval verdeeld in 365 dagen en 70% effectief	m ²	815	4888	407	2444	1467	8799	733	4400
Dagelijks productie grijswater (uit wastafel)	m ³ /dag	2.7	2.7	1.3	1.3	4.8	4.8	2.4	2.4
Percentage van toiletverbruik dat door grijswater kan worden gedekt	%	214%	36%	214%	36%	214%	36%	214%	36%

3.5.4 Aandachtspunten/discussie

Het waterverbruik in Airport Garden City hotel wordt gedomineerd door het waterverbruik op de hotelkamers. Het type douche of bad heeft daardoor een aanzienlijke invloed op het waterverbruik. Luxere douches worden gekarakteriseerd door grotere volumestromen, die bij een gelijkblijvende duur van het douchen voor meer waterverbruik zorgen en hierdoor ook voor een hogere energiebehoefte. Water- en energiebesparing kunnen bereikt worden door de toepassing van spaardouches. Momenteel is er een nieuwe douche in ontwikkeling die het douchewater na zuivering weer hergebruikt; Upfall Shower (www.upfallshower.com). Hiermee kan mogelijk een besparing van drinkwater en energie gerealiseerd worden, welke oploopt tot 90%. Deze douche is als pilot geïnstalleerd bij hotel Hajé Joure sinds 6 april 2016 (Waterforum, 2016). Tot slot kan ook een energiebesparing van 30% behaald worden door toepassing van douche warmtewisselaar.

Waterverbruik tijdens conferenties en feesten bedraagt bij conventionele toiletten slechts 20-40% van het waterverbruik van hotelkamers wanneer normale douches zijn toegepast of 8-15% bij toepassing van luxere uitvoeringen op de hotelkamer. Bij waterbesparende toiletvoorzieningen is dit percentage aanzienlijk lager (<15%).

De toepassing van een hammam levert veel luxe, maar vraagt ook veel waterverbruik en energie. De schatting is slechts gebaseerd op één gevonden richtlijn. Voor een betere schatting zijn meer gegevens nodig.

Bij het gebruik van warmtepompen is het essentieel om hier een opmerking te maken ten aanzien van risico tot *Legionella* besmetting. De minimale temperatuur om het risico te minimaliseren moet 60°C zijn (NEN, 2006).

3.6 Airport Garden City – Leisure Dome

De Leisure Dome is gericht op familie entertainment, zoals bowlen, indoorspeeltuin, maar ook indoor extreme sporten en grote evenementen (Tabel 3-14). Dit betekent dat het waterverbruik variabel is per activiteit maar ook gedurende het jaar. Een groot evenement zal maar sporadisch plaatsvinden, maar heeft wel een zeer grote invloed op het dagelijks waterverbruik.

3.6.1 Aannames

Zoals aangegeven in § 2.3.2 worden er jaarlijks circa 1 miljoen bezoekers en 130 FTE personeel verwacht door de opdrachtgever. Om tot een dagelijks gemiddeld waterverbruik te komen zijn er verschillende scenario's bedacht met verschillende evenementen waarbij het aantal gasten geschat kan worden. De schatting van het aantal gasten is gebaseerd op de oppervlaktes in de ontwerptekeningen met behulp van het bouwbesluit, de achtergrondinformatie van veiligheidsvoorschriften van de brandweer, en de haalbaarheidsstudie van een evenementenhal. De gebruikte referenties hierbij zijn: PRC Boutoiletentrum, www.sbr.nl, brandveiligheid in indoor speelgelegenheden (van ministerie van economische zaken), haalbaarheidsonderzoek "Kok Experience" (onderzoek naar haalbaarheid van indoor leisure concept Kok te Harderwijk), bouwbesluit, www.missethoreca.nl (hoeveelheid zitplaasten per bedrijfstype).

Voor het totale aantal bezoekers per jaar is rekening gehouden met het feit dat uit onderzoek blijkt dat de helft van het bezoek in ongeveer 100 dagen van het jaar komt voor de indoorevenementen (woensdagmiddag, vrijdag, zaterdag en zondag in de maanden oktober tot maart). Elke dag wordt er gebruik gemaakt van de sportfaciliteiten, 4x in de week van de restaurants en maximaal 10x in het jaar vindt er een evenement plaats. Het op

die manier ingeschatte aantal jaarlijkse gasten komt goed overeen met de verwachting van de opdrachtgever.

In Tabel 3-14 is naast het aantal te verwachten mensen ook de duur van de aanwezigheid weergegeven. Aan de hand van de aanwezigheidsduur kan de toiletfrequentie geschat worden. Voor de berekening van het waterverbruik is alleen rekening gehouden met het waterverbruik voor toiletbezoek. Uit voorgaande berekeningen blijkt dat waterverbruik voor de afwas verwaarloosbaar klein is ten opzichte van het toilet. Bovendien zijn er ondanks de extreme indoorsporten geen douchefaciliteiten.

TABEL 3-14 OPBOUW VAN DE LEISURE DOME OP AIRPORT GARDEN CITY EN DE INSCHATTING VAN BEZOEKERSAANTALLEN EN DE DUUR VAN HUN AANWEZIGHEID.

Leisure Dome faciliteit	BVO m ²	Aantal gasten	Duur aanwezigheid [u]
Indoor familie entertainment, met indoorspeelparadijs, bowling en lasergame/glowing golf	6000	3550	3
Extreme sports	1500	400	2
Groots uitgaan	9000	Minimaal (tafels): 6000	5
		Maximaal (dansfeest): 27000	5
Wereldrestaurants	4000	2000	4
Multifunctionele ruimte	3500	Minimaal (tafels): 2333	5
		Maximaal (dansfeest): 10500	5
Gemiddeld aantal medewerkers		130	8
Totaal aantal gasten per jaar			
A: Zonder evenement		920.000	
B: Met klein evenement		940.000	
C: Met groot evenement		1.020.000	

3.6.2 Scenario's

De scenario's die berekend worden voor het waterverbruik in de Leisure Dome op Airport Garden City zijn weergegeven in Tabel 3-15. Op basis van de aanwezigheidsduur is een aanname gemaakt voor toiletgebruik. Hierbij is in de indoor familie entertainment rekening gehouden met het feit dat kinderen vaker naar het toilet gaan en geen gebruik maken van urinoirs.

Ten aanzien van het aantal gasten zijn de volgende drie scenario's gedefinieerd. Hierbij wordt aangenomen dat er maximaal één evenement per dag plaatsvindt:

- Scenario 1:
Scenario waarbij **geen** evenement plaatsvindt. Het aantal gasten komt overeen met het aantal mensen in de indoor familie entertainment, in de sportfaciliteiten en in de wereldrestaurants.
- Scenario 2:
Scenario met het **kleinst** mogelijk evenement van 2333 gasten (2x naar toilet), naast de gasten in de indoor familie entertainment, in de sportfaciliteiten en in de wereldrestaurants.
- Scenario 3:
Scenario met het **grootst** mogelijk evenement van 27000 gasten (2,5x toilet, bijvoorbeeld dansfeest), naast de gasten in de indoor familie entertainment, in de sportfaciliteiten en in de wereldrestaurants.

TABEL 3-15 SCENARIO'S VOOR DE BEREKENINGEN GERELATEERD AAN HET WATERVERBRUIK IN DE LEISURE DOME OP AIRPORT GARDEN CITY

Toilet	Aantal gasten	Restaurants
Dual flush	1: Zonder evenement	Geen afwas: composteerbaar bestek
Vacuümtoilet	2: Met klein evenement	afwas
Urinoirs	3: Met groot evenement	
Watervrije urinoirs		

3.6.3 Resultaten

De details rond de berekeningen van het aantal gasten en het waterverbruik zijn weergegeven in Bijlage II.7. De resultaten van de berekeningen zijn weergegeven in Tabel 3-16.

De toepassing van waterbesparende faciliteiten leidt tot een reductie van 60% van het totale waterverbruik. Uit de Tabel blijkt dat het afvalwater van de wastafels voldoende is voor toiletspoeling bij waterbesparende voorzieningen. Bij de toepassing van conventionele toiletten en urinoirs is de hoeveelheid niet toereikend. Echter het grijswater afkomstig van de hotelkamers kan hiervoor gebruikt worden zoals eerder aangegeven (zie Tabel 3-11). Als het dagelijks grijswater van de hotelkamers verzameld en opgeslagen wordt, kan zelfs tijdens een groot evenement de toiletspoeling met grijswater plaatsvinden.

TABEL 3-16 KENTALLEN VOOR DE SCENARIO'S GERELATEERD AAN HET WATERVERBRUIK IN DE LEISURE DOME OP AIRPORT GARDEN CITY.

Parameter	Eenheid	Scenario 1: zonder evenement			Scenario 2: met klein evenement			Scenario 3: met groot evenement		
		Vacuütoilet + waternrije urinoir	Dual flush + Waterbesparende urinoirs	Dual flush + Conventionele Urinoirs	Vacuütoilet + waternrije urinoir	Dual flush + Waterbesparende urinoirs	Dual flush + Conventionele Urinoirs	Vacuütoilet + waternrije urinoir	Dual flush + Waterbesparende urinoirs	Dual flush + Conventionele Urinoirs
Dagelijks totaal waterverbruik	m ³ /dag	21	44	53	31	63	76	153	314	377
Dagelijkse hoeveelheid te lozen water	m ³ /dag	24	47	55	34	67	79	171	333	396
Dagelijkse hoeveelheid urine	m ³ /dag	2.6	2.6	2.6	3.8	3.8	3.8	18.9	18.9	18.9
Dagelijks totaal waterverbruik voor toilet waarvoor grijs of regenwater gebruikt kan worden	m ³ /dag	6.6	29.2	38.0	9	41.9	54.6	47.3	208.8	271.8
Benodigde minimum (dak) oppervlak - 800mm regenval verdeeld in 365 dagen en 70% effectief	m ²	4309	19031	24776	6184	27314	35560	30808	136068	177145
Dagelijks productie grijswater (uit wastafel)	m ³ /dag	14.7	14.7	14.7	21.1	21.1	21.1	105.2	105.2	105.2
Percentage van toiletverbruik dat door grijswater kan worden gedekt	%	223%	50%	39%	223%	50%	39%	223%	50%	39%

3.6.4 Aandachtspunten/discussie

Het waterverbruik van de Leisure Dome wordt voornamelijk bepaald door het aantal gasten. Een groot evenement, met enorm veel gasten, heeft een groot effect op het dagelijks waterverbruik van de Leisure Dome. Echter, deze evenementen worden verwacht slechts enkele keren in het jaar plaats.

Naast het waterverbruik in de toiletruimtes wordt water gebruikt in de restaurants voor de afwas. Het waterverbruik door de vaatwasmachines is niet meegenomen in de berekeningen omdat horeca vaatwasmachines weinig water verbruiken. Ten opzichte van het totaal waterverbruik is dit dus verwaarloosbaar. Daarnaast bestaat de optie dat composteerbaar bestek en borden worden gebruikt in de restaurants, waardoor geen afwas nodig is.

3.7 Airport Garden City – Gamechangers

Verschillende gamechangers zijn mogelijk voor de Airport Garden City, welke zijn aangegeven in § 2.3.2. Met de berekeningen en resultaten van het hotel, de conferentie- en feestzalen en van de Leisure Dome kunnen de effecten van gamechangers geschat worden.

Voorbeelden een gamechangers zijn de komst van een tweede hotel op de locatie of de komst van een zwemparadijs. Een hotel is een groot waterverbruiker, maar kan daarnaast ook voor veel grijswater zorgen. Een extra hotel zal ertoe leiden dat er extra water en energie verbruikt wordt, maar als het grijswater wordt opgeslagen, zou het kunnen worden hergebruikt. Het verbruik van een zwemparadijs kan vergeleken worden met het verbruik van de hammam/spa.

3.8 Conclusies drinkwaterverbruik

De (drink)waterbehoefte van LA/OMALA is berekend op een minimum van 135 m³/dag in groeiscenario N2 en loopt op tot een maximum van 735 m³/dag in groeiscenario N3 (zie Tabel 3-17). Er is in de berekeningen rekening gehouden met grote en kleine evenementen in the Leisure Dome en grote en kleine evenementen in het hotel.

TABEL 3-17 MINIMUM EN MAXIMUM DRINKWATERVERBRUIK PER DAG BIJ DE VERSCHILLENDE GEBOUWEN VAN LA/OMALA EN DE VLIEGTUIGEN.

Gebouw	Minimum drinkwaterverbruik (m ³ /dag)	Maximum drinkwaterverbruik (m ³ /dag)
Terminal	21.7	185.4
Vliegtuigen	1.0	4.3
Mainpark	4.4	18.5
Hotel	63.4	147.6
Leisure Dome	43.9	377.0
Totaal	134.3	732.9

3.9 Cascadering watergebruik

Hergebruik (cascadering) is een belangrijk aspect binnen de circulaire economie. In gebouwen van LA en het bedrijventerrein OMALA kan water binnen de gebouwen alleen hergebruikt worden voor het doorspoelen van toiletten. Andere waterfuncties binnen de gebouwen zijn verplicht om water van drinkwaterkwaliteit te gebruiken. Buiten het gebouw kan water hergebruikt worden bijvoorbeeld voor het sproeien van de groenvoorziening in droge en warme perioden, voor (recreatieve) toepassingen zoals een fontein en voor bluswatervijvers.

3.9.1 Gebruik grijswater voor het doorspoelen van het toilet

Voor de gebouwen bij LA/OMALA is in de vorige paragrafen berekend hoeveel grijswater beschikbaar komt gedurende het jaar en hoeveel water nodig is voor het doorspoelen van de toiletten. Hieruit is gebleken dat wanneer er gebruik wordt gemaakt van vacuümtoiletten, de grijswaterproductie vaak voldoende is. Daarnaast wordt er in het hotel door douche en bad gebruik genoeg grijswater geproduceerd om ook in de toiletspoeling tijdens conferenties en feesten te voorzien. Hiervoor is opslagruimte nodig en een tweede leidingnet.

Als gekozen wordt voor een luxere uitvoering van douche en bad in het hotel, dan is er zelfs grijswater voorhanden voor de toiletspoeling in de Leisure Dome (§ 3.5.3). Om grijswater gebruik voor toiletspoeling in de Leisure Dome mogelijk te maken is opslagruimte nodig, een tweede leidingnet en een transportleiding naar de Leisure Dome.

3.9.2 Gebruik hemelwater voor het doorspoelen van het toilet

In plaats van grijswater kan ook hemelwater gebruikt worden voor toiletspoeling. Er moet dan genoeg dakoppervlak beschikbaar zijn om hemelwater op te vangen. Het benodigde dakoppervlak en de hoeveelheid hemelwater die opgevangen kan worden is weergegeven in Tabel 3-18. In de berekening is rekening gehouden met de maximale en minimale hoeveelheden die nodig zijn voor toiletspoeling in verschillende gebouwen. Een nadeel van het gebruik van hemelwater is dat hemelwater niet continu beschikbaar is. Dit in tegenstelling tot grijswater en dus moet er extra opslagcapaciteit gecreëerd worden om droge perioden te overbruggen.

TABEL 3-18 OVERZICHT VAN HET TOEKOMSTIGE DAKOPPERVLAK EN POTENTIE VOOR HEMELWATEROPVANG.

Gebouw	Dakoppervlak [m ²]	Hemelwater hoeveelheid [m ³ /jaar]	Hemelwater hoeveelheid [m ³ /dag]	Benodigd voor toiletspoeling [m ³ /dag]
Terminal	17.600	8.800	24.1	6.5-41.3
Hotel	7.864	3.932	10.8	15.7
Leisure Dome	16.000	8.000	21.9	6.6-271.8
AGC terrein, circa 106 gebouwen	334.446	167.223	458.1	3.1-13.1
MA6, circa 100 gebouwen	181.986	90.993	249.3	3.1-13.1
Datacenter, zwemparadijs en Hotel 2	19.400	9.700	26.6	
Totaal	577.295	288.648	790.8	26.4-346.4

Uit de berekeningen blijkt dat er per dag genoeg hemelwater beschikbaar is voor het gebruik voor toiletspoelingen in de meeste terminal- en bedrijfsgebouwen als uitgegaan wordt van vacuümspoeling. De hoeveelheid hemelwater is onvoldoende voor de wc-spoeling in het hotel of het Leisure Dome. Alleen wanneer hemelwater van het bedrijventerrein naar het hotel en Leisure Dome wordt getransporteerd, zou voldaan kunnen worden aan toiletspoeling met hemelwater.

3.9.3 Gebruik hemelwater voor andere doeleinden

Aangezien het verhard oppervlakte van de terreinen in de toekomst toeneemt, zal er gaandeweg meer waterberging op de terreinen gerealiseerd moeten worden. Hiervoor kan opslag van het hemelwater van het dakoppervlak in de ondergrond een uitkomst bieden.

Gangbaar (maar nog geen vaststaand beleid) is dat het afgekoppelde dakoppervlak dan wordt afgetrokken van het totale verhard oppervlakte. Dit voorkomt (een gedeelte van) de kosten die gemaakt moeten worden om aan de voorwaarden van het Waterschap te voldoen.

Water opgeslagen in de bodem kan naderhand gebruikt worden voor beregening van de groenvoorziening. Om bijvoorbeeld een groengebied van 400 m bij 400 m van voldoende beregeningswater (300 mm) te voorzien in de zomer is circa 50.000 m³ hemelwater nodig. Ook kan het hemelwater voor blusvijvers gebruikt worden. Zoals genoemd in § 2.4.1. is er voor sprinklerinstallaties 35 m³/uur/m² BVO nodig. De hoeveelheid benodigd bluswater voor de verschillende gebouwen is berekend in Tabel 3-19.

TABEL 3-19 BENODIGDE BLUSWATER VOOR DE VERSCHILLENDE GEBOUWEN/TERREINEN NAAR AANLEIDING VAN HET DAKOPPERVLAK

Gebouw	Dakoppervlak [m ²]	Benodigd bluswater [m ³ /uur]
Terminal	17.600	616.000
Hotel	7.864	275.240
Leisure Dome	16.000	560.000
AGC terrein, circa 106 gebouwen	334.446	11.705.610
MA6, circa 100 gebouwen	181.986	6.369.510
Datacenter, zwemparadijs en Hotel 2	19.400	679.000
Totaal	577.295	20.205.360

Op Eindhoven Airport wordt gebruik gemaakt van een ondergronds stelsel waarin minimaal 500 m³ hemelwater kan worden opgeslagen. Dit stelsel bestaat uit een buffersloot en een ondergrondse bufferput. Er behoort minimaal 250 m³ water beschikbaar te zijn voor de sprinklerinstallatie en een additionele 250 m³ voor toiletspoeling.

3.9.4 Opslagmogelijkheden voor het water

Als het water hergebruikt wordt, geldt dat het grijs- of hemelwater tussentijds opgeslagen zal moeten worden, omdat het water niet altijd vrijkomt wanneer het nodig is. Deze opslag kan plaatsvinden in:

1. een buffervoorziening in het gebouw.
2. in kratten onder, op of buiten het gebouw.
3. in de ondergrond.

3.9.4.1 Buffervoorziening in het gebouw

Een buffervoorziening voor de tussentijdse opslag van water kan in principe op elke plaats in een gebouw gerealiseerd worden. Het is efficiënt en duurzaam om de buffervoorziening te realiseren in de buurt van de plaats waar het water vrijkomt dan wel hergebruikt gaat worden. Hiermee wordt extra leidingwerk vermeden. Vaak wordt gekozen voor een opslagkelder waar het water voor hergebruik uit wordt opgepompt.

3.9.4.2 Opslag in kratten

Kratten omgeven door folie kunnen ingepast worden op het terrein, bijvoorbeeld onder het parkeerdek, maar ook op het dak van het gebouw. Het aantal kratten en het ontwerp kan aangepast worden aan de opslagbehoefte van het gebouw. Hierdoor is maatwerk mogelijk en heeft ieder gebouw zijn eigen opslagsysteem. Figuur 3-4 is een voorbeeld van hoe de kratten op het terrein ingepast kunnen worden.

De kosten van een krattensysteem zijn grotendeels afhankelijk van de benodigde draagkracht en opslagcapaciteit van de kratten. Zo bedraagt de vierkante meter prijs voor kratten onder een voetgangerspad € 35,- bij een opslaghoogte van 85 mm. Hier bovenop komen nog de kosten van het aanleggen van het systeem en de aanschaf van eventuele folies. De vierkante meter prijs loopt op tot €53,- voor kratten onder een parkeerdek (in deze situatie is meer draagkracht benodigd). Een krattensysteem op het dak heeft minder draagkracht nodig en de prijzen daarvan zijn lager. Een bijkomend voordeel van wateropslag op het dak is dat het water zijn drukhoogte behoudt. Er moet echter wel rekening mee gehouden worden dat de dakconstructie het water kan dragen.

Bij het krattensysteem dient circa 12 m² kratten aangelegd te worden om 1 m³ water op te slaan. De kosten van de kratten voor opslag van 1 m³ water bedragen circa € 450,-, uitgaande van een krattensysteem van €35,- per vierkante meter. De benodigde capaciteit voor toiletdoorspoeling voor bedrijfsgebouwen bedraagt 3 tot 8 m³/dag. Een opslagcapaciteit van 30 tot 80 m³ is dan nodig om 10 dagen zonder neerslag te kunnen overbruggen (in droge zomers zal dit onvoldoende zijn). De kosten voor het aanleggen van een krattensysteem met een dergelijke opslagcapaciteit bedragen dan grofweg € 15.000 tot € 45.000. De verwachting is daarom dat hergebruik van grijswater (wat iedere dag beschikbaar komt) voor toiletdoorspoeling kostentechnisch gunstiger is.



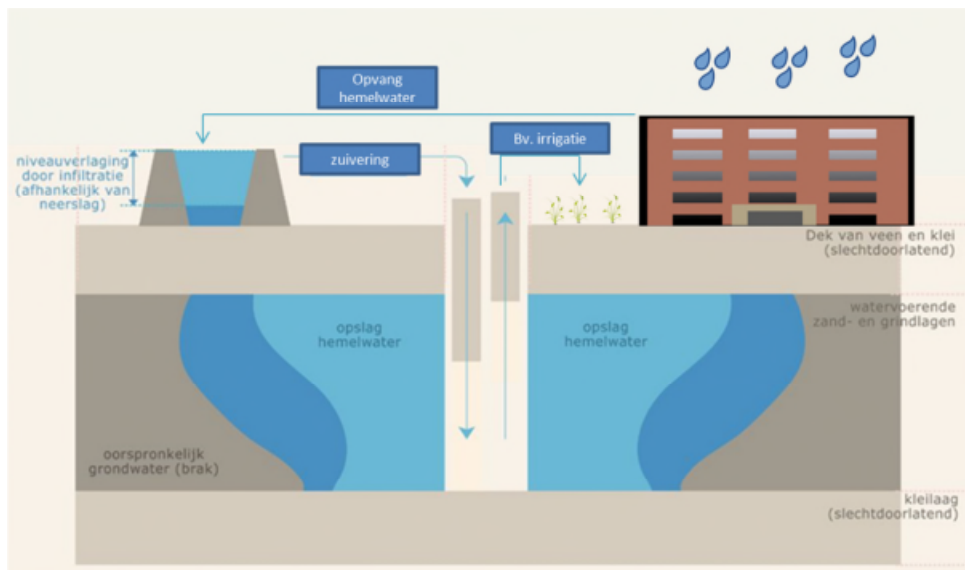
FIGUUR 3-4 AANLEG VAN ONDERGRONDSE KRATTEN VOOR HEMELWATEROPSLAG (BRON: PERMAVOID)

3.9.4.3 Opslag in de ondergrond

Voor het terrein LA/OMALA geldt dat het eerste watervoerende pakket meestal zoet is. De hoeveelheid (zoet) water die hierin tijdelijk extra opgeslagen wordt, kan in dat geval vrijwel volledig teruggewonnen worden. Het kan zijn dat dit lokaal varieert, wat in een lager rendement resulteert. Op de locatie is een dunne veenlaag en kwelstroming aanwezig, op grond waarvan in een haalbaarheidsstudie de risico's op bodemopbarsting, vernatting en verdroging eerst onderzocht moeten worden.

Collectief opslagsysteem

Als het water in de ondergrond geborgen wordt, hoeft er geen grote bergingsvoorziening gebouwd te worden. Dit voorkomt kosten. Om het hemelwater ondergronds te bergen, moet een put worden geboord en een tussen-opslagbassin en een zandfilter worden gerealiseerd. De zandfiltratie dient te voorkomen dat deeltjes van het dak de put mettertijd verstopten. Figuur 3-5 geeft een overzicht weer van een ondergronds waterbergingsstelsel.



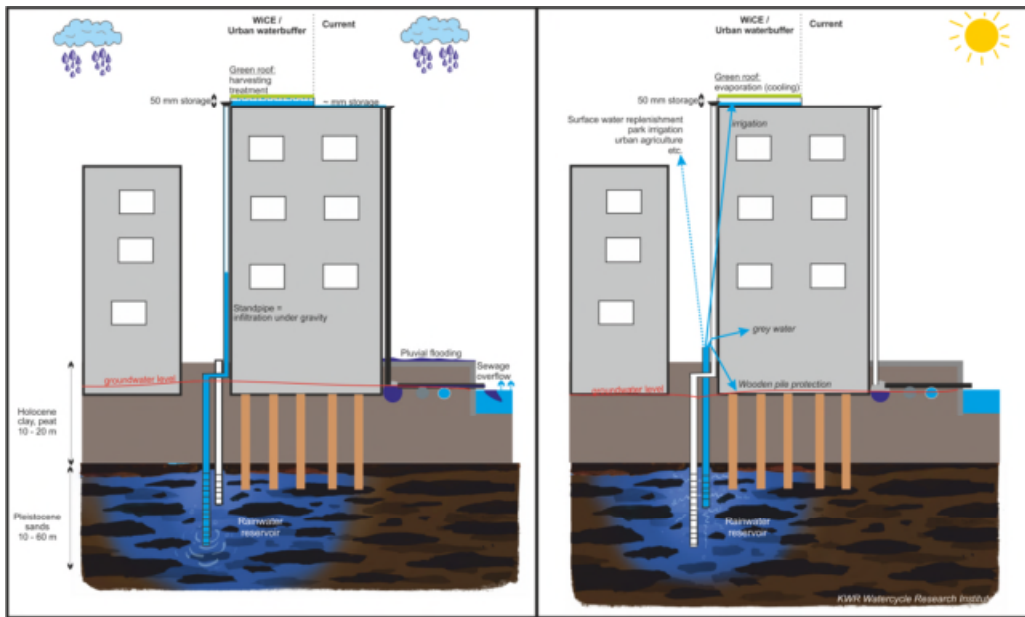
FIGUUR 3-5 PRINCIPE VAN COLLECTIEVE ONDERGRONDSE WATERBERGING

Het opslaan en terugwinnen van zoet water in een brakke of zoute ondergrond geeft een beter rendement naarmate de infiltratiehoeveelheid groter is. Een manier om tot de gewenste hoeveelheden te komen, is door het water van meerdere gebouwen naar hetzelfde opslagsysteem te leiden. Dit betekent dat het water van minstens 15- 30 bedrijven naar eenzelfde punt geleid moet worden (richtlijn voor opslaghoeveelheid is 30.000 m³ per systeem). Hiervoor is extra leidingwerk nodig.

De kosten per ondergronds waterbergingsysteem worden geschat op € 60.000 tot € 80.000, exclusief de kosten voor het leidingwerk van de bedrijven naar de ondergrondse waterberging. Deze kosten zijn sterk afhankelijk van de vergravingsdiepte, leidinglengte en diameter en of de leidingen gelegd kunnen worden gelijk met andere werkzaamheden. De kosten bedragen hiervoor € 15 tot € 25 per meter als de buis kan worden geplaatst tijdens andere werkzaamheden. Als het leidingwerk naderhand moet worden aangelegd, bedragen de kosten hiervoor globaal € 100 per meter leiding. Uitgaande dat een gemiddelde (extra) afstand van het gebouw tot aan het infiltratiesysteem 100 m bedraagt, komt het leidingwerk op minimaal € 22.000 à € 38.000 tot € 150.000 voor 15 gebouwen.

Opslagsysteem per gebouw

Voor het stedelijke gebied wordt momenteel onderzoek gedaan naar een opslagsysteem in de ondergrond op gebouwniveau (zie Figuur 3-6). Dit systeem gebruikt het dak om het water op te vangen en tijdelijk te bergen (50 mm berging). Het water wordt gezuiverd middels geotextiel en/of in combinatie met een groen dak. Het water kan dan direct middels een put (gebruikmakend van de drukhoogte) geïnfiltrteerd worden in de bodem. De kosten van dit systeem worden geschat op circa € 20.000 per gebouw.



FIGUUR 3-6 PRINCIPE VAN ONDERGRONDSE WATERBERGING PER GEBOUW

3.9.5 Conclusie

Als het doel van de opslag van hemelwater uitsluitend het doorspoelen van toiletten is, dan is de inzet van grijswater - wat iedere dag beschikbaar komt - goedkoper en meer robuust dan de inzet van hemelwater. Als vanuit ambitie of vanwege een toename van verhard oppervlakte extra waterberging gerealiseerd moet worden, dan biedt wateropslag in de ondergrond een meerwaarde.

Er zijn enkele manieren waarop het water opgeslagen kan worden. Omdat nog niet duidelijk is hoe het terrein straks precies ingevuld gaat worden, is een grove inschatting van de kosten gemaakt:

- Collectief voor het hele terrein: de kosten hiervan worden geschat op € 0,8 – 1,7 miljoen. Het grote verschil in kosten wordt bepaald door de wijze waarop het leidingnetwerk wordt gelegd. De investering per gebouw is dan een gedeelte van dit bedrag (bij alle gebouwen € 5.000 – € 10.000).
- Collectief voor enkele gebouwen: het hemelwater van meerdere (bijvoorbeeld 15) gebouwen kan in één ondergrondse waterberging opgeslagen worden. De kosten bedragen hiervoor globaal €120.000 - €230.000,-. De investering per gebouw is dan een gedeelte van dit bedrag (bij 15 gebouwen € 8.000 – € 15.000).
- Per gebouw: dit systeem is in ontwikkeling. De kosten worden geschat op € 20.000 per gebouw.

Opgeslagen hemelwater kan naderhand ook worden teruggewonnen om vervolgens te worden gebruikt voor bijvoorbeeld het (aan)vullen van blusvijvers of de groenvoorziening. Aanbevolen wordt om bij grootschalige inzet van opslag van (hemel)water in de ondergrond eerst het risico op bodemopbarsting, vernatting en verdroging nader uit te werken en de aanleg van het leidingnetwerk vanaf het begin van de werkzaamheden op het terrein mee te nemen.

Lokale oplossingen (binnen het plangebied) voor realisatie van de duurzame waterketen hebben daarom de voorkeur. Hierbij moet er wel rekening mee gehouden worden dat de afvalwaterzuiveringsinstallatie gebouwd, beheerd en onderhouden moet worden en daarvoor een externe partij gevonden zal moeten worden. Om het (financieel) haalbaar te maken voor een externe partij zal een sluitende business case gepresenteerd moeten worden. Bovendien vergt een lokale afvalwaterzuiveringsinstallatie ruimte, die ingepast moet worden in het plangebied.

Om de verschillende aspecten in kaart te brengen zijn eerst de terugwinmogelijkheden geïnventariseerd. Daarna is op basis van de berekeningen van het drinkwaterverbruik uit Hoofdstuk 3 de verwachte hoeveelheid en samenstelling van het afvalwater geschat. In combinatie met de scenario's voor de verschillende terugwinmogelijkheden is geïnventariseerd welke technologieën rendabel zijn. Tot slot is bekeken hoe de duurzame afvalwaterketen versterkt kan worden door gebruik te maken van andere 'bronnen' uit de omgeving.

4.2 Verschillende scenario's voor een duurzame afvalwaterketen

Om de maximaal haalbare duurzame afvalwaterketen in kaart te brengen, zijn er drie verschillende conceptscenario's ontwikkeld. Deze zijn gericht op het maximaal produceren van energie (scenario 1), de maximale terugwinning van grondstoffen (exclusief water) (scenario 2) en het maximale hergebruik van water (scenario 3). Om de zichtbaarheid van de verschillende scenario's te demonstrenen, zijn de scenario's onderverdeeld in een Terminal gedeelte en een zuiveringsgedeelte waar het overige afvalwater behandeld wordt. Door de 3 scenario's over elkaar te leggen, kan er gekeken worden hoe de maximale duurzaamheid uit de (afval)waterketen behaald kan worden en welke technologieën dan toegepast zouden moeten worden. Tot slot is het ook belangrijk om de afvalwaterstroom van het vliegveld met glycol en kaliumformiaat te benoemen. Dit is een afvalstroom die bij de afbraak zuurstof vergt en niet geloosd mag worden op het oppervlaktewater.

4.2.1 Energie scenario

Energie bevindt zich in de afvalwaterstromen in de vorm van chemische verbindingen en warmte. Door vergisting komt de chemische energie vrij in de vorm van biogas (CH_4 en CO_2). Voor een efficiënte vergisting is warmte nodig welke voor een deel uit het afvalwater van de zuivering kan worden gehaald. Daarnaast zal een geconcentreerde afvalwaterstroom de vergisting bevorderen. Om een geconcentreerde afvalwaterstroom te realiseren zijn waterloze of waterzuinige toiletten nodig. De concentratie organische stoffen in het afvalwater kan verder verhoogd worden door er maaiafval en restaurantafval aan toe te voegen (zie Figuur 4-2). Vergisting is een veel toegepaste techniek op rioolwaterzuiveringsinstallaties, waar soms ook afval van industrieën aan wordt toegevoegd is (<http://www.efgf.nl/projecten/energiefabriek-apeldoorn/>).

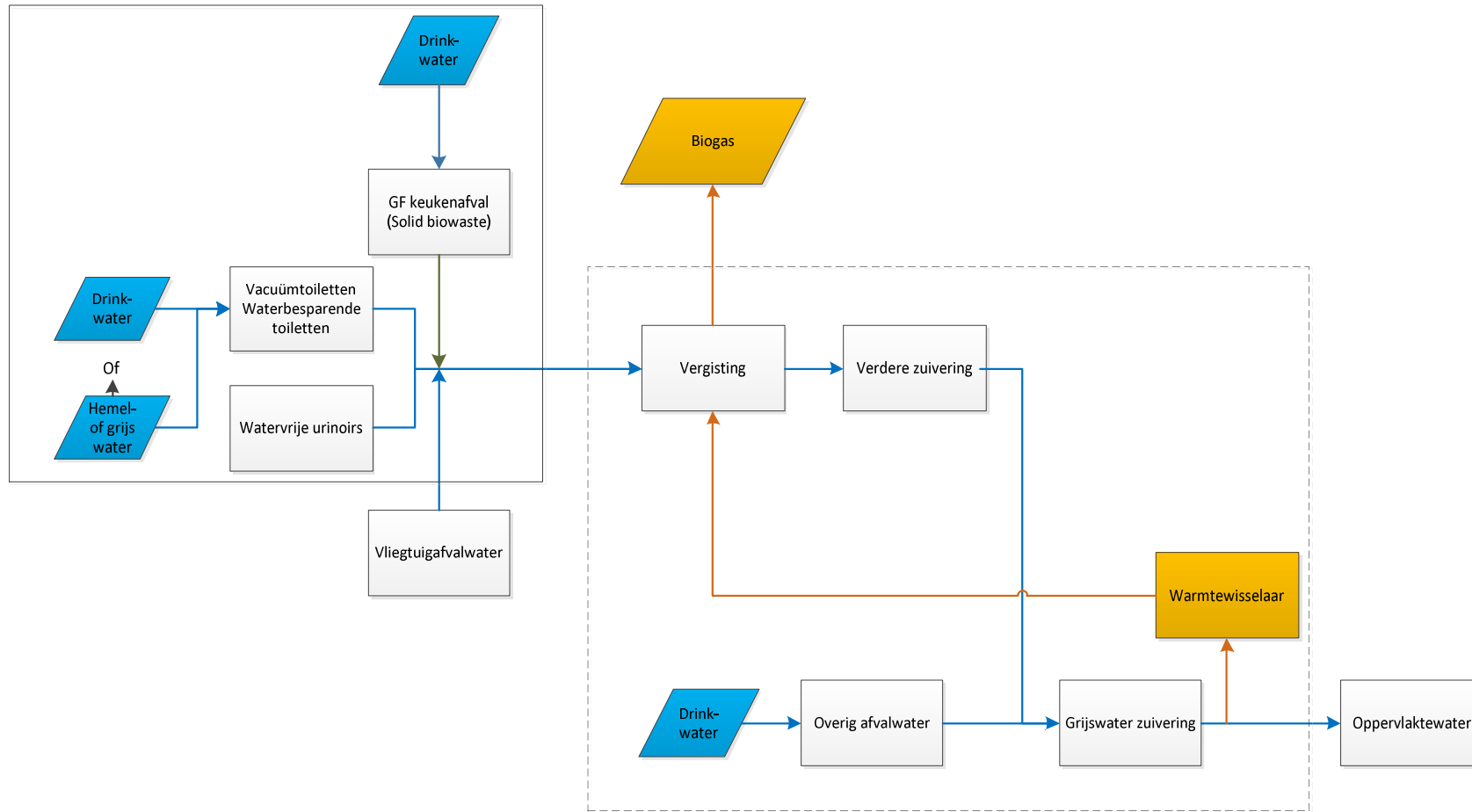
In Figuur 4-2 is weergegeven hoe vanuit de afvalwaterketen van LA/OMALA het meest optimaal energie kan worden opgewekt. Centraal staat de vergistingsinstallatie waarmee biogas wordt geproduceerd. De vergistingsinstallatie verwerkt voornamelijk afvalwater dat afkomstig is van waterzuinige en/of vacuümtoiletten. Aangezien er in een vliegtuig weinig water bij de toiletten wordt gebruikt, kan deze afvalstroom ook direct meevergist worden. Door toepassing van biologisch afbreekbaar servies en bestek in het restaurant wat mee de vergistingsinstallatie in gaat, kan de hoeveelheid te vergisten materiaal en daarmee de biogasproductie verder worden verhoogd. De vergistingsinstallatie kan bij hoge temperaturen (+/- 60°C, thermofiel) of bij matige temperaturen (+/- 35°C, mesofiel) worden bedreven. Bij hoge temperaturen wordt de cellulose ook omgezet in biogas wat resulteert in een hogere productie, echter een hogere temperatuur betekent ook een hoger energieverbruik voor opwarming van het systeem. Door de vergistingsinstallatie initieel te bedrijven bij een lagere temperatuur en een langere verblijftijd, kan de biogasproductie toch

worden geoptimaliseerd (STOWA, 2014-48). Deze keuze sluit ook goed aan bij het groeiscenario van de luchthaven waarbij in beginsel sprake is van een overdimensionering van de vergistingstank.

Geproduceerd biogas kan met een gasmotor omgezet worden in elektriciteit, met als nevenproduct warmte. Deze geproduceerde warmte is meer dan voldoende om de vergistingsinstallatie te verwarmen tot de benodigde warmte (mesofiel en thermofiel). Zeker wanneer ook ander materiaal dan het eigen afvalwater wordt vergist, kan het percentage biogas dat niet voor de installatie zelf nodig wordt vergroot. Het warmteoverschot kan potentieel ingezet worden voor de verwarming van gebouwen. Voornamelijk het zwemparadijs, het hotel en de terminal kunnen warmte gebruiken. De uiteindelijke toepassing zal afhangen van de locatie van de vergistingsinstallatie en de warmtevraag van de gebouwen (zie Hoofdstuk 5).

De afvalwaterstroom van de vergistingsinstallatie mag niet rechtstreeks geloosd worden op het oppervlaktewater en moet daarom verder gezuiverd worden. Dit gebeurt in combinatie met het overige afvalwater van de luchthaven en het afvalwater van OMALA. Door gebruik te maken van een warmtewisselaar kan warmte worden onttrokken aan het behandelde water, wat vervolgens kan worden ingezet voor de verwarming van de vergistingsinstallatie. Deze warmte is niet voldoende om volledig te voorzien in de warmtebehoefte van de vergistingsinstallatie, maar zal bijdragen aan het verlagen van het energieverbruik (warmte). Een uitvoering van dit energie concept heeft plaatsgevonden in Sneek waarvan de details in Bijlage III zijn weergegeven (STOWA, 2014-48).

De zichtbaarheid van de duurzame waterketen wordt vergroot door in de terminal de passagiers erbij te betrekken. In het energiescenario gebeurt dit door de aanwezigheid van waterzuinige en/of watervrije toiletten en het scheiden van het restaurantafval (zie linker rechthoek in Figuur 4-2). De zichtbaarheid kan versterkt worden door in het restaurant servies en bestek van composteerbaar materiaal te gebruiken, wat na gebruik meevergist wordt. Ook zou in de groene ruimte op het terrein van LA en OMALA biomassa gekweekt kunnen worden dat extra energie (biogas) oplevert in de vergistingsinstallatie. Door dit bij de groenvoorziening te vermelden, wordt de zichtbaarheid vergroot. Indien er bij de toiletten gebruik gemaakt wordt van grijswater of hemelwater, kan dit door middel van een bordje ook zichtbaar gemaakt worden. Daarnaast zou het communiceren van het doel van het afval scheiden de zichtbaarheid verder vergroten, net als het communiceren van het gebruik van duurzame, eigen opgewekte energie. Tot slot kan de vergistingsinstallatie en verdere zuivering van het water een prominente plaats op het terrein krijgen, waarbij ook aan zichtbaarheid vanuit de lucht gedacht kan worden (zie rechter rechthoek in Figuur 4-2).



FIGUUR 4-2 CONCEPT SCENARIO VOOR HET PRODUCEREN VAN ENERGIE UIT DE AFVALWATERKETEN MET DE WATERLIJNEN IN BLAUW, DE ENERGIELIJNEN IN GEEL EN DE GF-LIJN IN GROEN.

4.2.2 Grondstoffen/Producten scenario

Uit afvalwater kunnen verschillende grondstoffen teruggewonnen worden, waarmee verschillende producten kunnen worden geproduceerd. STOWA heeft hiervoor een selectie van grondstoffen gemaakt die in Tabel 4-1 zijn weergegeven (STOWA 2013-31). Deze selectie is gebaseerd op de technische en financiële haalbaarheid van het terugwinnen van deze grondstoffen op dat moment.

TABEL 4-1 RESULTATEN SELECTIE GRONDSTOFFEN (STOWA, 2013-31).

Grondstof	Belangrijkste reden geselecteerd of afgevallen	Risico	Potentie
GESELECTEERDE GRONDSTOFFEN			
Alginaat	aantrekkelijke marktprijs en eigenschappen	kosten productie hoger dan opbrengst;	hoog
Cellulose	beschikbare techniek al aanwezig is	aandeel cellulose daalt in afvalwater; kosten productie hoger dan opbrengst	hoog
Fosfaat	schaarse grondstof en technieken beschikbaar	struivet uit afvalwater niet onder wettelijke voorwaarden valt	hoog
Stikstof	aandeel terug te winnen stikstof significant is ten opzichte van gebruik aan kunstmest	beperkte concentraties in rejectiewater	laag
CZV als brandstof	hoogste energieopbrengst en bewezen techniek	opbrengsten brandstof minder worden	hoog
CZV als bioplastic	aantrekkelijke marktprijs	benodigde schaal (te) groot	hoog
CO ₂	als bijproduct beschikbaar is na opwerking biogas	daling afzetprijs	laag
NIET GESELECTEERDE GRONDSTOFFEN			
Algen	financieel niet haalbaar in Nederland	beperkte hoeveelheid zonlicht	niet aanwezig
Kalium	concentratie in afvalwater veel te laag	zuiverheid product, naast kalium ook natrium aanwezig	laag
Zwavel	kosten voor winning een factor 10 hoger liggen dan mogelijke afzetprijs	concurrentie is de olie-, en gasindustrie waar zwavel als bijproduct wordt gevormd	niet aanwezig
Humuszuren*	concentratie en kwaliteit humuszuren is onbekend	onbekend	onbekend
CZV als syngas*	technische en financiële haalbaarheid onbekend	complexiteit en onderhoud installaties	onbekend
CZV als vetzuur*	technische en financiële haalbaarheid nog niet aan te tonen	concurrentie met energievoorziening en CZV nodig voor stikstofverwijdering	onbekend
Slib als bouwstof	geen markt, complexe wetgeving	geen afzetmarkt	niet aanwezig
Slib als meststof	geen ruimte voor door mestoverschot	gehalte zware metalen	niet aanwezig
Slib als bodemverbeteraar	gehalte aan zware metalen te hoog voor toepassing in landbouw	gehalte zware metalen	laag
Geneesmiddelen	geen acceptatie van teruggewonnen product	lage concentraties, en merendeel zijn afbraakproducten	niet aanwezig
Lipiden	mogelijkheden onbekend	onbekend	Onbekend
Metalen*	onbekendheid over terug te winnen vorm	onbekendheid of winbare vorm interessant is voor markt	onbekend
Water	lokale situatie bepaalt kansen;	bij voldoende beschikbaarheid grondwater loont opwerking effluent zeer waarschijnlijk niet	lokaal bepaald

* onderzoek vereist om vast te stellen of de stof voldoende potentie heeft om in de 'Grondstoffen RWZI' te worden opgenomen.

Voor dit concept scenario is gefocust op het terugwinnen van de door STOWA geselecteerde grondstoffen (Figuur 4-5):

1. Alginaat

Alginaat wordt geproduceerd door het Nereda® systeem in de actief slib korrels. Om alginaat te winnen, zullen de korrels opengebrouwen moeten worden. De grondstof wordt momenteel toegepast in olieproductie, maar heeft de potentie om ook in andere markten hoogwaardig toegepast te worden (Figuur 4-3). Hiervoor is nog nader onderzoek nodig.

2. Cellulose

Cellulose dat zich in het afvalwater bevindt, is voornamelijk afkomstig van het gebruikte toilet papier (Figuur 4-4). Door gebruik te maken van een fijnzeefinstallatie aan het begin van de rioolwaterzuiveringsinstallatie kan de cellulose teruggewonnen worden. Deze kan vervolgens gebruikt worden als grondstof voor (WC-)papier of isolatiemateriaal.

3. Fosfaat

Fosfaat is bestempeld als een eindige grondstof en is een belangrijke meststof. Door het fosfaat uit het afvalwater te verwijderen en het om te vormen tot struviet, kan het als meststof hergebruikt worden.

4. Stikstof

Naast fosfaat is ook stikstof een belangrijk bestanddeel van mest. Struviet bestaat uit onder andere fosfaat en stikstof. Daarnaast zou stikstof ook als ammoniumsulfaat teruggewonnen kunnen worden.

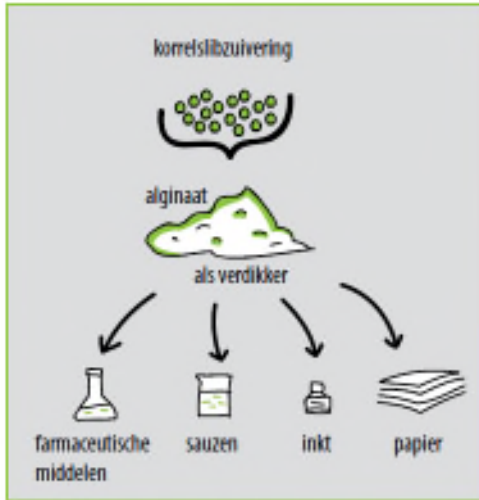
5. CZV en CO₂

CZV aanwezig in afvalwater kan worden gebruikt om energie op te wekken door het te vergisten, zoals in het energiescenario wordt toegepast (§ 4.2.1). Daarnaast kan de CZV omgezet worden door bacteriën in vetzuren waarmee bioplastics kunnen worden gemaakt. Dit is een hoogwaardigere toepassing van CZV dan het vergisten. Wanneer CZV helemaal omgezet wordt, komt CO₂ vrij. Door deze CO₂ op te vangen, zou het toegepast kunnen worden in de industrie.

Niet alle stoffen genoemd in Tabel 4-1 kunnen tegelijkertijd worden teruggewonnen of geproduceerd uit de afvalwaterketen. Wanneer er alginaat zou worden geproduceerd door middel van het toepassen van een Nereda®-systeem, zal er minder stikstof en fosfaat overblijven om terug te winnen als struviet. Daarnaast wordt er bij een Nereda® minder slib geproduceerd wat ook minder CH₄ en minder CO₂ oplevert. Als er aan het begin van de zuivering cellulose wordt afgevangen, kan deze niet meer vergist worden.

Het voordeel van het toepassen van het Nereda®-systeem is dat de zuivering relatief compact is en relatief gezien weinig slib oplevert. In combinatie met de lage beluchtingsbehoefte van het proces, resulteert dit in een energiezuinige toepassing (De Bruin et al., 2010). Een risico is dat de productie van alginaat alleen in het lab is aangetoond en nog niet op praktijkschaal. Alginaat wordt toegepast in olieproductie maar heeft de potentie om ook in andere markten hoogwaardig toegepast te worden. Hiervoor is nog nader onderzoek nodig.

Bioplastics, in de vorm van polyhydroxyalkanoaat (PHA), hebben net als alginaat een hoge marktprijs, maar de benodigde schaal voor efficiënte productie is hoog (STOWA 2014-10). Aangezien de zuiveringsinstallatie alleen voor LA/OMALA gebruikt zal worden, zal de schaal relatief klein zijn.



FIGUUR 4-3 MOGELIJKE BESTAANDE TOEPASSINGEN VOOR ALGINAAT (ROUTEKAART AFVALWATERKETEN)

Struvietwinning is een al bestaande en toegepaste technologie bij waterzuivering. Door fluctuaties van de vrachten in het influent is het nog een uitdaging om een product van stabiele kwaliteit en kwantiteit te produceren.

De technologie om cellulose terug te winnen door middel van fijnzeefinstallaties is al aanwezig (STOWA, 2006-16). Het zeefgoed kan op verschillende manieren verwerkt worden afhankelijk van het beoogde eindproduct.

1. Het kan verbrand worden.
2. Er kunnen verschillende vetzuren mee geproduceerd worden (onder andere bioplastic PLA).
3. Het kan meevergist of apart vergist worden.
4. Er kan papier mee geproduceerd worden.
5. Het kan hergebruikt worden in de landbouw na compostering.

Een nadeel is dat er geen tekort aan cellulose is. Daarnaast is het imago van cellulose uit afvalwater een belemmering voor de acceptatie als grondstof (STOWA, 2006-16). De verwachting is wel dat de verdere zuivering van het water zal verbeteren wanneer cellulose wordt afgevangen. De combinatie van cellulose winning met een Nereda® is nog niet getest en daarom is het niet duidelijk of hierbij ook een verbetering van het waterzuiveringsproces zal optreden.

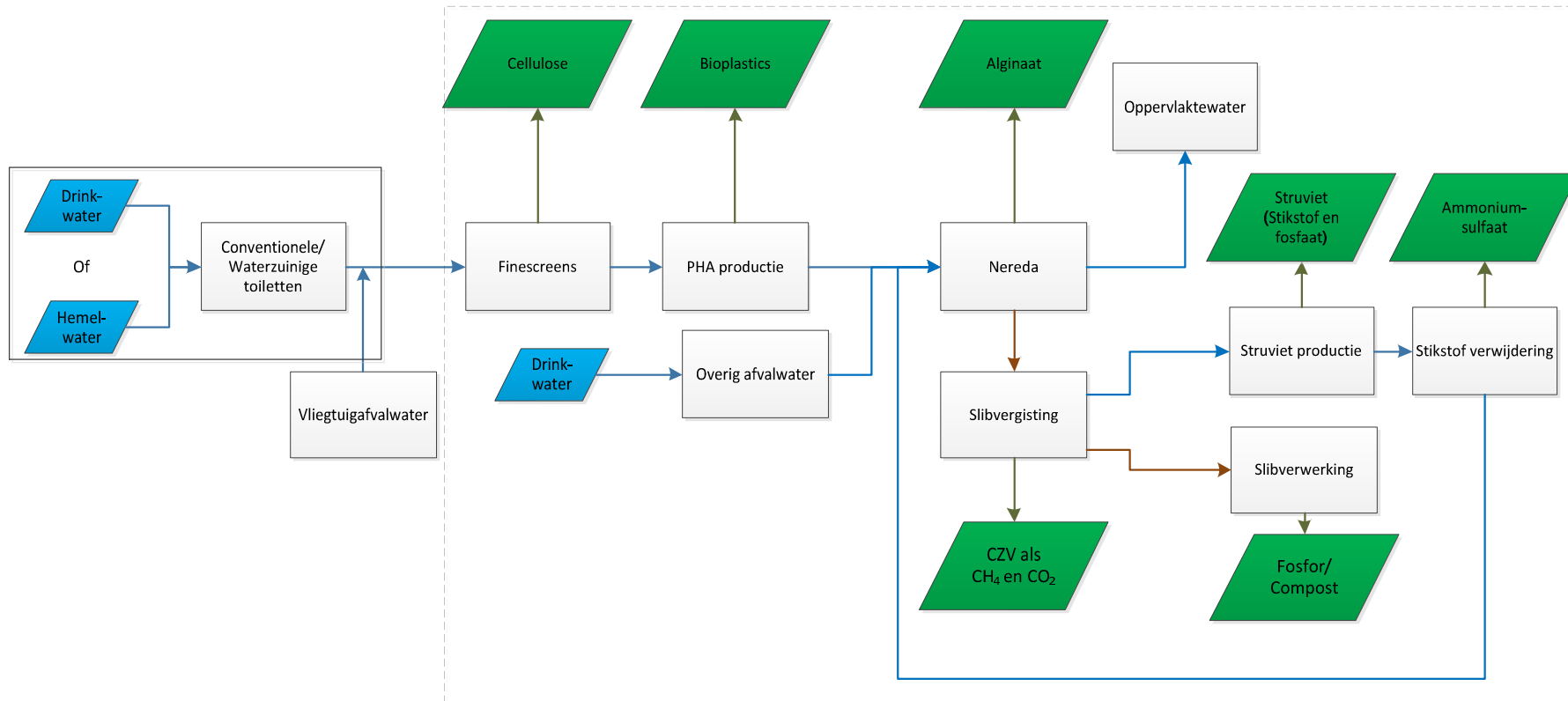


FIGUUR 4-4 MOGELIJKE TOEPASSINGEN VAN ZEEFGOED UIT AFVALWATER

In Tabel 4-1 wordt ook de grondstof kalium genoemd, waarbij de belangrijkste reden om het niet te selecteren de lage concentratie in afvalwater is. Aangezien kaliumformiaat tijdens de winterperiode gebruikt wordt om de gladheid op de start/landingsbanen tegen te gaan, zal er bij LA een hoge concentratie kalium aanwezig zijn. Als de run-off wordt opgevangen en behandeld in dezelfde waterzuiveringsinstallatie, zou kalium in een hogere concentratie aanwezig zijn dan in huishoudelijk afvalwater. Door middel van kristallisatie kan kalium teruggewonnen worden. Door dit kalium aan het struviet toe te voegen kan een hoogwaardigere kunstmest worden gemaakt.

Door de selectie van de verschillende grondstoffen is het conceptscenario gevormd zoals weergegeven in Figuur 4-5. Omdat voor de terugwinning van grondstoffen ook geldt dat een geconcentreerde stroom de efficiëntie verhoogd, heeft het gebruik van waterzuinige en/of waterloze toiletten ook in dit scenario de voorkeur. Het gebruik van deze toiletten kan de zichtbaarheid vergroten in de terminal. Er kunnen overigens ook conventionele toiletten gebruikt worden. Voor spoeling van deze toiletten kan drinkwater of hemelwater gebruikt worden.

In dit scenario wordt het toilet water gecombineerd met het overige afvalwater voordat het de zuivering in gaat. Het gebruikte toiletpapier kan met behulp van fijnzeefinstallaties teruggewonnen worden als cellulose. Vervolgens worden bioplastics geproduceerd, waarna de waterlijn opgesplitst wordt. Een deel van het water wordt behandeld in een Nereda® waarmee alginaat wordt geproduceerd. Het andere gedeelte wordt gebruikt voor de productie van struviet en ammoniumsulfaat. De sliblijnen van beide stromen worden weer samengevoegd alvorens ze naar de vergistingsinstallatie gaan waar biogas wordt geproduceerd. Tenslotte kan er bij de slibeindverwerking fosfor worden gewonnen uit het vliegias.



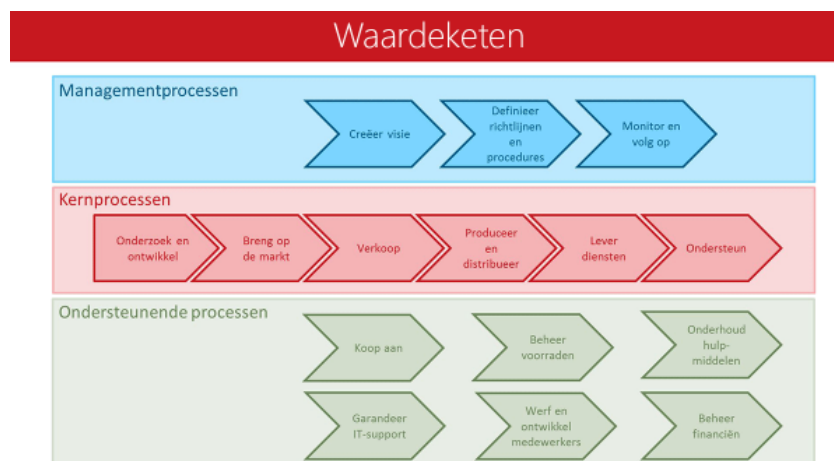
FIGUUR 4-5 CONCEPT SCENARIO VOOR HET TERUGWINNING VAN GRONDSTOFFEN EN/OF PRODUCTEN UIT DE AFVALWATERKETEN MET DE WATERLIJNEN IN BLAUW, DE SLIBLIJNEN IN ZWART EN DE GRONDSTOFFLIJNEN IN GROEN.

Door grondstoffen te produceren en te verkopen, wordt de zichtbaarheid van de duurzame keten van LA en/of OMALA ook buiten het eigen terrein vergroot. Als de grondstoffen in eigen (bouw)processen worden toegepast, kan vermeld worden dat het geproduceerd is op de terreinen zelf. Net als bij het energiescenario, kan de zuivering op een prominente plaats op het terrein gebouwd worden waarbij de installatie ook vanuit het vliegtuig gespot kan worden. Daarnaast kan biomassa dat gekweekt is op het terrein toegevoegd worden aan de afvalwaterstroom om meer grondstoffen te produceren.

4.2.2.1 Waardeketen ontwikkeling

Bij de transitie van een op energiemaximalisatie gerichte afvalwaterbehandeling naar een meer op grondstoffenwinning gericht concept, is het van belang om parallel de waardeketen voor de beoogde en geproduceerde producten te ontwikkelen. Dit kan voorkomen dat de grondstof bijvoorbeeld technologisch effectief gewonnen kan worden, maar dat het niet verkocht kan worden omdat er geen of onvoldoende afzetmarkt is gecreëerd of omdat niet voldaan wordt aan de vereiste productspecificaties. Hierdoor kan de transitie tot grondstoffenfabriek niet plaatsvinden.

Waardeketen ontwikkeling is het gehele samenspel van technologische ontwikkelingen, marktwerking, het wegnemen van wettelijk belemmeringen, het verkrijgen van (consumenten) vertrouwen e.d. Het ontwikkelen van een waardeketen kent een aantal te onderscheiden fasen, processen en categorieën (zie ook Figuur 4-6 en Figuur 4-7).



FIGUUR 4-6 WAARDEKETEN (WWW.SPIKES.BE).



FIGUUR 4-7 VALUE CHAIN MODEL VAN MICHAEL PORTER (PORTER, 1985).

Bij de ontwikkeling van de waardeketen moet aandacht zijn voor alle categorieën en processen. Per categorie kunnen verschillende fasen in de tijd worden onderscheiden. Onderstaande (niet uitputtende) opsomming voor waardeketen ontwikkeling is geïnspireerd op Supply Chain Management (SCM)-methodologie en de zienswijze van Michael Porter op de waardeketen (Porter, 1985).

Technologisch

- Proof of principle/Concept uitgedacht en gepubliceerd;
- Proof of concept/ Op lab/lab-schaal aangetoond dat het werkt;
- Demo-plant Praktijkschaal toepassing;
- Opschaling naar full scale toepassing.

Juridisch

- Opheffen End of waste status voor de grondstof;
- Toetsen aan productrichtlijnen (indien van toepassing);
- Toetsen aan geldende normering (indien van toepassing).

Economisch

- Welk bestaand product kan het verbeteren/vervangen?
- Goedkoper/duurzamer dan concurrerende producten? (door naast de marktprijs andere kosten zoals imago mee te rekenen);
- Voor een goedkopere/efficiëntere productiewijze in bulk is volume nodig. Is deze voorhanden of kan dit georganiseerd worden?

Marktontwikkeling & organisatie

- Het vinden van ondersteuners en financiers;
- Een launching customer vinden;
- Afzetten als specialiteit (op kleine schaal);
- Opschaling inzamelwijze en productie (realisatie grotere installaties OF meer kleine decentrale installaties);
- Stabiele kwaliteit en kwantiteit produceren en garanderen;
- Opzetten/aansluiten bij verkoopkanalen en -organisatie.

Niet voor alle beoogde grondstoffen/producten (§ 4.2.2) is de keten al (voldoende) ontwikkeld om tot marktrijpe (tussen)producten te komen. Om de transitie tot grondstoffenfabriek te stimuleren en mogelijk te maken, moet waardeketen ontwikkeling voor deze grondstoffen/producten proactief ondersteund en geïnitieerd worden door de verschillende partners.

4.2.2.2 Waardeketen ontwikkeling toegepast voor LA/OMALA

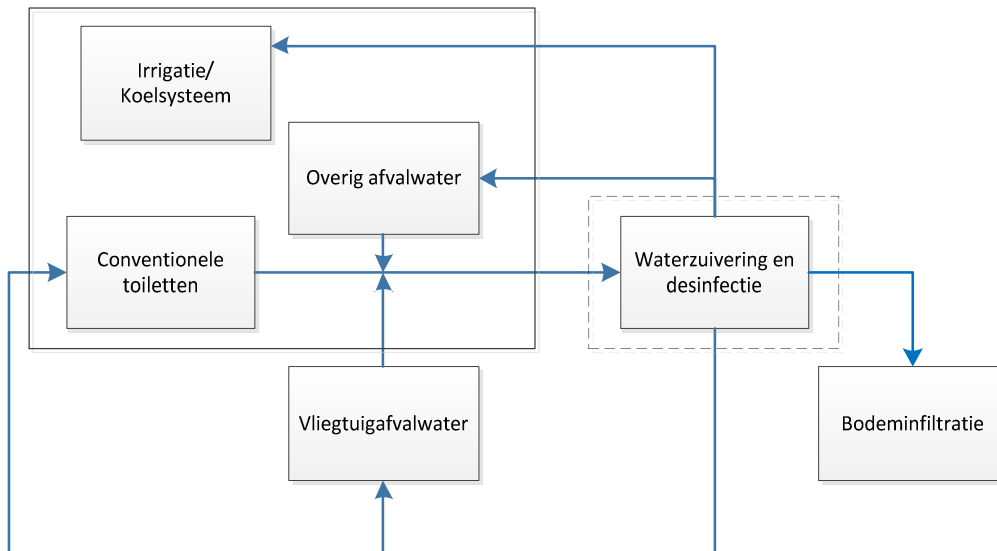
Voor de transitie tot een grondstoffenfabriek, gebaseerd op de afvalwaterbehandeling van LA/OMALA, is het belangrijk om inzichtelijk te hebben in hoeverre de waardeketen ontwikkeling gaande is voor alle bovengenoemde categorieën en grondstoffen/producten. Op basis van een dergelijke analyse - die bijvoorbeeld jaarlijks bijgesteld wordt met nieuwe ontwikkelingen - kan bepaald worden in hoeverre de ontwikkeling voldoende snel verloopt, dan wel actieve ondersteuning nodig heeft voor welk(e) categorie(ën) of proces(sen) en in welke fase. Hierop kan dan definitieve besluitvorming plaatsvinden.

4.2.3 Water hergebruik scenario

Waterhergebruik wordt al veel toegepast op vliegvelden om kosten te drukken of om te verduurzamen. Verschillende (grote) vliegvelden hebben faciliteiten om water te zuiveren zodat ze dit kunnen hergebruiken (Carvalho et al., 2013). Het is dan van belang om rekening

te houden met het gebruiksdoel van het water aangezien dit de eisen van de zuivering beïnvloedt. Het meeste hergebruik van water is gericht op niet drinkbare doeleinden, namelijk irrigatie, spoelen van toiletten, koelsysteem en wassen van voertuigen (zie Figuur 4-8). Hierdoor kan de waterkwaliteit aan lagere eisen voldoen, dan wanneer drinkwater zou worden geproduceerd zoals in Hoofdstuk 3 is aangegeven.

Verschillende soorten technieken kunnen hiervoor worden gebruikt. In Hong Kong wordt een MBR gebruikt om dagelijks 6.000 m³ afvalwater te behandelen wat na zuivering wordt gebruikt voor irrigatie van het groen op het vliegveld (Hong Kong International Airport, 2015). Bij Fiumicino (Rome, Italië) wordt het zwarte water toegevoegd aan het grijze water na behandeld te zijn door een actiefslibstelsysteem. Hierna vindt verdere zuivering plaats met behulp van flocculatie, filtratie en desinfectie door middel van UV licht waarna dit water wordt hergebruikt voor irrigatie, toiletspoeling, airconditioning en blusfaciliteiten (ADR, 2006). Dubai airport (Dubai, Verenigde Arabische Emiraten) maakt gebruik van een olie-water scheidingsstelsysteem waarna het afvalwater verder gezuiverd wordt zodat het hergebruikt kan worden voor het wassen van bijvoorbeeld voertuigen en ook voor irrigatie.



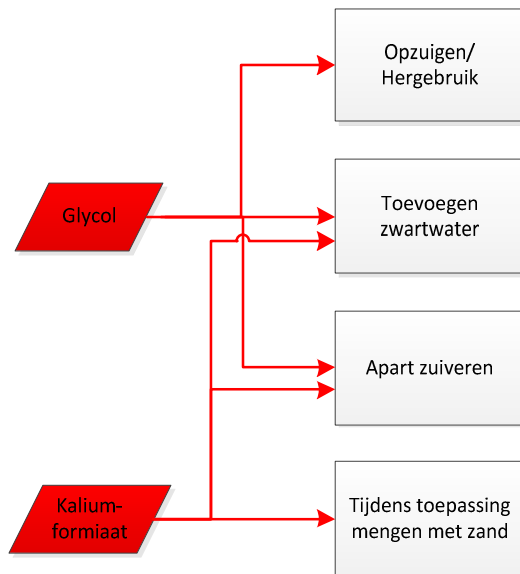
FIGUUR 4-8 CONCEPT SCENARIO VOOR HERGEBRUIK VAN WATER MET DE WATERLIJNEN IN BLAUW.

Aangezien er in Nederland geen tekort aan water is, is de druk om water te gaan hergebruiken niet hoog. Desalniettemin heeft LA zich een doelstelling tot het minimaliseren van de drinkwaterconsumptie gesteld. Naast het zuiveren en hergebruiken van afvalwater, kan de consumptie van drinkwater ook verlaagd worden door het gebruik van hemelwater of oppervlaktewater als alternatieve bronnen voor bepaalde toepassingen. Hemelwater wordt veel gebruikt op vliegvelden voor het spoelen van toiletten. Op Eindhoven Airport wordt hemelwater (her)gebruikt voor de sprinklerinstallatie en de toiletspoelingen. Hiervoor is een berging van 500 m³ aangelegd (Gemeente Eindhoven, 2015). Verschillende technologieën zijn beschikbaar om het regenwater op te vangen, te zuiveren en te distribueren zoals ook vermeld in §3.9.4 (Ghimire et al., 2012).

In het concept scenario voor waterhergebruik op de luchthaven wordt al het afvalwater verzameld alvorens het naar een zuiveringsinstallatie gaat die ook het water zal desinfecteren (Figuur 4-8). Hierna kan het water hergebruikt worden voor irrigatie of koelsystemen. Door de herkomst van het water kenbaar te maken, kan het hergebruik van water zichtbaar gemaakt worden. Wederom kan de zuivering zichtbaar gemaakt worden, vanuit de lucht en vanaf de grond.

4.2.4 Glycol en kaliumformiaat behandeling

Een extra afvalwaterstroom specifiek voor het vliegveld waarmee rekening gehouden moet worden, is de afvalwaterstroom die vrijkomt bij de de-icing van vliegtuigen en bij het sneeuwvrij maken van de banen en platformen. Voor de-icing van vliegtuigen wordt monopropyleenglycol (glycol) gebruikt en voor het sneeuwvrij maken van de platforms en rijbanen kaliumformiaat (RoyalHaskoningDHV, 2015). Deze stoffen zijn biologisch afbreekbaar, maar vergen veel zuurstof wat kan leiden tot zuurstofloze omstandigheden bij lozing in het oppervlaktewater. Er zijn verschillende mogelijkheden om met deze stromen om te gaan. Deze zijn weergegeven in Figuur 4-9.



FIGUUR 4-9 VERSCHILLENDE OPLOSSINGEN VOOR DE DE-ICING AFVALWATERSTROOM OP HET VLIEGVELD; GLYCOL EN KALIUMFORMIAAT.

Om afvloeiing van het glycol houdend water te vermijden, moet een apart gedeelte van het platform aangewezen worden om de de-icing van vliegtuigen te laten plaatsvinden. Voor LA is dit voorzien en beschreven in het waterstructuurplan (RoyalHaskoningDHV, 2015) (zie ook § 2.4.1.2). Als dit gedeelte bovendien overdekt zou worden, is de afvalwaterstroom minder verdund en kan het beter worden hergebruikt. Echter, is dit niet aan de orde bij LA, volgens de opdrachtgever.

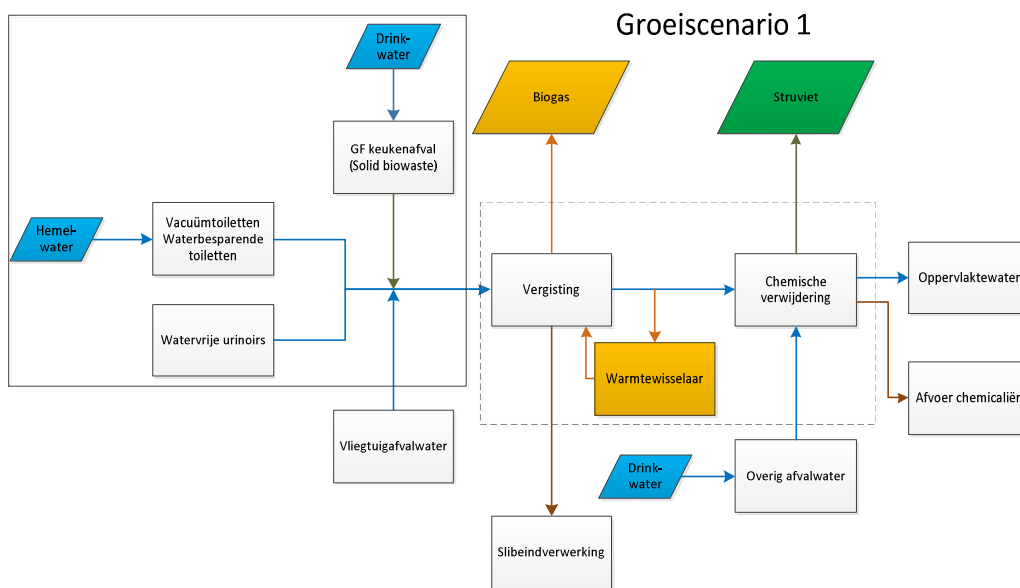
Het opzuigen van de-icing water gebeurt al op grote schaal op Stockholm Arlanda Airport waar voertuigen het glycol water opzuigen en het water weer hergebruiken of naar de lokale afvalwaterzuivering brengen. Het gescheiden zuiveren van glycol en kaliumformiaat houdend water is een andere mogelijkheid. Het water van de de-icing van de vliegtuigen wordt dan samen met de run-off van de rijbanen (welke kaliumformiaat bevat) verzameld en naar een aparte waterzuiveringsinstallatie gebracht. Testen hebben uitgewezen dat glycol aeroob en anaeroob kan worden afgebroken. Hierbij zou anaerobe behandeling de voorkeur hebben omdat minder slib wordt geproduceerd, de biomassa zonder voedingsstoffen langdurig kan sluimeren zonder activiteit verlies, en biogas kan worden geproduceerd (Switzenbaum et al., 2001). Er kan ook gebruik gemaakt worden van beluchte helofytenfilters (constructed wetlands), zoals momenteel bij Heathrow gebeurt. Om een goede afbraaksnelheid te realiseren, moeten er wel nutriënten bijgevoegd worden (Murphy et al., 2015). Aangezien Lelystad Airport een (veel) kleiner vliegveld is dan Heathrow, zou een aparte zuivering voor glycol en kaliumformiaat een dure oplossing zijn voor een relatief kleine stroom afvalwater.

Dit geldt temeer als er een afvalwaterzuivering aanwezig is op het vliegveld waar deze afvalwaterstroom aan toegevoegd kan worden. De afvalwaterstroom met glycol en kaliumformiaat kan direct naar de vergistingsinstallatie worden afgevoerd om daar afgebroken te worden tot biogas (Tham & Kennedy, 2004). Tot slot kan de hoeveelheid gestrooide kaliumformiaat verminderd worden, wanneer deze met zand wordt gemengd na het aanbrengen.

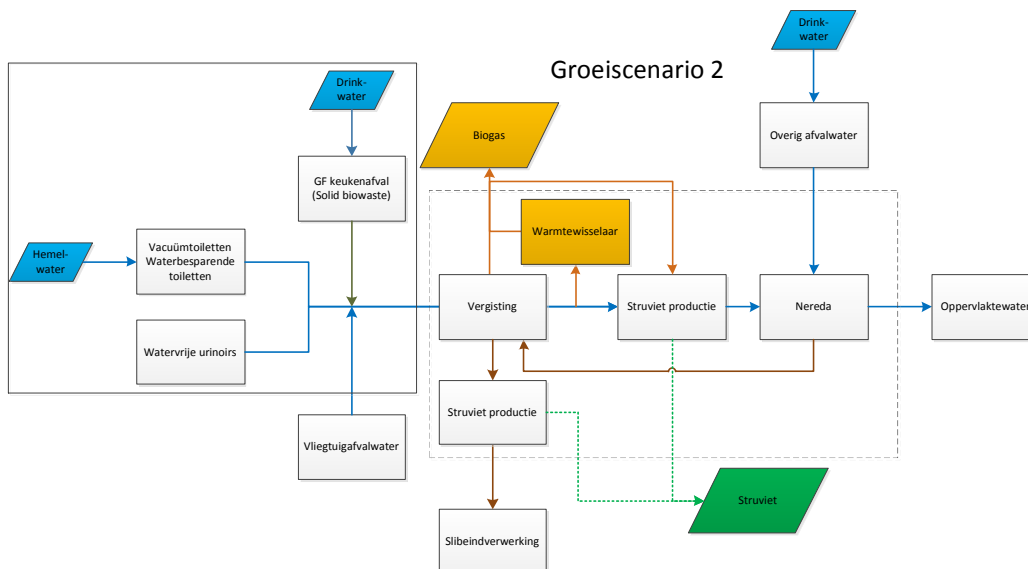
4.2.5 Groeiscenario's

Het uiteindelijke doel is om de drie verschillende conceptscenario's te combineren om een zo duurzaam mogelijke waterketen te realiseren rekening houdend met de verwachte groei van het LA en ook OMALA. Het is hierbij van belang dat er zo weinig mogelijk investeringen gedaan worden die op termijn onjuist blijken. Er wordt daarom voor de kortere termijn in eerste instantie gefocust op technologieën die bewezen zijn of in pilot fase zitten. Aangezien de technologieën om energie op te wekken al veel toegepast worden en stand der techniek zijn, wordt gestart vanuit het energiescenario waarna stappen gezet worden om naar het grondstoffenscenario te groeien. Om het energie scenario zo efficiënt mogelijk te laten verlopen, is het van belang een geconcentreerde afvalwaterstroom te verzamelen. Dit leidt er toe dat er waterzuinige of waterloze/-vrije toiletten gebruikt moeten gaan worden. Bovendien kan het (organisch) keukenafval en composteerbaar servies en bestek ook gebruikt worden om energie op te wekken. Tijdens de opstartfase kan de vergistingsinstallatie met een lagere temperatuur werken, omdat er dan ook een langere verblijftijd gehanteerd kan worden vanwege het tijdelijk overgedimensioneerde volume van de vergister. Behalve het opwekken van energie door middel van vergisting, kunnen ook warmtewisselaars worden ingezet om de warmte uit de waterlijn in de vergistingsinstallatie her te gebruiken. Vanuit het grondstoffenscenario kan het winnen van struviet als een bewezen techniek worden beschouwd. Struviet winning zou dus eveneens bij aanvang van de lozing kunnen plaatsvinden.

Om investeringen in de aanpassing en vergroting van de persriolering - die het afvalwater transporteert naar de gemeentelijke riolering uitmondend op de RWZI van Lelystad - te vermijden, kan gekozen worden voor een (tijdelijke) chemische behandeling van het afvalwater uit de vergister ten behoeve van lozing op oppervlaktewater. Hierdoor hoeft bij aanvang niet fors geïnvesteerd te worden in een (biologische) zuiveringstechniek die later mogelijk suboptimaal blijkt. Als duurzaam alternatief voor de chemische waterzuivering kan mogelijk een (modulaire) aerobe biologische waterzuivering gehuurd of geleased worden. Dit dient verder onderzocht te worden.



FIGUUR 4-10 GROEISCENARIO 1 WAARBIJ GESTART IS VAN BEWEZEN TECHNIEKEN EN DE FOCUS OP ENERGIEOPWEKKING LIGT. HET BLOK REPRESENTEERT DE TERMINAL EN HET GESTREEPTE BLOK DE AFVALWATERZUIVERING.

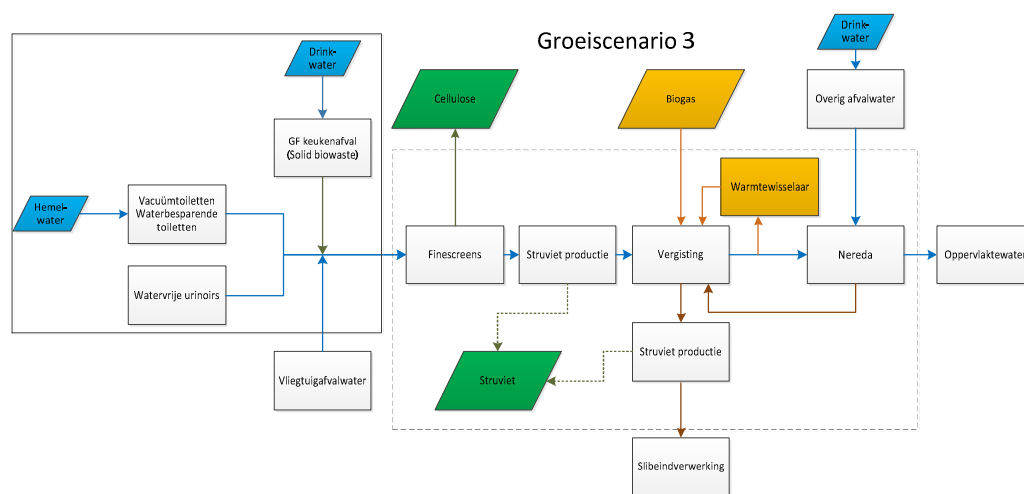


FIGUUR 4-11 GROEISCENARIO 2 WAARBIJ DE CHEMISCHE ZUIVERING VERVANGEN IS DOOR NEREDA®. HET BLOK REPRESENTEERT DE TERMINAL EN HET GESTREEPTE BLOK DE AFVALWATERZUIVERING.

Stap 2 in het groeiscenario kan gezet worden op basis van de resultaten van de pilot opstelling in Epe. Op de RWZI Epe wordt het afvalwater gezuiverd met de Nereda® technologie, waarbij alginaat (op kleine schaal) wordt gewonnen. Nereda® is op dit moment de enige afvalwaterzuiveringstechniek die tegelijkertijd ook een grondstof kan produceren. Dit maakt het een aantrekkelijke optie voor het grondstoffenscenario. Daarnaast heeft de Nereda® een klein benodigd oppervlak en kan het modulair gebouwd worden. Deze eigenschappen maken het uitermate geschikt voor een groeiende luchthaven. Om te zorgen dat de Nereda® goed kan functioneren, is het van belang dat een bepaalde CZV:P:N verhouding in het influent aanwezig is. Dit zou er toe kunnen leiden dat niet alle CZV in de

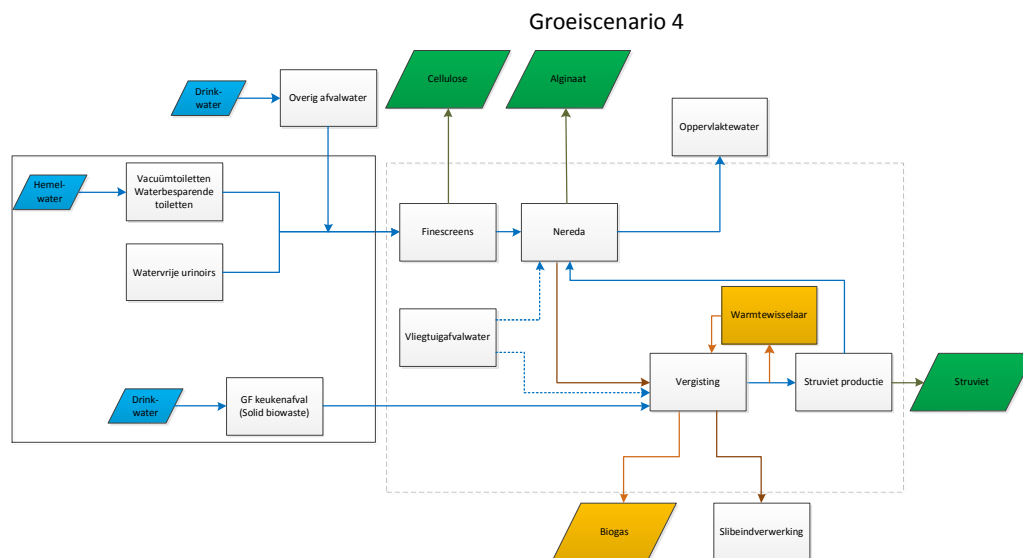
vergistingsinstallatie omgezet kan worden naar energie. Naar verwachting zal er op termijn meer afvalwater geproduceerd worden op LA en OMALA wat ertoe kan leiden dat de benodigde verhouding wel behaald kan worden.

Gezien de status van de onderzoeken zal op redelijke termijn ook blijken of het winnen van cellulose door middel van het plaatsen van een 'fijne zeef' voor de vergisting rendabel is (Figuur 4-12). Door het plaatsen van de finescreens is er minder CZV beschikbaar voor de vergister en zal er minder energie opgewekt worden. Indien de groei van het vliegveld en bedrijventerrein doorzet, is het mogelijk dat de vergister te klein wordt voor de aanvoer. Door de vergister te gaan bedrijven bij thermofiele in plaats van mesofiele condities, kan de capaciteit van de vergistingsinstallatie worden vergroot. Wanneer door het plaatsen van een fijne zeef minder voeding de vergister bereikt, kan met dezelfde vergistingsinstallatie mogelijk het maximale uit de afvalwaterketen worden gehaald, zonder de vergister te vervangen.



FIGUUR 4-12 GROEISCENARIO 3 WAARBIJ CELLULOSE GEWONNEN WORDT DOOR HET PLAATSEN VAN FINESCREENS. HET BLOK REPRESENTEERT DE TERMINAL EN HET GESTREEPTE BLOK DE AFVALWATERZUIVERING.

Tot slot wordt er vanuit het energiescenario omgeschakeld naar een grondstoffenscenario door de Nereda® met de vergister om te draaien als hart van de installatie. Wederom is het hierbij van belang dat de verhouding CZV:P:N van het influent van de Nereda® goed is waardoor mogelijk de winning van cellulose niet optimaal kan plaatsvinden. Daarnaast is de winning van struviet verschoven naar het effluent van de vergister, omdat hiervoor geen CZV nodig is. De CZV kan in die situatie beter benut worden voor alginaat productie of energieopwekking. Doordat aanvankelijk gekozen is voor de opwekking van energie, is er voor vacuüm of waterzuinige toiletten gekozen. In het laatste scenario kan deze geconcentreerde stroom gemengd worden met het overige afvalwater van OMALA omdat de Nereda® geen geconcentreerde stroom nodig heeft.



FIGUUR 4-13 GROEISCENARIO 4 WAARBIJ NEREDA® HET HART VAN DE INSTALLATIE WORDT. HET BLOK REPRESENTEERT DE TERMINAL EN HET GESTREEPT BLOK DE AFVALWATERZUIVERING.

4.2.5.1 Versterken van de lokale duurzame waterketen

Er zijn verschillende manieren waarop de duurzame waterketen versterkt kan worden. Ten eerste kan dat door ervoor te zorgen dat er lokaal afnemers zijn voor de vrijkomende grondstoffen. Voor bijvoorbeeld cellulose gewonnen uit het afvalwater zou vliegveld Lelystad als launching customer kunnen optreden voor de afname hiervan als toiletpapier, al dan niet aangevuld met oud papier of cellulose van elders om voldoende capaciteit te hebben. Mogelijk ziet een lokale ondernemer kans om de cirkel sluitend te krijgen tussen productie van de grondstof, bewerken tot een compleet product en (gegarandeerde) afname voor een langere periode door Vliegveld Lelystad. Een volgende stap kan zijn het regionaal toepassen van struviet gemaakt in de afvalwaterzuiveringsinstallatie. Aangezien er meerdere agrarische bedrijven in het gebied zitten, kunnen dit potentiële afnemers zijn waardoor de schaal van de kringloop klein gehouden wordt. Vervolgens kan, als de Nereda® installatie gerealiseerd is, alginat uit het overtollige slib gewonnen worden. Alginat is een polymeer wat mogelijk toegepast kan worden bij de uitharding van beton. Aangezien in het plangebied de komende jaren nog veel bouwactiviteiten gaan plaatsen, opent dit de mogelijkheid om ook het geproduceerde alginat lokaal toe te passen.

4.2.5.2 Toevoegen van organisch materiaal

Zoals genoemd in § 4.2.1 kan de energieopwekking vergroot worden door toevoeging van biologisch afbreekbaar servies en bestek. Er zijn verschillende soorten (Belgische) certificaten voor composteerbare producten gericht op de biologische afbreekbaarheid van het product (www.okcompost.be):

1. OK compost (composteerbaar onder industriële condities, 55-60 °C).
2. OK compost HOME (composteerbaar in composteervat).
3. OK compost SOIL (biologisch afbreekbaar in de grond).
4. OK compost WATER (biologisch afbreekbaar in water).

De vergistingsinstallatie van een afvalwaterzuiveringsinstallatie kan bij mesofiele en thermofiele condities bedreven worden. Wanneer gebruik gemaakt wordt van mesofiele temperaturen zal servies met het OK compost certificaat minder geschikt zijn, dan servies met een OK compost HOME certificaat. Daarnaast is er ook een certificaat voor biologisch

afbreekbare producten, OK biodegradable. Dit certificaat geeft aan dat de producten wel biologisch afbreekbaar zijn, maar niet noodzakelijk tot goed compost worden omgezet. Voor de afbraak zijn ook goede condities nodig die in een vergister aanwezig zijn (micro-organismen en hogere temperaturen). Voor deze certificaten is ook een onderscheid gemaakt tussen biologisch afbreekbaarheid in bodem (OK biodegradable SOIL), in water (OK biodegradable WATER) en in het marien milieu (OK biodegradable MARINE). Aangezien de optimale condities aanwezig zijn in de vergister, wordt verwacht dat producten met één van de drie certificaten gebruikt kunnen worden.

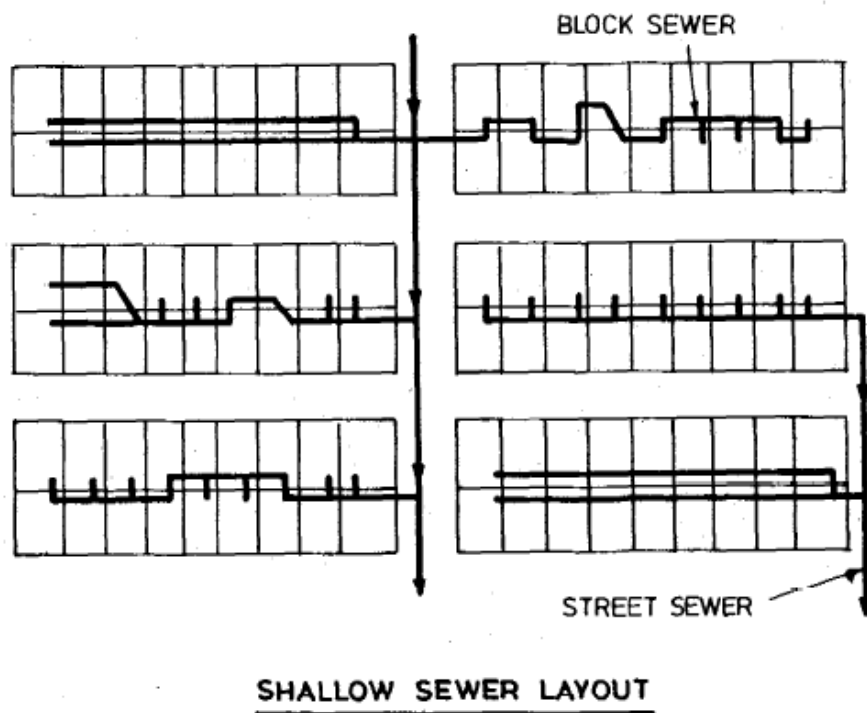
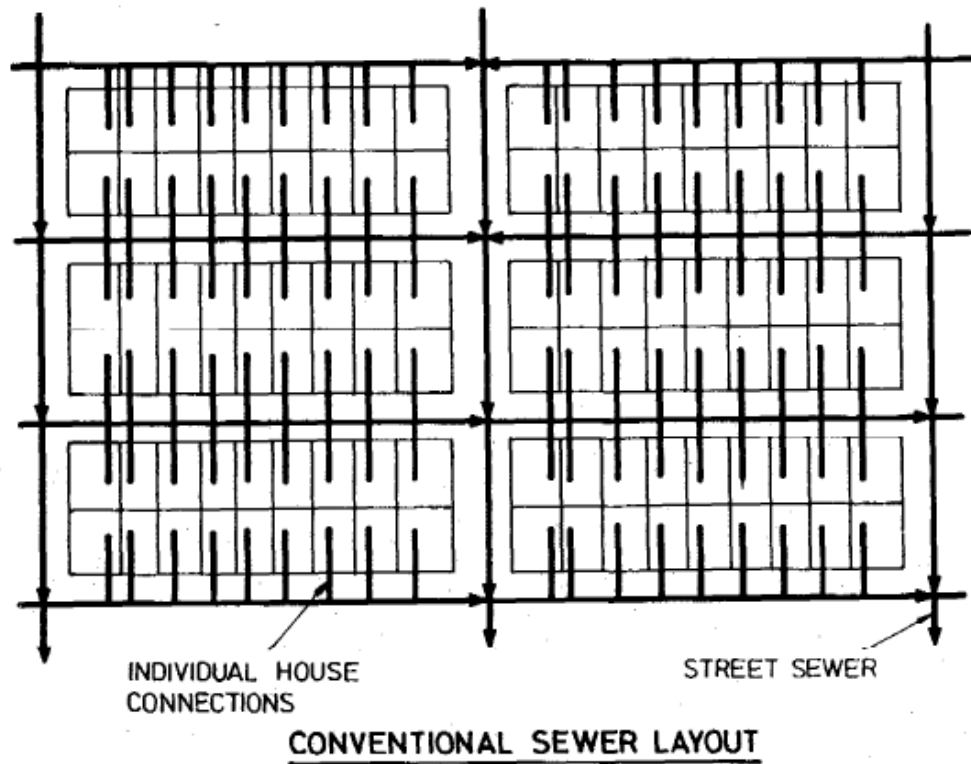
Naast het gebruik van composteerbaar servies, kan ook maaisel gebruikt worden voor vergisting. Bij de groenvoorziening kan hiervoor een gewas met een hoge energetische waarde gekozen worden zoals olifantengras (<http://www.pelletpers.nl/pellets-uit-olifantengras>). Een nadeel van olifantengras is dat het 3 tot 3,5 meter hoog wordt, wat hoog is voor gebruik bij een vliegveld. Vanwege het gevaar op botsingen tussen vogels en vliegtuigen moet het gewas kort zijn om broedplaatsen te vermijden. Olifantengras kan wel op het bedrijventerrein geplant worden. Indien boeren of anderen in de omgeving maaiafval hebben, zou dit ook in de vergistingsinstallatie mee-vergist kunnen worden.

Aangezien de afvalwaterstroom van glycol en kaliumformiaat een hoog CZV heeft, kan deze veel energie opleveren in een vergistingsinstallatie. Zoals genoemd in § 4.2.4 kan deze stroom goed anaeroob verwerkt worden (Switzenbaum et al., 2001). Hiermee wordt een vervuilende stroom gebruikt om (groene) energie op te wekken.

4.2.5.3 Geconcentreerde afvalwaterstroom

Om grondstofterugwinning uit afvalwater zo efficiënt mogelijk te maken, is het van belang dat de afvalwaterstroom zo geconcentreerd mogelijk is. Dit aspect is al genoemd in het energiescenario (§ 4.2.1) waar het gebruik van vacuümtoiletten of waterzuinige toiletten wordt benadrukt. Wanneer gebruik gemaakt wordt van toiletten waarbij slechts 1 liter spoelwater wordt gebruikt, kunnen smallere buizen worden aangelegd als riolering en blijft de afvalwaterstroom geconcentreerd. Hierbij moet het hemelwater afgekoppeld zijn om verdere verdunning van het afvalwater te voorkomen. Rioleringsbuizen met kleinere diameter zijn al toegepast in Brazilië. Daar is gebleken dat er niet méér onderhoud nodig is dan voor conventionele buizen (Melo, 2005). Daarnaast is gebleken dat deze kleinere diameter goed om kan gaan met lagere watervolumes (Watson, 1995). Hierbij is het wel van belang dat de leiding regelmatig aanvoer krijgt, en dus om een vertakt systeem vraagt, zoals is weergegeven in Figuur 4-14 (Sinnatamby, 1986).

Er ligt bij LA en op het bedrijventerrein al riolering, maar deze moet uitgebreid worden om te voldoen aan de groei van het gebied. Een mogelijke stap zou zijn om de bestaande riolering te gebruiken voor de afvoer van hemelwater (wanneer deze niet hergebruikt wordt) en om een nieuw stelsel gebaseerd op kleinere diameters aan te leggen voor het vuilwater. Dit stelsel heeft bewezen te werken in gebieden waar weinig water verbruikt wordt (Brazilië en Pakistan) en zou dus (in principe) met de waterzuinige toiletten kunnen werken.



FIGUUR 4-14 SCHEMATISCHE WEERGAVE VAN DE LAYOUT VAN EEN VERMAASD CONVENTIONELE RIOLERING (BOVEN) EN EEN VERTAKT SMALLERE DIAMETER RIOLERING (BENEDEN) (SINNATAMBY, 1986).

4.3 Hoeveelheid en samenstelling van het afvalwater

Om te bepalen wanneer besluitvorming moet plaatsvinden over de doorstart naar een volgend groeiscenario, is het nodig de compositie en hoeveelheid van het afvalwater te kennen. De verwachte hoeveelheid en samenstelling van het afvalwater is ook nodig om de schaal en de kosten van de geselecteerde technologieën te kunnen bepalen. Op basis van de berekeningen voor het benodigde drinkwater bij verschillende tappunten (zie ook § 2.4.1.1) kan een inschatting gemaakt worden van de hoeveelheid en samenstelling van het afvalwater tijdens de groeiscenario's N2 (3,7 miljoen passagiers) en N3 (6,7 miljoen passagiers)

Deze berekeningen zijn achtereenvolgens uitgevoerd voor de vertrekhal, de vliegtuigen, OMALA Mainpark (kantoren) en Airport Garden City (hotel en Leisure Dome). Hierbij zijn het gemiddelde debiet, de concentraties van verontreinigingen (chemisch zuurstof verbruik (CZV), totale stikstof (TN), totale fosfor (TP)) en totale verontreinigingen berekend.

4.3.1 Afvalwater in vertrekhal

De geschatte drinkwaterhoeveelheid is gebaseerd op voornamelijk het toiletgebruik. Zoals benoemd in § 3.2.1 is er vanuit gegaan dat de ratio man/vrouw onder passagiers en bezoekers 0,5 is. Daarnaast is aangenomen dat alle aankomende en vertrekkende passagiers op het vliegveld naar het toilet gaan. Hiervan gaat 60% van de vrouwen en 75% van de mannen uitsluitend urineren. Er is aangenomen dat 10% van de bezoekers langer verblijft op het vliegveld. Van deze 10% bezoekers zal 20% van de vrouwen naar de toilet gaan, waarvan 90% alleen gaat plassen. Van de 10% bezoekers, zal 10% van de mannen naar de toilet gaan en enkel van het urinoir gebruik maken. Er is hierbij ook vanuit gegaan dat iedereen na het toiletbezoek zijn handen wast.

Voor de berekening van de samenstelling van het afvalwater is uitgegaan van gemiddelde verontreinigingen tijdens toiletgebruik. Om de hoeveelheden verontreiniging van het geloosde toiletwater in te schatten is er uitgegaan van de gegevens in Tabel 4-2, waarbij 1 inwonerequivalent (i.e.) gelijk staat aan 150 g CZV/dag.

TABEL 4-2 AANGENOMEN VERONTREINIGING PER TOILETGEBRUIK (BTO 2015.210 DOORONTWIKKELING SIMDEUM; TERVAHAUTA ET AL., 2013)

Verontreiniging	Eenheid	Concentratie
<i>Urine</i>		
Totale stikstof	kg/m ³	6,5
Totale fosfor	kg/m ³	0,6
Kalium	kg/m ³	2
Chemische zuurstof verbruik	kg/m ³	7,9
<i>Feces</i>		
Totale stikstof	g/persoon/dag	1,8
Totale fosfor	g/persoon/dag	0,5
Totale chemisch zuurstof verbruik	kg/kg	500

In de vertrekhal zal daarnaast afvalwater geproduceerd worden door het gebruik van wastafels bij de toiletten (anders dan na toiletspoeling), schoonmaakactiviteiten en in de keukens. Aangezien deze afvalwaterstromen relatief schoon en in lagere kwantiteit zijn vergeleken met toiletafvalwater, zijn deze niet gescheiden meegenomen in de berekeningen. Voor de combinatie van apparaten met minimaal en maximaal waterverbruik uit Tabel 3-2 en Tabel 3-3 zijn kentallen berekend voor het te lozen afvalwater welke in Tabel 4-3 zijn weergegeven. Voor berekeningen aan de groeiscenario's is een dag met een gemiddeld aantal bezoekers en een maximaal aantal bezoekers gehanteerd.

TABEL 4-3 DE GEMIDDELDE EN MAXIMALE HOEVEELHEID EN SAMENSTELLING VAN HET AFVALWATER UIT DE VERTREKHAL BIJ GROEISCENARIO N2 EN N3.

	Eenheid	N2-gemid. dag		N2-max. dag		N3-gemid. dag		N3-max. dag	
		Minimum	Maximum	Minimum	Maximum	Minimum	Maximum	Minimum	Maximum
Debiet	m ³ /d	24.0	71.0	35.8	106.3	43.3	127.9	64.6	191.5
Concentratie CZV	kg/m ³ /d	9.2	3.1	9.2	3.1	9.2	3.1	9.2	3.1
Concentratie N	kg/m ³ /d	0.9	0.3	0.9	0.3	0.9	0.3	0.9	0.3
Concentratie P	kg/m ³ /d	0.13	0.04	0.13	0.04	0.13	0.04	0.13	0.04
Totaal CZV	kg/d	220.2	220.2	328.0	328.0	397.9	397.9	593.0	593.0
Totaal N	kg/d	20.9	20.9	31.1	31.1	37.8	37.8	56.3	56.3
Totaal P	kg/d	3.1	3.1	4.5	4.5	5.5	5.5	8.2	8.2
Geschat aantal i.e.	-	1468	1468	2186	2186	2652	2652	3954	3954

Zoals verwacht zijn de concentraties hoger, wanneer er waterbesparende apparaten gebruikt worden, terwijl de hoeveelheid verontreiniging hetzelfde blijft. In Waterschoon is een CZV concentratie van ongeveer 2 g/L/d behaald welke in het maximale waterverbruik scenario's ook gehaald wordt. Hierbij is nog niet het groen afval uit het restaurant meegenomen waar ook composteerbaar servies en bestek aan toegevoegd kan worden. Deze 2 maatregelen zou de concentratie verontreinigingen aanzienlijk verhogen. De verwachte concentraties stikstof (0,9 of 0,3 kg/m³/dag) en fosfor (0,13 of 0,04 kg/m³/dag) zijn ook hoger in de vertrekhal dan werd behaald in Waterschoon (0,2 kg/m³/dag en 0,03 kg/m³/dag, respectievelijk) (STOWA, 2014-48).

4.3.2 Afvalwater in vliegtuigen

Bij de vliegtuigen is het uitgangspunt dat afvalwater alleen afkomstig is van de vacuümtoiletten. Er is aangenomen dat 10% van de passagiers naar het toilet gaat en daarvan 90% uitsluitend urineert. Daarnaast kan het toilet per landing gelegegd worden, of alleen bij terugkomst op Lelystad Airport. Wanneer alleen op Lelystad Airport wordt gelegegd, verdubbelt de hoeveelheid afvalwater. Met beide mogelijkheden is rekening gehouden tijdens de berekeningen in deze paragraaf.

TABEL 4-4 DE HOEVEELHEID EN SAMENSTELLING VAN HET AFVALWATER UIT EEN VLIEGTUIG.

Parameter	Eenheid	
Debiet	m ³ /dag	0.04
Concentratie CZV	kg/m ³ /dag	2.28
Concentratie N	kg/m ³ /dag	0.07
Concentratie P	kg/m ³ /dag	0.02
Totaal CZV	kg/vliegtuig	0.091
Totaal N	kg/vliegtuig	0.003
Totaal P	kg/vliegtuig	0.001

Omdat in vliegtuigen gebruik wordt gemaakt van vacuümtoiletten is de afvalwaterstroom geconcentreerder dan bij een conventioneel toilet (Tabel 4-4). Er is aangenomen dat in vliegtuigen, in vergelijking met de vertrekhal, meer mensen naar het toilet gaan om alleen te

urineren. Hierdoor wordt niet dezelfde hoge concentratie verontreinigingen behaald. De concentratie CZV in het afvalwater van vliegtuigen is naar verwachting wel hoog genoeg om te vergisten.

Voor de verschillende groeiscenario's is per dag de hoeveelheid en samenstelling van het afvalwater bepaald, met als verschil het bij elke landing legen, of alleen in Lelystad Airport legen. De resultaten zijn weergegeven in Tabel 4-5.

TABEL 4-5 DE HOEVEELHEID EN SAMENSTELLING VAN HET AFVALWATER UIT DE VLIEGTUIGEN PER DAG VOOR DE VERSCHILLENDE GROEISCENARIO'S EN HET LEGEN BIJ ELKE LANDING, OF ALLEEN IN LELYSTAD AIRPORT*.

		N2	N2*	N3	N3*	N4	N4*
Concentratie CZV	kg/m ³ /dag			3.18			
Concentratie N	kg/m ³ /dag			0.81			
Concentratie P	kg/m ³ /dag			0.09			
Debiet	m ³ /dag	0.55	1.09	1.36	2.73	2.45	4.91
Totaal CZV	kg/dag	1.73	3.46	4.33	8.66	7.79	15.58
Totaal N	kg/dag	0.44	0.88	1.10	2.20	1.98	3.97
Totaal P	kg/dag	0.05	0.10	0.12	0.24	0.21	0.43
Geschat aantal i.e.	-	12	23	29	58	52	104

Per vliegtuig is circa 4,5 liter urine beschikbaar voor het terugwinnen van nutriënten in een totaal volume van ongeveer 40 liter afvalwater. Deze kan toegevoegd worden aan de overige afvalwaterstromen. Dit leidt mogelijk ook tot een kostenbesparing, omdat het afvalwater uit vliegtuigen normaliter gefilterd wordt en het vaste materiaal naar een afvalverwerker gaat.

4.3.3 Afvalwater in OMA LA Mainpark

Zoals beschreven in § 3.4, wordt het waterverbruik gedomineerd door de medewerkers. In scenario 1 is uitgegaan van 527 medewerkers en in scenario 2 van 780 medewerkers. Voor beide scenario's is tevens gekeken naar een verschillende verhouding van man/vrouw. In scenario a is gebruik gemaakt van een verhouding man/vrouw 90/10 en in scenario b 65/35. Uit de analyse in § 3.4 blijkt dat de wastafel ook een significant effect heeft op de hoeveelheid water en daarom is onderscheid gemaakt tussen een wastafel met een normale kraan (zie Tabel 4-6) en een wastafel met een fonteinkraan (zie Tabel 4-7). Wederom is er alleen rekening gehouden met verontreiniging van het toiletwater en niet van het wastafelwater.

TABEL 4-6 HOEVEELHEID EN SAMENSTELLING VAN AFVALWATER IN OMALA MAINPARK MET EEN NORMALE WASTAFEL.

		Scenario 1a		Scenario 1b		Scenario 2a		Scenario 2b	
		min scenario	max scenario	min scenario	max scenario	min scenario	max scenario	min scenario	max scenario
Debiet	m ³ /dag	6.23	12.97	6.20	12.94	9.22	18.96	9.19	19.17
Concentratie CZV	kg/m ³ /dag	5.97	2.87	3.87	1.86	5.16	2.41	3.87	1.86
Concentratie N	kg/m ³ /dag	0.65	0.31	0.65	0.31	0.65	0.23	0.65	0.31
Concentratie P	kg/m ³ /dag	0.09	0.04	0.09	0.05	0.09	0.04	0.09	0.05
Totaal CZV	kg/dag	37.15	37.15	24.01	24.01	47.55	45.60	35.58	35.58
Totaal N	kg/dag	4.02	4.02	4.01	4.01	5.96	4.35	5.94	5.94
Totaal P	kg/dag	0.56	0.56	0.58	0.58	0.83	0.68	0.86	0.86
Geschat aantal i.e.	-	248	248	160	160	317	304	237	237

TABEL 4-7 HOEVEELHEID EN SAMENSTELLING VAN AFVALWATER IN OMALA MAINPARK MET EEN FONTEINWASTAFEL.

		Scenario 1a		Scenario 1b		Scenario 2a		Scenario 2b	
		min scenario	max scenario	min scenario	max scenario	min scenario	max scenario	min scenario	max scenario
Debiet	m ³ /dag	4.83	11.57	4.80	11.54	7.15	17.14	7.12	17.10
Concentratie CZV	kg/m ³ /dag	7.70	3.21	8.68	3.61	7.70	3.21	8.68	3.61
Concentratie N	kg/m ³ /dag	0.83	0.35	0.83	0.35	0.79	0.36	0.83	0.35
Concentratie P	kg/m ³ /dag	0.12	0.05	0.12	0.05	0.10	0.05	0.12	0.05
Totaal CZV	kg/dag	37.15	37.15	41.71	41.71	55.04	55.04	61.79	61.79
Totaal N	kg/dag	4.02	4.02	4.01	4.01	5.62	6.17	5.94	5.94
Totaal P	kg/dag	0.56	0.56	0.58	0.58	0.73	0.88	0.86	0.86
Geschat aantal i.e.	-	248	248	278	278	367	367	412	412

4.3.4 Afvalwater in hotel

In het hotel zullen verschillende activiteiten plaatsvinden die afvalwater produceren:

1. Hotelkamer overnachtingen.
2. Conferenties.
3. Feesten.
4. Hammam bezoeken.

In het hotel wordt afvalwater geproduceerd door gebruik van het toilet, bad, douche en wastafel. Voor het gebruik van bad, douche en wastafel zijn gemiddelde concentraties CZV gebruikt (Tabel 4-8).

TABEL 4-8 GEMIDDELDE CONCENTRATIES CZV BIJ ANDER AFVALWATER DAN TOILETAFVALWATER.

Tappunt	CZV (g/per persoon/d)
Bad	1.2
Wastafel	2.6
Douche	20.6

Bij toepassing van verschillende typen douches en baden in de hotelkamers ontstaan andere hoeveelheden afvalwater. De kleinste hoeveelheid afvalwater ontstaat wanneer er gebruik wordt gemaakt van een waterbesparende douche en standaard bad. De grootste hoeveelheid wordt door een regendouche en whirlpool gegenereerd (zie § 3.5). De hoeveelheid en samenstelling van de minimale en maximale hoeveelheid afvalwater zijn weergegeven in Tabel 4-9.

TABEL 4-9 DE HOEEVELHEID EN SAMENSTELLING VAN HET AFVALWATER VAN HOTELOVERNACHTINGEN.

Parameter	Eenheid	min scenario	max scenario
Debiet	m ³ /dag	47.8	125.3
Concentratie CZV	kg/m ³ /dag	0.8	0.3
concentratie TN	kg/m ³ /dag	0.1	0.0
concentratie TP	kg/m ³ /dag	0.0	0.0
Totaal CZV	kg/dag	37.0	37.0
Totaal N	kg/dag	3.4	3.4
Totaal P	kg/dag	0.5	0.5
Geschat aantal i.e.	-	247	247

Doordat in hotelkamers (buiten het toilet om) veel relatief schoon water wordt weggespoeld, zijn de concentraties in het afvalwater erg laag.

Het afvalwater van een conferentie is berekend voor 500 en voor 900 bezoekers waarbij verschillende typen toiletten gebruikt zijn. Max staat hierbij voor een conventioneel toilet en min voor een waterzuinig/vacuümtoilet.

TABEL 4-10 DE HOEEVELHEID EN SAMENSTELLING VAN HET AFVALWATER BIJ EEN CONFERENTIE MET 500 OF 900 BEZOEKERS.

Parameter	Eenheid	500 min	500 max	900 min	900 max
Debiet	m ³ /dag	6.0	7.5	10.8	13.5
Concentratie CZV	kg/m ³ /dag	0.6	0.5	0.6	0.5
concentratie TN	kg/m ³ /dag	0.1	0.1	0.1	0.1
concentratie TP	kg/m ³ /dag	0.1	0.1	0.1	0.1
Totaal CZV	kg/dag	3.8	3.8	6.8	6.8
Totaal N	kg/dag	0.6	0.6	1.0	1.0
Totaal P	kg/dag	0.8	0.8	1.5	1.5
Geschat aantal i.e.	-	37	34	66	62

Bij een feest is er naast afvalwater van het toilet, ook afvalwater van de wasbak en van afwassen. In Tabel 4-11 is alleen rekening gehouden met de gemiddelde verontreinigingen in het afvalwater van de toiletten.

TABEL 4-11 DE HOEVEELHEID EN SAMENSTELLING VAN HET AFVALWATER VAN EEN FEEST MET 500 OF 900 BEZOEKERS.

Parameter	Eenheid	500 min	500 max	900 min	900 max
Debiet	m ³ /dag	4.4	5.2	5.6	9.3
Concentratie CZV	kg/m ³ /dag	3.8	3.3	5.4	3.3
concentratie TN	kg/m ³ /dag	0.4	0.4	0.6	0.4
concentratie TP	kg/m ³ /dag	0.1	0.1	0.1	0.1
Totaal CZV	kg/dag	16.8	16.8	30.2	30.2
Totaal N	kg/dag	1.9	1.9	3.4	3.4
Totaal P	kg/dag	0.3	0.3	0.5	0.5
Geschat aantal i.e.	-	112	112	201	201

4.3.5 Afvalwater in Leisure Dome

Voor de berekeningen van het afvalwater van de Leisure Dome is uitgegaan van uitsluitend toiletgebruik. Hierbij zijn verschillende bezettingen door georganiseerde evenementen gehanteerd die genoemd staan in § 3.6. In scenario 1 is er geen georganiseerd evenement en maken de bezoekers gebruik van de indoorsport-, familie- en eetfaciliteiten. Scenario 2 gaat uit van het kleinst mogelijke evenement met minimaal 2.000 gasten welke gemiddeld twee keer naar het toilet gaan. Tot slot is gerekend aan het grootst mogelijke evenement in de Leisure Dome, waaraan 27.000 bezoekers deelnemen die per persoon gemiddeld 2,5 keer naar het toilet gaan.

TABEL 4-12 DE HOEVEELHEID EN SAMENSTELLING VAN HET AFVALWATER VAN DE LEISURE DOME TIJDENS VERSCHILLENDE SCENARIO'S MET VERSCHILLENDE APPARATUUR. IN SCENARIO 1 IS ER GEEN EVENEMENT GEORGANISEERD, IN SCENARIO 2 HET KLEINST MOGELIJKE EVENEMENT EN IN SCENARIO 3 HET GROOTST MOGELIJKE.

		Scenario 1		Scenario 2		Scenario 3	
		Waterbespa rende urinoirs	Convention ele Urinoirs	Waterbespa rende urinoirs	Convention ele Urinoirs	Waterbespa rende urinoirs	Convention ele Urinoirs
Debiet	m ³ /dag	47	55	67	79	333	396
Concentratie CZV	kg/m ³ /dag	5.76	4.84	5.76	4.84	5.76	4.84
Concentratie TN	kg/m ³ /dag	0.45	0.38	0.45	0.38	0.45	0.38
Concentratie TP	kg/m ³ /dag	0.06	0.05	0.06	0.05	0.06	0.05
Totaal CZV	kg/dag	268.00	268.00	384.66	384.66	1916.20	1916.20
Totaal N	kg/dag	21.15	21.15	30.36	30.36	151.25	151.25
Totaal P	kg/dag	2.69	2.69	3.86	3.86	19.22	19.22
Geschat aantal i.e.	-	1787	1787	2564	2564	12775	12775

Bij de berekeningen aan het afvalwater van de Leisure Dome is alleen rekening gehouden met de toiletten. Hierdoor zijn de concentraties vrij hoog ten opzichte van de concentraties

in het hotel afvalwater (zie § 4.3.4). De concentraties zullen in werkelijkheid waarschijnlijk lager zijn omdat er ook eetfaciliteiten in de Leisure Dome aanwezig zijn. Bij deze eetfaciliteiten zal door de bereiding van voedsel en mogelijke afwas relatief schoon afvalwater wordt gevormd. Hierbij is echter nog geen rekening gehouden met het mogelijk toevoegen van organisch afval en biologisch afbreekbaar servies en bestek.

4.3.6 Afvalwater gecombineerd van LA/OMALA

Uiteindelijk is het van belang om de hoeveelheid en samenstelling van het afvalwater van de verschillende onderdelen op het terrein van LA/OMALA samen te weten. Hierbij moet rekening gehouden worden met de groei van het vliegveld LA. Daarnaast zijn er verschillende scenario's mogelijk voor het hotel met feesten en conferenties en voor de Leisure Dome. Om toch een inzicht in het afvalwater te krijgen is berekend wat de minimum hoeveelheid afvalwater in groeiscenario N2 zal zijn en wat het minimum en maximum in groeiscenario N3 kan zijn. Dit is weergegeven in Tabel 4-13.

TABEL 4-13 DE HOEVEELHEID EN SAMENSTELLING VAN HET AFVALWATER VAN LA/OMALA BIJ EEN MINIMUM VERBRUIK VOOR GROEISCENARIO N2 EN EEN MINIMUM EN MAXIMUM VERBRUIK VOOR GROEISCENARIO N3.

		Groeiscenario N2		Groeiscenario N3	
		Minimum water-verbruik	Minimum water-verbruik	Maximum water-verbruik	Maximum water-verbruik
Debiet	m ³ /dag	138,72	162,69	760,27	
Concentratie CZV	kg/m ³ /dag	4,14	5,63	19,15	
Concentratie TN	kg/m ³ /dag	0,38	0,53	1,61	
Concentratie TP	kg/m ³ /dag	0,06	0,08	0,23	
Totaal CZV	kg/dag	574,98	781,39	2656,20	
Totaal N	kg/dag	53,14	73,28	223,93	
Totaal P	kg/dag	8,32	11,17	31,46	
Geschat aantal i.e.	-	3.833	5.209	17.708	

4.4 Berekeningen afvalwaterzuiveringsinstallatie

Afhankelijk van de afspraken met het waterschap en de ambities van LA/OMALA kan gekozen worden voor een afvalwaterzuiveringsinstallatie op het terrein zelf, of voor de aanleg van riolering om het afvalwater naar de zuiveringsinstallatie van Lelystad te brengen. Om deze keuze te maken is het van belang om een indicatie te hebben van de kosten van beide opties. Daarnaast is bij een afvalwaterzuiveringsinstallatie op het terrein zelf een vergelijking gemaakt met een traditionele RWZI en de verschillende groeiscenario's voor de zuiveringsinstallatie uit § 4.2.5.

Voor de vergelijking is uitgegaan van afvalwater van 3.800 i.e. bij groeiscenario N2 oplopend tot 16.000 - 18.000 i.e. bij groeiscenario N3 zoals weergegeven in §4.3.6. Hierbij is de afvalwaterstroom van de de-icing niet meegenomen in de berekeningen. Deze heeft een hoog CZV gehalte en zal in de winter dus tot hogere i.e. leiden. In het waterstructuurplan is berekend dat er voor een winter met relatief veel koude dagen (51-52 dagen) rekening gehouden moet worden met een extra 1.100 kg CZV belasting per winterdag. Dit komt neer op meer dan 7.000 i.e. per winterdag extra, wanneer al het afvalwater zou worden verzameld.

Gemiddeld over het jaar betekent dit een toename met gemiddeld circa 1.000 i.e. per dag extra wanneer van een relatief koude winter uitgegaan wordt. Normaliter zal het aantal i.e. lager liggen.

Voor een traditionele RWZI bestaande uit actief slib zuivering liggen de investeringskosten tussen de 300 en 600 euro per i.e. (TU Delft, 2008). Deze kosten dekken ook de vergunningen en het advies. Aangezien het hier een kleine schaal betreft, zullen de kosten aan de bovenkant van de kostenrange liggen. Dit zal dus ongeveer uitkomen op $(3.800 * 600) 2,3$ miljoen euro. Wanneer de RWZI gebouwd wordt om het maximale aantal i.e.'s in groeiscenario N3 te behandelen, zullen de investeringskosten oplopen tot $(18.000 * 600) 10,8$ miljoen euro. Daarnaast bedragen de operationele kosten ongeveer 10 tot 15 euro per i.e. per jaar. Dit resulteert in een kostenpost van gemiddeld $(3.800 * 12,50) 47.500$ euro per jaar voor groeiscenario N2 en tot 225.000 euro per jaar voor het maximale groeiscenario N3.

Wanneer de riolering aangepast en vergroot wordt om het afvalwater naar de AWZI in Lelystad te transporteren, zal dit minimaal 2 miljoen euro kosten zoals becijferd in § 2.4.1.5. Als via de riolering het ongezuiverde afvalwater wordt geloosd op de AWZI Lelystad is aan Waterschap Zuiderzeeland een jaarlijkse zuiveringsheffing verschuldigd van 218.000 euro $(3.800 * 57,38)$ in groeiscenario N2 oplopend naar 1,03 miljoen euro $(18.000 * 57,38)$ in groeiscenario N3, uitgaande van het tarief voor 2016.

4.4.1 Berekningen energie scenario (Groeiscenario 1)

Het energiescenario is gebaseerd op het Waterschoon concept wat in Sneek is gerealiseerd. In Sneek wordt het afvalwater van huishoudens, aangevuld met keukenafval, in een vergistingsinstallatie omgezet in biogas (zie ook Bijlage III). Om een effectieve omzetting naar biogas te bereiken is het belangrijk dat de CZV concentratie hoog genoeg is. Omdat het afvalwater van de vertrekhal een hogere CZV concentratie zal hebben dan bij Waterschoon is behaald (§ 4.3.1), kan worden aangenomen dat ditzelfde concept effectief zal werken. Hiervoor is het zelfs niet nodig om vacuümtoiletten met druk riolering te gebruiken, wat tot een investerings- en energiekostenbesparing zal leiden.

De investering in Sneek, waarbij circa 600 woningen zijn aangesloten, bedroeg 1,96 miljoen euro (zie Bijlage III). Deze investering is uitgesplitst over het inzamelsysteem, de woningen en de zuivering. De kosten voor alleen de zuiveringsinstallatie bedroegen 1,27 miljoen euro. Hierbij moet wel opgemerkt worden dat het een pilotinstallatie betreft, welke bij herhaalde realisatie kan worden geoptimaliseerd. Wanneer de optimalisatie zouden worden doorgevoerd en er 1.200 inwoners zouden worden aangesloten, worden de totale kosten van de investering geschat op 2,24 miljoen euro (zie Bijlage III, Witteveen en Bos, 2014). Hiervan is voor de zuivering slechts 800.000 euro becijferd.

Zoals eerder genoemd zal bij LA/OMALA een afvalwaterstroom van ongeveer 3.800 i.e. verkregen worden in groeiscenario N2. Rekening houdend met 'economies of scale', waarbij grotere schaal goedkoper is dan kleinere schaal en het feit dat dure vacuüm riolering niet nodig is, kan er vanuit worden gegaan dat investeringskosten voor LA/OMALA relatief gezien lager zullen zijn dan de berekende kosten van de realisatie van Waterschoon. Uitgaande van een verhoging van 30% van de kosten wanneer de schaal verdubbeld, zou dit voor de zuiveringsinstallatie nodig voor vliegveld en OMALA betekenen dat de schaal twee keer moet verdubbelen en dat de investering ongeveer $(800.000 * 1,3 * 1,3) 1,4$ miljoen euro voor 4.800 inwoners is. Dit is goedkoper dan wat berekend was voor de traditionele zuivering al kan er meer behandeld worden dan in de traditionele zuivering.

Bij de zuiveringsinstallatie van Waterschoon in Sneek is gebruik gemaakt van een A/B trap voor verdere zuivering van het grijswater en het afvalwater van de vergistingsinstallatie. Deze A/B trap was niet optimaal volgens de evaluatie van Waterschoon (zie Bijlage III, Witteveen en Bos, 2014). Hierdoor is deze optie niet gekozen voor Groeiscenario 1 (zie § 4.2.5) maar voor chemische verwijdering. Dit zal ook invloed op de kosten hebben. De chemische verwijdering zal lagere investeringskosten hebben, maar wel hogere operationele kosten. Afhankelijk van de groei van LA/OMALA en de ontwikkelingen van alginaat terugwinning bij een Nereda®, zal overgestapt worden van chemische verwijdering naar een Nereda®.

4.4.2 Berekeningen Nereda®

Zoals genoemd in § 4.2.5 is de Nereda® techniek geschikt voor de verdere zuivering van het grijswater en het effluent van de vergister omdat het een kleiner oppervlak nodig heeft dan een traditioneel actief slib systeem (ongeveer de helft zo klein) en het heeft circa 20% minder energie nodig (STOWA, 2013-29). Hierdoor is het systeem ongeveer 15% goedkoper in investering en onderhoud dan een traditioneel actief slib systeem (<http://www.stowa-selectedtechnologies.nl/Sheets/Sheets/Aerobic.Granular.Sludge.Process.html>). De investeringskosten en operationele kosten zullen lager zijn dan bij een traditionele RWZI. De investeringskosten voor de traditionele zuivering waren geschat op 2,3 miljoen euro voor groeiscenario N2, wat inhoudt dat het met een Nereda® systeem 1,9 miljoen euro zal kosten. Daarnaast zouden de operationele kosten verlaagd worden met (15% van 47.500) 7.125 euro wat resulteert in ongeveer 40.000 euro per jaar.

Daarnaast kan Nereda® ook modulair gebouwd worden wat het geschikt maakt voor het groeiende terrein. Bovendien is de Nereda® techniek op dit moment de enige zuiveringstechnologie waarbij de mogelijkheid bestaat om een grondstof terug te winnen (zie ook § 4.2.2).

Voor een goede bedrijfsvoering van de Nereda®, zijn specifieke verhoudingen tussen CZV, N en P nodig. Daarnaast moet ook een juiste hydraulische selectiedruk gevoerd worden (STOWA, 2013-29). Dit om ervoor te zorgen dat er een goede korrelvorming is en deze korrels ook in stand gehouden worden. De concentraties die door Morgenroth et al. (1997) worden genoemd, zijn 400 mg CZV/L, 22 mg N/L en 3,6 mg P/L. Pronk et al. (2015) hebben een full scale Nereda® ontworpen voor een waterzuiveringsinstallatie met de concentratie in het afvalwater als genoemd in Tabel 4-14 (506 mg CZV/L, 49,4 mg N/L, 6,7 mg P/L).

TABEL 4-14 INFLUENT EN EFFLUENT CONCENTRATIE IN DE FULL SCALE NEREDA® IN GARMERWOLDE, NEDERLAND.

Parameter	Influent				Effluent	
	Min. [mg L ⁻¹]	Max. [mg L ⁻¹]	Average [mg L ⁻¹]	Load [kg d ⁻¹]	Effluent requirements [mg L ⁻¹]	March–December 2014 average [mg L ⁻¹]
Suspended Solids	101	465	236	8,000	30	20
COD	146	715	506	14,636	125	64
BOD ₅	60	420	224	5,495	20	9.7
Total Phosphorus	1.9	9.7	6.7	212	1	0.9
PO ₄ ³⁻ -P dissolved	1.5	6.8	4.4		–	0.4
Total Nitrogen	14	81	49.4	1,387	7	6.9
NH ₄ ⁺ -N dissolved	13.4	56.5	39.0		–	1.10

Het is dus van belang om ervoor te zorgen dat er na de vergisting nog genoeg CZV in het water zit om een goede korrelvorming te garanderen. Dit kan door de stromen te scheiden en niet alles door de vergisting te halen of door het materiaal niet helemaal te laten vergisten in de vergistingsinstallatie. Een andere mogelijkheid is om de glycol en kaliumformiaat afvalwaterstroom niet mee te vergisten, maar direct naar de Nereda® te leiden. In deze stroom zit veel CZV wat voor een goede verhouding kan zorgen en is tevens goed regelbaar (zie ook § 4.4). Een nadeel hiervan is dat het een relatief kleine stroom betreft die alleen in de winter tijdens koude dagen beschikbaar zal zijn. Het kan riskant zijn om op deze stroom te rekenen voor een goede operatie van het Nereda® systeem.

4.4.3 Berekeningen grondstoffenscenario

Niet alle technieken die in het grondstoffenscenario worden beschreven, zijn op dit moment al op volle schaal in gebruik of op praktijkschaal getest, zoals ook beschreven in § 4.2.2. Aangezien opschaling andere investerings- en operationele kosten met zich meebrengt, zijn er voor dit stadium van het onderzoek geen schattingen gemaakt voor de technieken die niet op volle schaal worden toegepast. Er is alleen een schatting gemaakt voor de winning van struviet en cellulose. Een indicatie voor de productie van bioplastics is wel gegeven, omdat recentelijk onderzoek is gedaan naar de financiële haalbaarheid van het proces (STOWA, 2014-10).

4.4.3.1 Terugwinning cellulose

Voor de terugwinning van cellulose uit het afvalwater kan er een fijnzeef-installatie geplaatst worden in plaats van een voorbezinktank. Deze fijne zeven zijn getest op 'traditionele' RWZI's met een normale verdunde afvalwaterstroom. De werking van een fijne zeef ten behoeve van het terugwinnen van cellulose op een meer geconcentreerde stroom is niet bekend. Het is aannemelijk dat er meer door de zeef wordt tegengehouden, wat een hogere opbrengst van zeefgoed genereert. Het is daarbij niet duidelijk of dit vooral cellulose bestanddelen zijn of andere delen. Daarnaast zal bij het gebruik van een decentrale zuiveringsinstallatie de verblijftijd van het afvalwater in de riolering kleiner zijn. Dit zal mogelijk ook effect hebben op de mate van de ontbinding van materialen in de riolering, immers als de tijd in het riool verkort wordt, kan er minder ontbinding plaatsvinden. Desalniettemin zijn voor de berekeningen van de terugwinning van cellulose de kentallen van een STOWA-rapport als uitgangspunt genomen (STOWA, 2006-16).

De kosten voor het stichten van een voorbezinktank zijn nagenoeg gelijk zijn aan de kosten voor een fijn zeef (20,8 miljoen euro vs. 21,3 miljoen euro, voor een installatie van 60.000 inwoners) (STOWA, 2006-16). Ook de operationele kosten zijn ongeveer gelijk, namelijk 2,6 miljoen euro voor de voorbezinktank tegenover 2,4 miljoen euro voor de fijn zeef. In de berekeningen van STOWA zijn de opbrengsten van biogas - van het primaire slib wanneer een voorbezinktank wordt geplaatst - en de opbrengsten van de verkoop van cellulose - door plaatsing van een fijne zeef - niet meegenomen (STOWA, 2006-16). Of deze opbrengsten onderscheidend kunnen zijn, is daarom niet bekend.

Voorlopig wordt zeefgoed nog als een afvalproduct gekenmerkt en moet voor de verdere verwerking betaald worden. Zolang dat nog de situatie is, kan het beter vergist worden en omgezet in biogas.

4.4.3.2 Productie van struviet

Voor de afvalwaterzuiveringsinstallatie op Schiphol is berekend wat de kosten en opbrengsten zouden zijn van de struviet productie (KWR, 2015.056). Hierbij is uitgegaan van jaarlijks 50 miljoen passagiers en jaarlijks 1,5 miljoen m³ afvalwaterproductie. Dit komt overeen met 45.000 inwonerequivalenten. Dat is ruim 10 keer zoveel als in groeiscenario N2 wordt verwacht voor LA inclusief OMALA en dit wordt ook niet gehaald bij groeiscenario N3. De vracht waaruit in de pilotstudie op Schiphol struviet gewonnen wordt bedraagt 69 kg P/dag. Er wordt hierbij een effluent vracht van 5 kg P/dag gehanteerd. Ter vergelijking, er wordt een vracht variërend van 10 tot 30 kg P/dag verwacht over de verschillende scenario's.

In de situatie berekend voor Schiphol bedragen de kosten voor chemische P-verwijdering jaarlijks netto ruim 200.000 euro. Hierbij wordt geen struviet gevormd, maar 64 kg P per dag verwijderd, wat inhoudt dat de kosten 8,50 euro per kg P zijn. Wanneer biologische fosfaatverwijdering wordt toegepast en vervolgens door toevoeging van MgCl₂ struviet wordt gevormd, dalen de jaarlijkse kosten tot ongeveer 160.000 euro exclusief de opbrengst aan struviet van ongeveer 8.000 euro. Hierbij is aangenomen dat 50% van de fosfaat omgezet kan worden in struviet. De netto kosten bedragen dan 152.000 euro per jaar wat overeenkomt met 6,50 euro per kg P. Indien een fosfaatstripper wordt toegevoegd bedragen de jaarlijkse kosten circa 150.000 euro doordat er minder slib hoeft worden afgevoerd. De opbrengst verdubbeld tot ongeveer 15.000 euro, wat resulteert in 5,80 euro per kg P. Dit is gebaseerd op de productie van een hoge kwaliteit struviet met een marktwaarde van 200 €/ton. De terugverdientijd van alleen de struviet winning is berekend op 4,3 jaar. Wanneer hierbij de fosfaatstripper wordt toegevoegd, stijgt de terugverdientijd naar 4,7 jaar, omdat de investering 100.000 euro hoger is.

Doordat de schaal bij LA/OMALA ten opzichte van Schiphol zeker de helft kleiner is of zelfs maar 15% bedraagt, zal de terugverdientijd langer zijn. Dit omdat relatief gezien een kleinere schaal duurder is. De jaarlijkse kosten voor chemicaliën en slibafvoer zullen wel lager zijn, maar dit leidt ook tot een lagere opbrengst.

Als er uitgegaan wordt van de maximale hoeveelheid afvalwater bij groeiscenario N3, dan zal de vracht van fosfaat ongeveer 31 kg P/dag zijn. Om een effluent te behalen van 5 kg P/dag, moet er 26 kg P/dag verwijderd worden. De kosten voor de chemische verwijdering zouden dan ongeveer (8,50 * 365 * 26) 81.000 euro zijn. Wanneer gebruik gemaakt wordt van biologische fosfaatverwijdering en vorming van struviet zullen deze kosten verminderen tot ongeveer (6,50 * 365 * 26) 62.000 euro. De laagste kosten worden behaald met de fosfaatstripper waarbij ongeveer (5,80 * 365 * 26) 55.000 euro zal zijn. Hierbij is geen rekening gehouden met de hogere kosten door het gebruik van een kleinere schaal.

4.4.3.3 Productie van bioplastics

In het grondstoffenscenario worden bioplastics geproduceerd welke weer gebruikt kunnen worden in verpakkingsmaterialen. De huidige marktprijs van PHA is circa 4 tot 5 euro per kg biopolymeer (STOWA, 2014-10). Volgens onderzoek van STOWA (STOWA, 2014-10) zal bij het gebruik van een mixed culture voor de productie van PHA een verkoopprijs van 2,5 €/kg kostendekkend zijn, wanneer het een groene weide situatie betreft. Wanneer een bestaande zuiveringsinstallatie wordt uitgebreid zal deze verkoopprijs verhoogd moeten worden tot 5,3 €/kg. Deze verkoopprijzen zijn exclusief de opwerking van PHA. Door de opwerking toe te voegen, worden de prijzen verhoogd tot 5,7 en 8,5 €/kg voor de groene weide respectievelijk een bestaande zuiveringsinstallatie. Hierbij moet wel vermeld worden dat deze prijzen zijn gebaseerd op een afvalwaterstroom van 10.000.000 inwonerequivalenten. Voor een kleinere schaal zullen de kostendekkende verkoopprijzen hoger moeten liggen. Op basis hiervan kan worden geconcludeerd dat op dit moment met de huidige kennis de productie van bioplastics bij LA/OMALA te duur is.

4.5 Conclusie afvalwaterzuiveringsinstallatie

De hoeveelheid passagiers en bezoekers en daarmee de hoeveelheid afvalwater groeit in de tijd van ongeveer 3.800 naar maximaal 18.000 inwoner equivalenten. Het is belangrijk dat de afvalwaterzuiveringsinstallatie mee kan groeien met de toename in de hoeveelheid afvalwater. De afvalwaterzuiveringsinstallatie kan initieel gebaseerd worden op het energiescenario (§ 4.2.1) om in de tijd door te groeien naar het grondstoffenscenario (§ 4.2.2).

Door gebruik te maken van waterbesparende of vacuümtoiletten (zie ook Hoofdstuk 3), kan een hoog geconcentreerde afvalwaterstroom verkregen worden. Hieraan kan ook het afvalwater uit vliegtuigen, (organisch) afval van restaurants en de afvalwaterstroom met glycol en kaliumformiaat aan toegevoegd worden. Om deze stromen efficiënt te transporteren kan een nieuw inzamelingsconcept met smallere buizen als riolering toegepast worden. Uit de geconcentreerde stroom kan middels vergisting duurzaam energie gewonnen worden, in de vorm van biogas (CH_4 en CO_2).

Een vergistingsinstallatie kan meegroeien wanneer initieel een relatief grote installatie met een langere verblijftijd wordt gebruikt. Naarmate er meer afvalwater geproduceerd wordt, kan de verblijftijd verkort worden en zal het volume van de installatie toch voldoende zijn. Aangezien de vergistingsinstallatie ook de afvalwaterstroom met glycol en kaliumformiaat kan verwerken, is het een goede optie voor het vliegveld. Daarnaast is gebleken dat er meer CZV verzameld kan worden dan in het project Waterschoon gebeurde, waardoor de vergistingsinstallatie efficiënt kan werken. Hierbij is nog geen rekening gehouden met het verwerken van composteerbaar servies of maaisel wat de biogasopbrengst verder verhoogd. Bij verbranding van het geproduceerde biogas in een gasmotor, komt – naast elektriciteit – (meer) dan voldoende warmte vrij om de vergistingsinstallatie op temperatuur te houden.

De technologieën om grondstoffen terug te winnen, zijn op dit moment nog niet ver genoeg ontwikkeld om op kleine schaal kosteneffectief toe te passen. Daarom kan er voor de genoemde terug te winnen grondstoffen (nog) geen sluitende business case gemaakt worden. Dit zal het vinden van een externe partij om de decentrale afval(water)zuiveringsinstallatie te bouwen en te beheren bemoeilijken.

Een decentrale afvalwaterzuiveringsinstallatie vergt ook ruimte die ingepast moet worden in het plangebied. Daarnaast zal de te realiseren riolering afhankelijk zijn van de keuzes voor een afvalwater behandeling (decentraal of centraal, energiescenario of traditioneel).

Als het gezuiverde afvalwater gedesinfecteerd wordt, kan het water hergebruikt worden voor irrigatie of koelsystemen. Omdat de prijs van water in Nederland gering is - er is immers geen watertekort - zal het lastig zijn om hiervoor een sluitende business case te maken. Door de herkomst van het water kenbaar te maken, kan het hergebruik van water zichtbaar gemaakt worden, vanuit de lucht en vanaf de grond. Ditzelfde geldt voor de waterzuivering.

De duurzame waterketen kan versterkt worden door ervoor te zorgen dat er lokale afnemers zijn voor de vrijkomende grondstoffen. Vliegveld Lelystad zou bijvoorbeeld als launching customer kunnen optreden voor toiletpapier gemaakt met cellulose gewonnen uit het afvalwater. Struviet gemaakt in de afvalwaterzuiveringsinstallatie zou afgezet kunnen worden bij agrariërs in de omgeving. Op termijn zou mogelijk ook alginaat, gewonnen uit het overtollige slib van de Nereda® installatie, toegepast kunnen worden bij bouwactiviteiten.

Wanneer de afvalwaterstroom van LA/OMALA getransporteerd zou worden naar de AWZI in Lelystad, dan kan de schaalvergroting mogelijkheden bieden om een sluitende business case te maken voor grondstofterugwinning. Dit zou LA/OMALA ook ontzorgen omdat er geen externe partij gevonden hoeft te worden voor het beheer van de installatie. Een nadeel van het gebruik van de afvalwaterstroom op de AWZI in Lelystad is dat de zichtbaarheid verdwijnt bij LA/OMALA.

De AWZI Lelystad heeft met de huidige 2 actiefslibtanks capaciteit beschikbaar om de afvalwaterstroom van LA/OMALA te verwerken, mogelijk tot en met groeiscenario N2 (2033). Daarna zal ook de derde actiefslibtank in gebruik genomen moeten worden. Uitgaande van het tarief van 2016 is dan zuiveringsheffing verschuldigd van 218.000 euro ($3.800 * 57,38$) in groeiscenario N2 oplopend naar 1,03 miljoen euro ($18.000 * 57,38$) in groeiscenario N3.

Aansluiting op de AWZI Lelystad vergt wel dat het riool transportstelsel aangepast en vergroot wordt. De kosten hiervan zijn door de gemeente Lelystad gecalculeerd op circa 2 miljoen euro, exclusief de vrij verval riolering voor de inzameling en afvoer van het afvalwater per gebouw en uitbreiding van de capaciteit van rioolgemaal Waranda en mogelijk ook rioolgemaal De Griend in beheer bij Waterschap Zuiderzeeland.

Waterschap Zuiderzeeland heeft op dit moment (nog) geen concrete plannen om grondstoffen te gaan terugwinnen op de AWZI Lelystad. Mogelijk kan aansluiting van LA/OMALA dit initiëren. Een andere mogelijkheid zou zijn dat er subsidies gevonden worden die eraan bijdragen om deze kansen toch te benutten en zodoende de circulaire economie lokaal een impuls te geven en een transitie in gang te zetten. Tot slot zal de publieke acceptie van teruggewonnen grondstoffen (zoals toiletpapier uit afvalwater) gerealiseerd moeten worden.

De kosten voor de realisatie van de lokale afvalwaterzuiveringsinstallatie bij groeiscenario N2 bedragen ongeveer 2,3 miljoen euro, vermeerderd met de jaarlijkse operationele kosten van ongeveer 47.500 euro per jaar. Voor het energiescenario zijn de kosten gebaseerd op het Waterschoon concept in Sneek. De investering nodig voor de zuiveringsinstallatie van LA/OMALA wordt geschat op ongeveer 1,4 miljoen euro en kan meer dan de verwachte 3.800 i.e. behandelen.

Niet alle technieken beschreven in het grondstoffenscenario zijn al op praktijkschaal toegepast. De prijs voor de technologie, maar ook de prijs voor de teruggewonnen grondstoffen en andere opbrengsten zijn (nog) niet voldoende bekend. De kosten voor realisatie van het grondstoffenscenario zijn daarom niet bepaald.

Deel II: Bodemenergie

5 Gebouwen en energievraag

De precieze energievraag van de gebouwen valt lastig te voorspellen. Om iets te kunnen zeggen over de energiehuishouding in het gebied is het echter wel nodig om een inschatting te hebben van de omvang van de energievraag en wat het ruimtebeslag van alle bodemenergiesystemen zal worden. In dit Hoofdstuk is daarom een inschatting gedaan van de energievraag van de gebouwen op het LA-terrein en beide OMALA-terreinen.

5.1 Benodigde koel en verwarmingsvraag

Voor het hele gebied van OMALA en LA zijn er 3 ontwikkelingen die concreet genoeg zijn om de energievraag te kunnen berekenen. Voor de rest van het gebied moet daarom op basis van kentallen en aannamen een inschatting worden gemaakt. Voor het bepalen van de energievraag is uitgegaan van zowel de fase N2 als ook de eindsituatie (N3).

5.1.1 Terminal LA

Voor de terminal van LA is zijn de ontwerptekeningen die door LA zijn aangeleverd gebruikt om de oppervlakten en energievraag te bepalen (RoyalHaskoningDHV, 2015; EindhovenAirport, 2005, 2014). Ook zijn de kentallen die volgen uit de gegevens van Luchthaven Eindhoven gebruikt. Beide uitgangspunten (N2/N3) geven een verschillende energievraag voor het verwarmen en koelen van de terminal. Voor beide energievragen is vastgesteld hoeveel bodemenergie nodig is om aan die energievraag te voldoen en wat globaal het ruimtebeslag in de bodem is (zie Tabel 5-1).

TABEL 5-1 ENERGIEVRAAG TERMINAL LA

Gebouw(en)	BVO	koelvraag	verwarmingsvraag	
TERMINAL (N3)	26.400	1.297.106	1.602.295	[kWh]
E-vraag bodem		1.037.685	600.861	[kWh]
volume grondwater		223.265	129.279	[m ³]
TERMINAL (N2)	13.200	695.189	845.003	[kWh]
E-vraag bodem		556.152	316.876	[kWh]
volume grondwater		119.660	68.178	[m ³]

Verwacht mag worden dat de vraag naar koeling en verwarming ongeveer even groot is. Echter doordat het grootste deel van de koelvraag door de bodem wordt ingevuld, wordt er meer warmte in de bodem opgeslagen dan eruit wordt onttrokken. LA zal dus op één of andere manier warmte moeten lozen (=koelcapaciteit invangen).

5.1.2 OMALA AGC

De totale energievraag van de gebouwen op AGC zoals bepaald in Hoofdstuk 2, is weergegeven in Bijlage IV en samengevat in Tabel 5-2.

TABEL 5-2 ENERGIEVRAAG GEBOUWEN AGC

Gebouw(en)	koelvraag	verwarmingsvraag	koelvraag	verwarmingsvraag	
	<i>met game changers</i>		<i>zonder game changers</i>		
E-vraag	17.852.147	22.314.599	12.885.272	18.754.599	[kWh]
E-vraag bodem	14.281.717	8.367.975	10.308.217	7.032.975	[kWh]
volume grondwater	3.072.806	1.800.425	2.217.881	1.513.191	[m ³]

Uit Tabel 5-2 blijkt dat de 3 game changers inderdaad flinke invloed hebben op de energievraag en de balans in energievraag. Ook in het AGC gebied moeten de gebouwen zorgen dat ze koelcapaciteit extra invangen om in de zomer aan hun koelbehoefte te kunnen voldoen. Op gebiedsniveau zorgt het data centrum voor een groot overschot aan warmte. Als deze er niet komt is de energiebalans in de bodem vrijwel in balans. Als het zwemparadijs niet wordt gerealiseerd wordt de onbalans in de vraag naar koeling en verwarming in het gebied groter.

5.1.3 OMALA MA6

De totale energievraag van de gebouwen op MA6 is weergegeven in Bijlage IV en samengevat in Tabel 5-3. Er is een netto verwarmingsvraag, maar door de grotere bijdrage van de bodem in de totale koelvraag is de opslag in de bodem redelijk in balans. Als we op individueel gebouwniveau kijken blijkt dat er gebouwen zijn die een veel groter warmte vraag maar ook met een veel grotere koelvraag. Het onderling uitwisselen van energie moet dus mogelijk zijn/worden gestimuleerd om eventuele tekorten/overschotten van thermische energie zo optimaal/duurzaam mogelijk in te vullen.

TABEL 5-3 ENERGIEVRAAG GEBOUWEN MA6

Gebouw(en)	koelvraag	verwarmingsvraag	
E-vraag	5.646.136	9.848.354	[kWh]
E-vraag bodem	4.516.909	3.693.133	[kWh]
volume grondwater	971.843	794.602	[m ³]

5.2 Verdeling van de energievraag over het jaar.

De energievraag is vastgesteld op basis van kentallen. Om te kunnen vaststellen wat de uitwisselingspotentie is, is het van belang om vast te stellen wat de verdeling is van de energievraag over het jaar. Hiertoe wordt het gemiddelde aantal graaddagen voor verwarming en koeling per maand bepaald zodat de totale energievraag naar rato van graaddagen kan worden verdeeld.

Het aantal graaddagen is de som van de afwijkingen ten opzichte van 17°C voor alle dagen waarop de gemiddelde temperatuur lager of hoger is dan 17°C. Bijvoorbeeld een dagtemperatuur van 14°C draagt 3 graden bij, een dagtemperatuur van -3°C draagt 20 graden bij voor de graaddagen voor verwarming. Hetzelfde geldt voor temperaturen boven

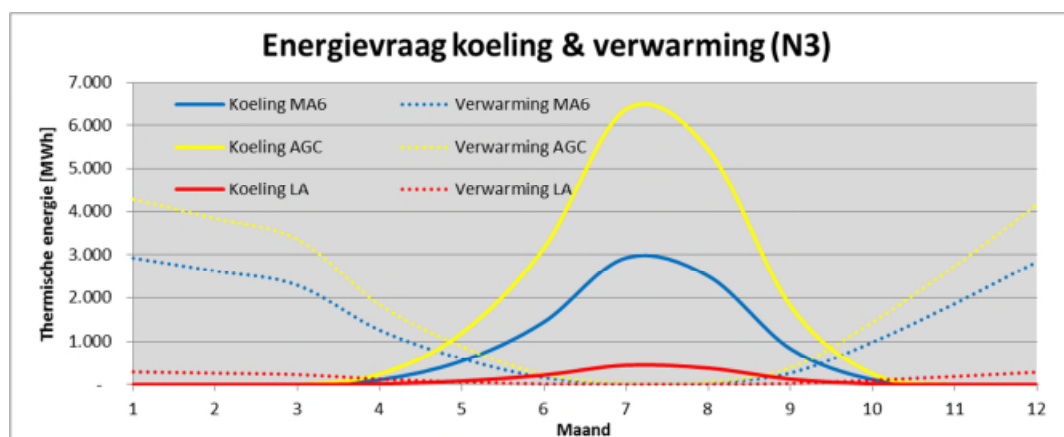
de 17°C voor koeling. In Bijlage V is nader toegelicht hoe de graaddagen zijn bepaald en hoe het gemiddelde gebruik is berekend.

De ratio van graaddagen en daarmee de energievraag verdeling is weer gegeven in Tabel 5-4. Hieruit blijkt dat de verwarmingsvraag zich meer uitspreid over het jaar dan de vraag naar koeling.

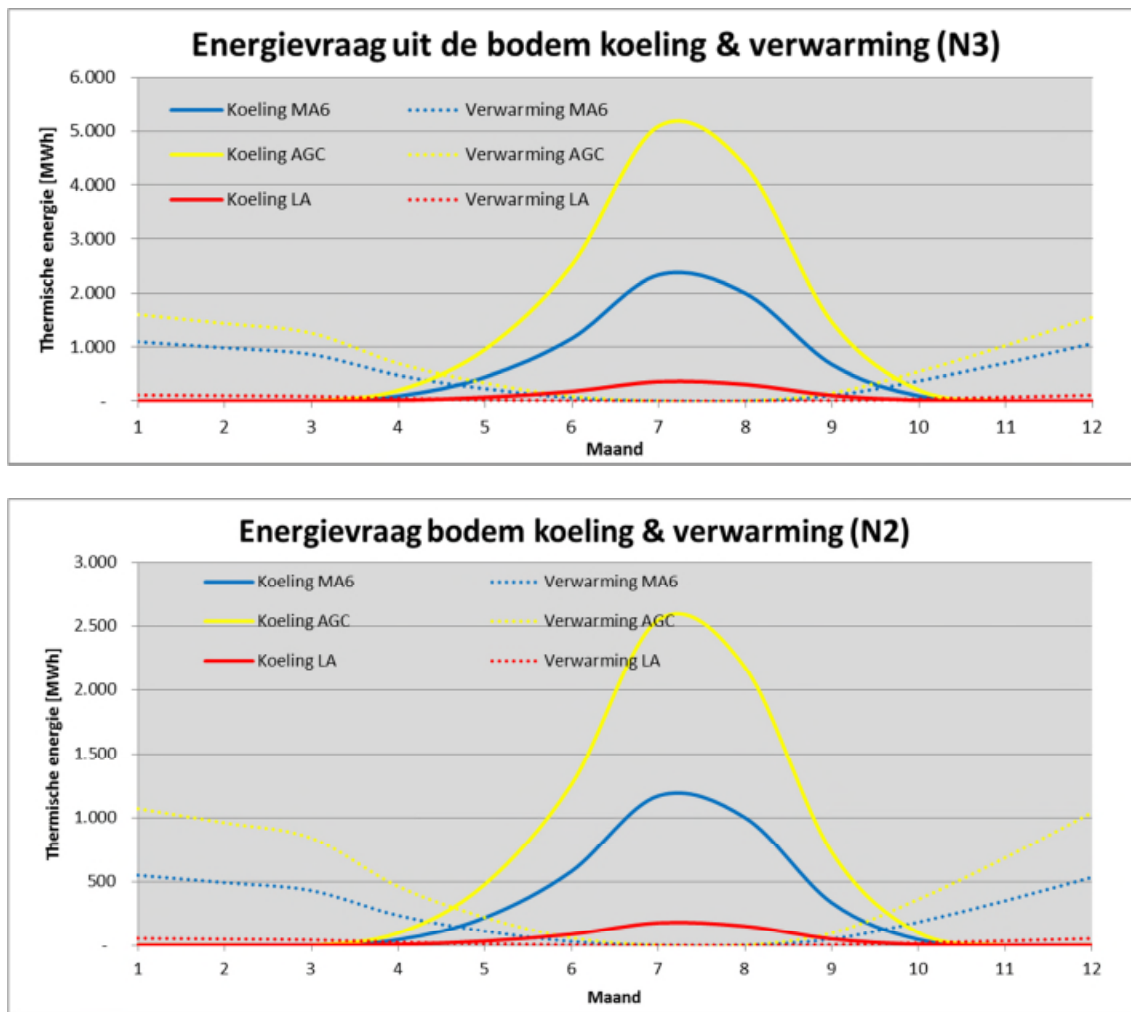
TABEL 5-4 RATIO VAN ENERGIEVRAAG VERDELING OVER DE MAANDEN OP BASIS VAN GRAADDAGEN [KNMI].

Maand	Verwarming	Koeling
Januari	0,18	0,00
Februari	0,16	0,00
Maart	0,14	0,00
April	0,08	0,01
Mei	0,04	0,06
Juni	0,01	0,17
Juli	0,00	0,34
Augustus	0,00	0,29
September	0,02	0,10
Oktober	0,06	0,01
November	0,12	0,00
December	0,18	0,00

De energievraag van de gebouwen in de verschillende deelgebieden is vermenigvuldigd met de factoren in Tabel 5-4 om het verloop van de energievraag over het jaar te krijgen. In Figuur 5-1 en Figuur 5-2 is het verloop van de energievraag weergegeven.

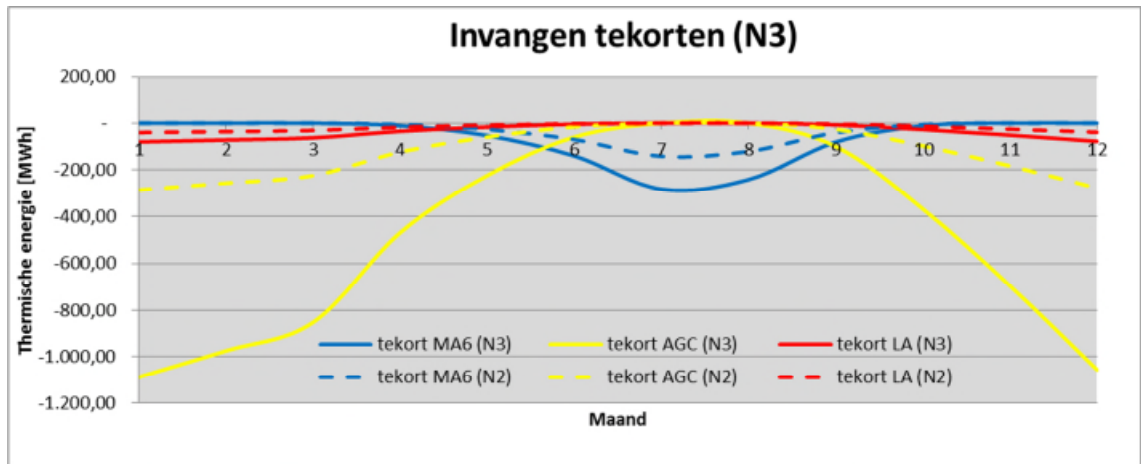


FIGUUR 5-1. ENERGIEVRAAG PER DEELGEBIED, FASE N3



FIGUUR 5-2. VEREISTE OPSLAG VAN ENERGIE IN DE BODEM VOOR FASEN N3 EN N2

Door de koel en verwarmingsvraag van de bodem van elkaar af te trekken wordt inzichtelijk hoe groot de onbalans in het gebied is. Door deze onbalans ook weer te koppelen aan de graaddagen (in dit geval voor alle deelgebieden voor koeling) wordt inzichtelijk in welk deel van het jaar hoeveel thermische energie extra moet worden opgeslagen in de bodem om aan de vraag te kunnen voldoen, zie Figuur 5-3. Vooral in de wintermaanden moet er dus extra koelcapaciteit worden ingevangen om in de zomer aan de verwachte koelvraag te kunnen voldoen.



FIGUUR 5-3. MOMENT DAT ONBALANS IN ENERGIEVRAAG HET BESTE KAN WORDEN INGEVANGEN

6 Invulling thermische energievraag

In dit Hoofdstuk zijn verschillende mogelijkheden om de energievraag in te vullen beschreven. De mate waarin de bodem kan voorzien in de energievraag komt aan de orde, maar ook andere opties zoals asfalt, de-icing van de vliegtuigen en hemelwater. Bij de toepassing van bodemenergie is netto opwarming niet toegestaan, uit het vorige Hoofdstuk bleek echter dat over het hele gebied beschouwd de verwachte koelvraag groter is dan de verwachte verwarmingsvraag. Bij het evalueren van verschillende alternatieve bronnen van thermische energie wordt dus vooral gekeken of er koelcapaciteit kan worden gewonnen.

6.1 Energie winnen uit asfalt

Door een buissysteem met daarin een koelmedium te integreren in het asfalt kan met het asfalt in de zomer warmte worden ingevangen of in de winter koelcapaciteit. Warmte uitwisseling met asfalt of andere verharde oppervlakten kan worden gedaan met 2 doelen;

1. Het invangen van koelcapaciteit voor het koelen van gebouwen. Bijvoorbeeld om de onbalans van WKO systemen te compenseren.
2. Het ijs/sneeuw vrijhouden van het verharde oppervlak.

Vanzelfsprekend kunnen deze 2 doelen ook worden gecombineerd. Of dat praktisch haalbaar is, is afhankelijk van of de vereiste dimensies van de asfaltcollectoren en de benodigde broncapaciteit van het bijbehorende WKO-systeem op elkaar aansluiten. Om die reden is in navolgende subparagrafen eerst beschouwd of een asfaltcollector systeem voor de doelen apart haalbaar is, waarna is gekeken of en hoe de systemen gecombineerd kunnen worden aangelegd.

6.1.1 Thermische energie uit verharding

Op basis van de inschatting van de energievraag van de gebouwen op LA, AGC en MA6 blijkt dat er een netto overschot aan warmte is in het plangebied. Het extra laden van koelcapaciteit vermindert de inzet van warmtepompen en/of droge koelers om koude te genereren in het koelseizoen. Om een WKO-systeem bestendig te kunnen opereren moeten die op jaarbasis ongeveer even veel warmte en koelcapaciteit uit de bodem onttrekken als er in terugvoeren. Uit de energievraagberekeningen van de gebouwen blijkt dat er een grote kans is dat er een tekort ontstaat aan koelcapaciteit; met andere woorden de WKO-systemen van de gebouwen hebben warmte over. Door deze warmte in de winter te vernietigen met asfalt collectoren wordt koelcapaciteit gewonnen. Deze koelcapaciteit hoeft hierdoor niet langer met conventionele energie opgewekt te worden wat resulteert in vermindering van de CO₂-uitstoot.

Vaststellen energie hoeveelheid verwarmen en koelen

In deze paragraaf wordt vastgesteld in hoeverre de verhardingen op het terrein van LA, AGC en MA6 kunnen bijdragen aan het invangen van thermische energie voor bodemenergiesystemen. In Bijlage VI is het specifieke uitwisselingsvermogen voor asfalt collectoren bepaald. Hierbij is rekening gehouden met temperatuur trajecten in gebouwen met een bodemenergiesysteem. Voor deze quick scan wordt uitgegaan van een specifiek uitwisselingsvermogen van 25 W/m² voor een warmtewisselaar in de verharding voor zowel verwarming als koeling.

Op basis van KNMI waarnemingen (2003-2010) van het weerstation in Lelystad is vastgesteld hoeveel uur per jaar de temperatuur lager is dan 4 en hoger dan 17 °C, gedurende perioden met deze temperaturen kan koelcapaciteit respectievelijk warmte worden ingevangen. In de periode waarover data beschikbaar is was er een relatief warm en een relatief koud jaar, ook voor die jaren is vastgesteld hoeveel thermische energie er kan worden gewonnen en afgevoerd via een verharding, Tabel 6-1.

TABEL 6-1 AANTAL UUR EN SPECIFIEK ENERGIE POTENTIE VERWARMEN EN KOELEN

	uren <4° [u]	uren >17° [u]	E koelcapaciteit [kWh/m ² /jaar]	E warmte winnen [kWh/m ² /jaar]
Gemiddeld	1720	1500	43	37
warm jaar	983	1393	25	35
Koud jaar	2554	1380	64	35
			[W/m ² /jaar]	[W/m ² /jaar]
Vermogen			25	25

Vaststellen haalbaarheid energie winnen uit asfalt voor gebouwen

Door de benodigde hoeveelheid energie voor het herstellen van de energiebalans te delen door de winbare hoeveelheid kan het benodigde oppervlakte aan asfaltcollector worden bepaald. In Tabel 6-2 is het benodigde oppervlak per deelgebied opgenomen evenals het beoogde oppervlak dat er aan asfalt wordt verwacht in het deelgebied. Hieruit blijkt dat in alle gebieden voldoende asfalt beschikbaar is om de gebouwen van energie te voorzien voor hun balansherstel. Alleen in het geval dat de game-changers worden gerealiseerd op AGC is in dat gebied te weinig oppervlak beschikbaar.

De financiële haalbaarheid is afhankelijk van details op gebouwniveau, dat kan dus niet worden getoetst voor alle gebouwen in het plangebied. Ervan uit gaande dat alle gebouwen met een warmteoverschot asfaltcollectoren toepassen, is uitgerekend wat de total cost of ownership (TCO) is voor het toepassen van asfaltcollectoren en het toepassen van droge koelers voor balans herstel (Tabel 6-3). De uitgangspunten die zijn gehanteerd voor de TCO berekening zijn opgenomen in Bijlage VII.

TABEL 6-2 BENODIGDE OPPERVLAKTE ASFALTCOLLECTOR VOOR BALANS HERSTEL WKO SYSTEMEN PER DEELGEBIED

GEBIED	Onderdeel	BVO [m ²]	Nodig voor gebouwen		Beschikbaar uit asfalt	
			Koeling [MWh]	collectoren [m ²]	Koeling [MWh]	Verwarming [MWh]
LA	Alleen Platforms	38.500	437	10.159	1.656	1.425
	Alles	214.000	437	10.159	9.202	7.918
AGC zonder gamechangers	parkeerplaats + wegen	84.000	3.275	76.168	3.612	3.108
AGS met gamechangers	parkeerplaats + wegen	84.000	5.914	137.529	3.612	3.108
MA6	wegen (5% van totaal)	52.500	824	19.158	2.258	1.943

TABEL 6-3 TCO BALANSHERSTEL

Koelcapaciteit invangen met asfalt (voor alle gebouwen op LA, AGC, MA6 samen)		
TCO droge koelers	€	6.700.000
TCO asfalt warmte wisselaars	€	17.100.000

6.1.2 Sneeuw en ijsvrij houden van verharding

Het gebruik van strooizout en sneeuwschuivers is een kostenpost en een milieubelasting. De kosten zitten deels in directe kosten zoals de aanschaf en het uitrijden van het zout en schuifwagens. Een deel van de kosten zit verstopt in negatieve neveneffecten. Zo is het zout een grote belasting voor het milieu en de infrastructuur. Kunstwerken of andere voorzieningen langs verhardingen moeten versneld worden afgeschreven door corrosie van metalen onderdelen.

De hoeveelheid vermogen en energie die per m² noodzakelijk is voor het vorst- en sneeuwvrij houden van een verhardoppervlak is anders dan het specifiek uitwisselingsvermogen zoals bepaald voor het winnen van thermische energie. In Bijlage VI is vastgesteld wat het benodigde vermogen en energie is voor het sneeuw en ijsvrij houden van de verhardingen, de resultaten daarvan staan in Tabel 6-4.

Vaststellen haalbaarheid sneeuw en ijsvrij houden asfalt met asfaltcollectoren

Door de benodigde hoeveelheid energie en vermogen te vermenigvuldigen met het verharde oppervlak in de deelgebieden wordt inzichtelijk hoe groot het bijbehorende WKO systeem moet worden om de benodigde hoeveelheid energie en vermogen op te slaan in de zomer en te leveren in de winter, Tabel 6-5. Hiervoor zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd: temperatuurverschil tussen warme en koude bron 15°K, filterlengte bronnen 100 m, debiet per bron 100 m³/uur. In Tabel 6-6 is voor de verschillende alternatieven wederom de TCO berekend.

TABEL 6-4 BENODIGDE ENERGIE VOOR SNEEUW EN IJSVRIJ HOUDEN

	Vermogen	Dagen	Energie
	[W/m ²]	[d]	[kWh/m ² /jaar]
Rijp	50	90	18
gedurende 4 uur			
Milde vorst	110	15	40
Forse vorst	250	6	36
Extreme vorst	300	1	7,2
Lichte sneeuw	220	4	3,5
in 4 uur			
Extreme sneeuw	300	1	0,6
in 2 uur			
Totaal	300	137	105

TABEL 6-5 RUIMTE BENODIGD VOOR BODEMENERGIESYSTEEM VOOR IJSVRIJ HOUDEN.

ENERGIE		Benodigd voor ijsvrij houden			Toename gebruik t.o.v. alleen verwarmen en koelen gebouwen	
GEBIED	Onderdeel	BVO [m ²]	Energie [MWh]	Volume grondwater [m ³]	grondwater [-]	footprint [m ²]
LA	Alleen Platforms	38.500	4.039	231.762	0,97	0,40
	Alles	214.000	22.453	1.288.236	5,38	2,23
AGC	parkeerplaats + wegen	84.000	8.813	505.663	0,11	0,05
	wegen (5% van totaal)	44.000	4.616	264.871	0,06	0,02
MA6	wegen (5% van totaal)	52.500	5.508	316.039	0,16	0,07
VERMOGEN						
GEBIED	Onderdeel	BVO [m ²]	Vermogen [MW]	Grondwater debiet [m ³ /u]	aantal bronnen [-]	
LA	Alleen Platforms	38.500	12	664	7	
	Alles	214.000	64	3.690	37	
AGC	parkeerplaats + wegen	84.000	25	1.448	14	
	wegen (5% van totaal)	44000	13	759	8	
MA6	wegen (5% van totaal)	52.500	16	905	9	

TABEL 6-6 TCO GLADHEIDSBESTRIJDING

TCO conventioneel volledig LA	€	14.100.000
TCO met asfalt verwarming volledig LA	€	53.000.000
TCO met asfalt verwarming alleen platforms LA	€	21.300.000
TCO conventioneel volledig AGC + MA6	€	9.500.000
TCO asfalt warmte volledig AGC + MA6	€	35.200.000

6.1.3 Balansherstel en ijsvrijhouden gezamenlijk toepassen

Zowel het herstellen van de energiebalans van de bodemenergie systemen als het sneeuw en ijsvrij houden van asfalt is technisch haalbaar. Beide activiteiten sluiten qua timing van vraag en aanbod van thermische energie en temperaturniveaus echter niet optimaal op elkaar aan, zie kader. Toch kunnen de systemen worden gecombineerd. Het belangrijkste voordeel is dan dat met de investering voor de asfaltcollectoren wordt gedeeld voor beide doelen. Hieruit blijkt dat als asfaltcollectoren worden toegepast, het verstandig is om dat voor zowel balansherstel als voor ijsvrijhouden te doen.

De benodigde warmte voor het ijsvrijhouden is veel groter dan er in de gebouwen aan overschot is. De benodigde hoeveelheid energie voor het ijsvrijhouden moet ook worden ingevangen en opgeslagen. Daarvoor is dan een aanvullend of separaat bodemenergiesysteem nodig. Gezien het grote vermogen dat benodigd is (300 W/m²) ligt het voor de hand om het ijsvrij houden met een groter temperatuurverschil tussen aanvoer en retour te doen, vergeleken met bodemenergiesystemen. In dit onderzoek wordt voor het verschil tussen warme en koude bron bij gebouwen uitgegaan van 4°C, en voor het ijsvrijhouden met een ΔT van circa 15 °C.

Ter illustratie: Het benodigde volume grondwater voor het bodemenergiesysteem van de terminal ($\Delta T=4^{\circ}\text{C}$) is 5x minder dan die voor het ijsvrijhouden van verhardingen ($\Delta T=15^{\circ}\text{C}$). Zie Tabel 6-5 voor de benodigde extra ruimte voor een WKO systeem t.b.v. gladheidsbestrijding. Uit Tabel 6-1 en Tabel 6-4 blijkt dat voor het sneeuw en ijsvrij houden van een asfalt verharding het maximaal benodigde vermogen en energie (veel) groter is dan er aan warmte via een bodemenergiesysteem wordt afgegeven. Naast dat voor het ijsvrij houden al het asfalt moet worden voorzien van een collector vraagt het volledig ijs en sneeuw vrij houden om een specifieke bedrijfsvoering vragen, als het koud is moet zowel het gebouw als het asfalt het benodigde vermogen uit de WKO bronnen kunnen ontvangen.

NB

Er zijn extra kosten nodig om verhardingen geschikt te maken voor energie-uitwisseling. Ook de aanvullende kosten voor bodemenergiebronnen en de vermeden kosten voor andere regeneratie of gladheidsbestrijdingsmiddelen moeten inzichtelijk worden gemaakt om een kostenafweging te kunnen maken. Daarnaast hoeft door de koeling van het asfalt in de zomer de toplaag van het asfalt minder vaak te worden vervangen, dat is een belangrijke besparing. Voor het bestrijden van gladheid voor LA wordt onderscheid gemaakt tussen alle verhardingen en alleen de platforms. De uitgangspunten die zijn gehanteerd voor de TCO berekening zijn opgenomen in Bijlage VII.

6.2 Glycol van de-icing

Het de-icing water dat van de platforms afstroomt wordt apart ingezameld en verwerkt. De temperatuur van dit water-glycol mengsel is niet precies bekend, maar gezien de omstandigheden en doel van toepassing is er naar verwachting potentie om koelcapaciteit te winnen uit dit water. De aanname is dat het water-glycol mengsels met circa 15 graden kan worden opgewarmd. Uit het waterstructuurplan (RoyalHaskoningDHV, 2015) blijkt niet duidelijk hoeveel glycol er precies vrij komt. Uit persoonlijke communicatie met de de-icing experts van Schiphol blijkt dat er 400 L onverdund glycol nodig is per vliegtuig. Op basis van de aanname dat ongeveer 90% van het toegepast glycol weer wordt opgevangen op de platforms, kan worden uitgerekend hoeveel de-icing water er jaarlijks beschikbaar is voor het winnen van koelcapaciteit, Tabel 6-7. Hieruit blijkt dat met het de-icing water een zeer beperkt deel van het verwachte koelcapaciteit tekort (~400 MWh bodemzijdig, Tabel 5-1) van de terminal kan worden ingevangen, namelijk 23 MWh.

TABEL 6-7 BEREKENING HOEVEELHEID DE-ICING WATER OP PLATFORMS

Glycol per vliegtuig	0,4	m ³ / vliegtuig
Vliegtuigen	45000	/jaar
dagen vorst per jaar	51	d
aantal vliegtuigen de-icen	6288	vliegtuigen
Factor in de opvang	0,9	-
Glycol benodigd	2515	m ³ /jaar
Temperatuurverschil glycol in TSA	15	°K
Warmte capaciteit Glycol	2,20E+06	J/m ³ /K
Koel capaciteit / jaar	8,30E+10	J
Koel capaciteit / jaar	23	MWh

6.3 Hemelwater

Ook hemelwater kan worden gebruikt voor het invangen van koelcapaciteit. De temperatuur van de neerslag is echter over het algemeen onbekend en variabel. Er wordt aangenomen dat uit de neerslag die valt op dagen kouder dan 4°C koelcapaciteit kan worden gewonnen met de dT van 10°K. Op basis van klimaatgegevens (KNMI, 2015) blijkt dat circa 10% van de neerslag geschikt is om koelcapaciteit uit te winnen. De gemiddelde hoeveelheid neerslag die per jaar in NL valt is circa 800mm, omdat er alleen wordt gekeken naar dagen dat het kouder is van 4°C hoeft er geen rekening te worden gehouden met verdamping. Dus jaarlijks valt er op elk gebouw circa 80 mm neerslag dat kan worden gebruikt voor het invangen van koelcapaciteit. De energiehoeveelheden zijn weergegeven in Tabel 6-8. Een beperkt deel van het koelcapaciteit tekort kan worden ingevuld met energiewinning uit hemelwater.

TABEL 6-8 HEMELWATER ALS BRON VOOR KOELCAPACITEIT

LA	16	MWh
AGC	351	MWh
MA6	169	MWh

6.4 Warmte uit afvalwater

Uit verschillende onderzoeken blijkt dat het winnen van thermische energie uit afvalwater het beste kan zo ver mogelijk bovenstrooms in de keten of juist zo ver mogelijk benedenstrooms (Hartman and Bloemendal, 2015).

- Bovenstrooms omdat daar vraag en aanbod van thermische energie zowel in plaats als tijd zijn gekoppeld en het temperatuur niveau nog relatief hoog is.
- Helemaal benedenstrooms omdat er dan een redelijk grote en continue stroom beschikbaar is die een bepaalde mate van leveringszekerheid biedt voor de levering van warmte uit het afvalwater.

In het transportnetwerk zijn de volumestroom en temperatuur variaties te groot om iets met de thermische energie uit het afvalwater te kunnen doen. Gezien de waterarme sanitatieconcepten die op LA en OMAA worden toegepast neemt de potentie voor het terug winnen van warmte in de verzamel en transportleidingen van het afvalwater systeem alleen maar verder af.

Aanbeveling is dan ook om daar waar douches zijn met douche warmte wisselaars warmte terug te winnen en verder geen thermische energie uit de afvalwaterketen te halen

6.5 Koeling/verwarming uit drinkwaterleiding

Vitens zoekt niet actief naar mogelijkheden om thermische energie te leveren met hun drinkwater. Het op grote schaal leveren van warmte of koelvermogen op OMAA of LA is geen ambitie van Vitens. Deze optie wordt daarom niet verder meegenomen. Mogelijk kunnen individuele gebouwen die gunstig zijn gelegen ten opzichte van de infrastructuur van Vitens en een beperkte vraag naar koeling of verwarming hebben een verzoek bij Vitens indienen voor het leveren van thermische energie uit drinkwater.

6.6 Bodemenergieopslag

6.6.1 Potentie voor bodemenergie

In Bijlage VIII is de geohydrologische situatie ter plaatse van OMALA en LA beschreven. Daaruit blijkt dat de bodemopbouw, doorlatendheid en grondwaterkwaliteit van watervoerend pakket (WVP) 2 het meest geschikt voor toepassing van open bodemenergie. Vanwege het zoute karakter van het grondwater zitten bodemenergiesystemen andere hoogwaardige(re) toepassingen daar niet in de weg. En omdat de grondwaterstroming verwaarloosbaar klein is hoeft daar geen rekening mee gehouden worden met positionering van bronnen.

WVP 2 is circa 180 m dik, deze dikte kan niet helemaal worden benut. Doorgaans worden enkele meters afstand gehouden tussen filters van grondwaterbronnen en slecht doorlatende lagen. Uit de bodemmonsters blijkt dat WVP 2 lokaal verstoord kan worden door dunne klei lenzen/laagjes. Veiligheidshalve wordt er daarom vanuit gegaan dat er per bron maximaal 120 m filterlengte kan worden geïnstalleerd (5m afstand boven en onder scheidende lagen, en de aanwezigheid van 2 stoorlagen van 10m dik). Op basis van deze randvoorwaarden voor het ontwerp en een aangenomen temperatuurverschil tussen de warme en koude bron van 4°C is de potentie voor open bodemenergie 90 en 375 kWh/m² voor respectievelijk monobronnen en doublets.

Gesloten bodemenergiesystemen kunnen over de gehele bodemdiepte worden toegepast. Diepte van gesloten systemen hangt af van de grootte van de energievraag, de maximale diepte waarover deze bronnen worden aangelegd is circa 150m. De potentie voor gesloten bodemenergie is 350 kWh/m².

Uit een quick scan naar geothermie (Bijlage VIII) blijkt dat de potentie voor geothermie t.p.v. OMALA/LA circa 30 kWh/m² is, een orde grootte kleiner dan voor open en gesloten bodemenergie opslag. Bij een veel grotere benodigde investering dan WKO is geothermie daarom geen voor de hand liggende optie waardoor het in dit stadium niet aannemelijk is dat er grote druk zal ontstaan op de beschikbare capaciteit. Mogelijk komt er in de toekomst een partij die een geothermiesysteem wil aanleggen, bij de eventuele installatie van een geothermie systeem moet bij de ruimtelijke inpassing van de bronlocatie rekening worden gehouden van de lokale effecten rondom het boorgat op de bodemenergiesystemen in de ondiepere lagen (Lopik et al., 2015).

6.6.2 Inpassing van bodemenergie

Op basis van de verwachte energievraag is vastgesteld of er een open of een gesloten bodemenergie systeem wordt aangelegd; systemen met een bodemzijdig vermogen kleiner dan 10kW (RVO, 2015) worden uitgerust met een gesloten bodemenergiesysteem. Kleine open bodemenergie systemen die vanwege beperkte opslag capaciteit en vermogen met een kleine filterlengte af kunnen, zullen een monobron kunnen toepassen, daarbij wordt er in 1 boorgat 2x 40 m filter geplaatst voor een warme en koude bron met 40 m afstand om kortsluitstroming te voorkomen.

Op basis van bovengenoemde criteria is voor de elk van de fictieve/verwachte WKO-systemen bepaald of dat een gesloten of een open monobron of doublet zal worden, zodat voor elk systeem de footprint van het WKO-systeem kan worden bepaald. De oppervlakte van de deelgebieden en de totale som van de footprint oppervlakten zijn weer gegeven in Tabel 6-9. Uit Tabel 6-9 blijkt dat er voldoende ruimte beschikbaar is voor de bodemenergiesystemen.

TABEL 6-9 BENUTTING VAN DE ONDERGRONDSE RUIMTE DOOR BODEMENERGIE

	Oppervlakte gebied	Benutting WKO-footprint thermische beïnvloeding
	<i>[m²]</i>	<i>[%]</i>
Lelystad Airport	1.297.500	1%
OMALA AGC	880.000	58%
OMALA MA6	1.050.000	55%

6.7 Conclusies invullen energievraag

Er is voldoende ruimte in de bodem om de gebouwen van bodemenergie te voorzien. In Tabel 6-10 zijn de uit de omgeving te winnen hoeveelheden energie opgenomen en afgezet tegen de verwachte energievraag van de gebouwen per deelgebied. Uit de tabel blijkt dat het invangen van de benodigde extra koelvraag van de gebouwen het toepassen asfaltcollectoren het meeste zoden aan de dijk zet. Voor gebouwen met een kleine onbalans zou hemelwater nog voldoende capaciteit kunnen leveren.

TABEL 6-10 SAMENVATTING ENERGIEVRAAG GEBOUWEN EN ENERGIE BESCHIKBAAR IN DE OMGEVING

Energie vraag [MWh]	LA	AGC	MA6
Warmte vraag	600	8000	3500
Koel vraag	1000	1400	4500
netto--> koelvraag	400	6000	1000
Energie beschikbaar uit omgeving [MWh]	LA	AGC	MA6
Verwarming met asfalt	7900	3100	1900
Koeling met asfalt	9200	3600	2250
	<i>2100%</i>	<i>60%</i>	<i>275%</i>
Hemelwater	15	350	170
	<i>4%</i>	<i>6%</i>	<i>21%</i>
De-icing	25	-	-
	<i>5%</i>	-	-

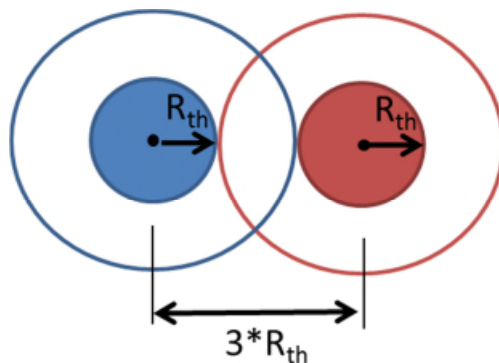
7 Bodemenergieplan

Er is voldoende ruimte in de bodem om alle gebouwen van bodemenergie te kunnen voorzien. Er kunnen toch ruimtelijke conflicten ontstaan door beperkingen bij de bovengrondse inpassing van bronnen en zones rondom bronnen die interactie moeten voorkomen. Om er zeker van te zijn alle bodemenergiesystemen en andere bodem functies te kunnen accommoderen, is coördinatie nodig. In dit Hoofdstuk is daarom onderbouwd waarom een ordeningsplan nodig is. Vervolgens is een ordeningsplan opgesteld zodat optimaal en duurzaam gebruik van de bodem wordt gefaciliteerd en gewaarborgd.

7.1 Inpasbaarheid van gewenste functies in de bodem

7.1.1 Benodigde ruimte voor Bodemenergie

De standaard regels schrijven voor dat de onderlinge afstand tussen bronnen $3 \times$ de thermische straal van de bron moet zijn (NVOE, 2006). Dat vergroot de claim op de ondergrondse ruimte die het thermische beïnvloedingsgebied heeft, zie Tabel 7-1 en Figuur 7-1.



FIGUUR 7-1 THERMISCHE STRAAL, FOOTPRINT EN ONDERLINGE AFSTAND TUSSEN WKO BRONNEN

Een belangrijk aspect om hierbij te realiseren is dat gebruikers in de praktijk een circa twee maal zo grote vergunning aanvragen dan dat zij gemiddeld jaarlijks verwachten te gebruiken (CBS, 2012; SIKB, 2015; Willemsen, 2016). De benodigde ruimte voor ruimtelijke claims die hierbij horen zijn dus veel groter dan de in Tabel 7-1 opgenomen waarden. De ruimtelijke claim neemt daarmee ook toe omdat de afstand die tussen bronnen moet worden gehandhaafd is gebaseerd op die vergunde volumes (NVOE, 2006).

TABEL 7-1 BENUTTING VAN DE ONDERGRONDSE RUIMTE DOOR BODEMENERGIE INCLUSIEF RUIMTELIJKE CLAIMS

	oppervlakte gebied	WKO-footprint thermische beïnvloeding [% van oppervlak]	WKO-footprint Totale claim [% van oppervlak]
Lelystad Airport	1.297.500	1%	3%
OMALA AGC	880.000	58%	131%
OMALA MA6	1.050.000	55%	124%

7.1.2 Water opslag/Afvoer

Het opslaan of afvoeren van hemelwater van verhard oppervlak naar de bodem kan via oppervlakkige infiltratie in wadi's of infiltratie vijvers. Het dieper infiltreren is een optie, maar daarvoor zijn grondwaterputten nodig. Uit §3.9 is gebleken dat de opslag van hemelwater in de diepe ondergrond geen voorkeurstechiek is op OMALA en bij LA. Daarom is daar geen rekening mee gehouden in dit plan.

7.1.3 Calamiteiten voorzieningen

Bluswaterbronnen kunnen het beste worden gemaakt in WVP 2, zowel de dikte als de doorlatendheid zijn voldoende om kosten effectief bronnen te kunnen installeren die aan de vereiste capaciteit voldoet.

Bluswaterbronnen zijn calamiteiten voorzieningen, naast de benodigde ruimte voor de bron, heeft de bron geen effecten op andere toepassingen in de bodem. De bron wordt immers niet gebruikt, afgezien van een periodieke capaciteitstest.

Alleen als er daadwerkelijk brand is kan een bluswaterbron effect hebben op de opgeslagen energie van een nabijgelegen WKO bron. Als het goed is treedt er geen brand op en als er brand optreedt, is het verlies van opgeslagen energie van ondergeschikt belang aan het bestrijden van het vuur. Om deze reden hoeft er voor het ondergrondse ruimte gebruik geen rekening te worden gehouden met bluswaterbronnen.

De locatie van bluswaterbronnen in relatie tot WKO bronnen is wel van belang. Een bluswaterbron in de directe nabijheid van een WKO bron kan negatief effect hebben op de capaciteit van beide bronnen. Daarom moeten er wel richtlijnen komen die ervoor zorgen dat deze bronnen niet te dicht bij elkaar komen te staan.

7.1.4 Conclusie inpasbaarheid en noodzaak bodemenergieplan

Op basis van voorgaande inventarisatie is vastgesteld in hoeverre functies in de ondergrond kunnen worden gecombineerd. Naast bodemenergie worden er geen andere grootschalige gebruiksfuncties verwacht in de ondergrond, desalniettemin moet het wel mogelijk blijven om andere ondergrondse toepassingen te kunnen accommoderen. De verwachte grootte van de vraag naar toepassing van technieken die gebruik maken van de ondergrond is niet groter dan de beschikbare ruimte. Om drie redenen is het echter toch nodig om het gebruik van de bodem gestructureerd in te vullen;

- Met de huidige praktijk en algemene regels voor bodemenergie is het niet mogelijk om voor alle gebouwen in het gebied ruimte in de ondergrond voor een bodemenergiesysteem te accommoderen.
- Op deelgebied- en perceelniveau resulteren beperkingen a.g.v. bovengrondse ruimtelijke ordening in suboptimale inpassing van bodemenergiesystemen. Daarom kan er lokaal druk op de ruimte in de ondergrond ontstaan.

Toelichting: In een gebied kun je niet vanuit elke locatie een bron maken die toegang geeft tot de ondergrond. Ter plaatse van gebouwen en oppervlaktewater kan het in ieder geval niet, in wegen of ander openbaar terrein is dat vaak niet wenselijk. Voor individuele percelen betekent dit dat bronnen vaak aan randen van percelen komen waardoor het thermisch beïnvloedingsgebied ook onder het perceel van de burens komt.

- Ook om het gebruik van de ondergrond voor nu niet verwachte of bekende technieken in de toekomst zo goed mogelijk te accommoderen is het van belang om met nieuwe initiatieven rekening te houden. Dit betekent dat de beschikbare ruimte zo optimaal mogelijk moet worden benut.
- Om duidelijkheid naar gebruikers te scheppen is het van belang om een beleid te hebben zodat nieuwe initiatiefnemers zoveel mogelijk worden geaccomodeerd in hun toepassing. Daarnaast weten bestaande gebruikers dan ook waar ze aan toe zijn als er nieuwe initiatieven komen in de nabijheid van hun ondergrondse ruimtelijke toepassing.

7.2 Aanpak opstellen bodemenergieplan

Op basis van de verwachte energievraag en het daarmee samenhangende ruimtebeslag in de bodem voor bodemenergiesystemen lijkt het zinvol om voor OMALA de bodemenergiesystemen gerichter te ordenen zodat duurzaam en doelmatig gebruik van de bodem is gewaarborgd. Subdoel van dit onderzoek is om vast te stellen of een plan daadwerkelijk zinvol en nodig is, en zo ja, welke ordeningsregels en voorschriften dan tot een duurzaam en doelmatig gebruik van de bodem leiden. Om tot een bodemenergieplan en bijbehorende afweging te komen, zijn 4 stappen doorlopen;

1. Vaststellen randvoorwaarden en uitgangspunten
2. Verkenning mogelijke ordeningsprincipes voor OMALA en LA
 - a. Vaststellen beoordelingskader
 - b. Identificeren van mogelijke ordening- en beheerprincipes
 - c. Vaststellen scenario's en testen van een ordening en beheerplan voor de bodem
 - d. Selecteren beste ordeningsprincipe
3. Regels gedurende beheer/gebruiksfase
4. Evaluatie van meerwaarde t.o.v. standaard voorschriften
 - a. Bij aangetoonde meerwaarde: bestuurlijke vaststelling gemeente en provincie

Deze aanpak is afgestemd met de provincie Flevoland, gemeente Lelystad, omgevingsdienst Flevoland & Gooi en Vechtstreek (OFVG), OMALA en Lelystad Airport. In elk van de volgende paragrafen is de uitwerking van elke stap nader toegelicht en omschreven.

7.3 Randvoorwaarden en uitgangspunten

De benodigde randvoorwaarden zoals het vaststellen beschikbare ruimte in de bodem en de inschatting van benodigde ruimtebeslag voor bodemenergie in de bodem zijn beschreven in Hoofdstuk 6. Het bodemenergieplan is opgesteld voor het hele gebied: LA, AGC en MA6, zoals aangegeven in Figuur 2-1

7.3.1 Verwachte energievraag

Omdat de energievraag van gebouwen lastig te voorspellen³ is en het grootste deel van de ontwikkelingen op OMALA nog onbekend zijn, moet het bodemenergieplan voldoende

³ De verwarming en koelvraag van een gebouw is afhankelijk van veel verschillende factoren; kwaliteit van de gebouwschil, toegepaste materialen, oriëntatie, klimaat/weer, gebruik en bezetting van het gebouw. Over de jaren kan de energievraag van het gebouw sterk variëren, door veranderingen in klimaat, gebruik en of zelfs functie van het gebouw.

robuust zijn. In Nederland zijn al verschillende masterplannen gemaakt en een veel gehoorde klacht is dat de plannen onvoldoende kunnen inspelen/omgaan met de onzekerheden en variaties die met het toepassen van bodemenergie samengaan (Li, 2014). Een belangrijk doel van het bodemenergieplan is daarom dat die het optimaal en duurzaam gebruik van de bodem waarborgt bij een veelheid van verschillende ontwikkelscenario's. Daarom wordt het bodemenergieplan niet alleen ontworpen en getoetst op basis van de eerste inschatting van de energievraag (Hoofdstuk 0) maar ook op verschillende variaties daarop.

7.3.2 Visie en beleid ondergrond en bodemenergie in Flevoland/Lelystad

De provinciale doelstelling voor duurzaam gebruik van de ondergrond luidt als volgt:

“In 2025 dragen inwoners, bedrijven en overheden de ondergrond op een bewuste, duurzame manier bij het invullen van de maatschappelijke opgaven in Flevoland. De kwaliteiten van het bodem- en ondergrondsysteem worden daarbij niet aangetast, zodat: de ondergrond ook voor de generaties die na ons komen optimaal kan bijdragen aan duurzame ontwikkeling van Flevoland, bijzondere bodemkwaliteiten in stand gehouden worden en we toekomstige generaties niet belasten met de problemen van vandaag. Ook worden activiteiten in de ondergrond zodanig ontplooid, dat kwaliteits aantasting, zowel boven- als ondergronds, voorkomen, dan wel ten minste gecompenseerd of gemitigeerd wordt.”

In Flevoland wordt daarom buiten de drinkwaterbeschermingsgebieden optimaal ruimte geboden voor het toepassen van duurzame bodemenergie. In het stedelijk gebied en op bedrijventerreinen wordt optimaal gebruik gemaakt van bodemenergie (WKO, HTO en geothermische energie), mits de negatieve effecten beperkt en beheersbaar zijn.

De ondergrond van Flevoland wordt niet benut voor het opsporen en winnen van aardgas uit onconventionele voorkomens (zoals schaliegas), vanwege de risico's die gepaard gaan met het opsporen en winnen ervan. De ondergrond van Flevoland wordt alleen benut voor het opsporen en winnen van olie en gas uit conventionele voorkomens wanneer er geen onevenredige schade wordt toegebracht aan provinciale belangen, zoals natuur, water en waterkeringen, en wanneer mitigerende maatregelen worden getroffen. Er is voldoende schoon grondwater beschikbaar: de totale hoeveelheid grondwater voor drinkwater mag niet afnemen. De drinkwaterreserves in de ondergrond worden zorgvuldig benut. De archeologische bodemwaarden in Flevoland zijn goed beschermd. Ook de aardkundige waarden zijn bekend, en de bescherming daarvan heeft draagvlak bij bevolking en regionale partners” (Flevoland, 2015).

De toekomstvisie van de gemeente Lelystad is dat Lelystad een groene, vitale gemeente blijft, waar het aantrekkelijk wonen, werken en verblijven is. Lelystad profileert zich als een ondernemende stad met een duurzaam en innovatief profiel. Veel innovatieve oplossingen worden bedacht in Lelystad. De omgeving wordt ingezet om lokaal voedsel te verbouwen en grondstoffen te ontwikkelen. Steeds meer afval kan als grondstof dienen. Lelystad is een gemeente die haar eigen energiebehoefte volledig duurzaam opwekt. In deze visie is duurzaamheid op alle levensterreinen ingebed. Lelystad wil in 2050 energieneutraal zijn (excl. verkeer) (Lelystad, 2015).

7.3.3 Visie en beleid van OMALA en LA

OMALA voert voor Airport Garden City Gebiedsmanagement in. Airport Garden City beschikt al over een eigen energiemaatschappij: Airport Garden City Energy. Bedrijven op het business park zijn daarmee verzekerd van de beschikbaarheid van groene, regionaal opgewekte energie tegen de scherpst mogelijke prijzen. Bij het toepassen van centraal

geregisseerde ordeningsprincipes zou het Gebiedsmanagement hier een rol in spelen. Het is de wens om zoveel mogelijk vrijheid en verantwoordelijkheid bij de gebruikers neer te leggen. OMALA wil echter wel regie voeren of het gebruik van de ondergrond.

7.3.4 Landelijke regels voor bodemenergiesystemen

De regels die gelden voor Bodemenergiesystemen vallen onder verschillende wetten waarvan de belangrijkste de Waterwet, de Wet Milieubeheer en de Wet Bodembescherming zijn (binnenkort vallen de regels voor bodemenergiesystemen onder de Omgevingswet). De standaardregels voor bodemenergiesystemen verschillen per type systeem en systeem grootte, de regels zijn samengevat in Tabel 7-2. Via deze regels is zeer beperkte mogelijkheid om te sturen op bronontwerp en bronlocatie.

TABEL 7-2 REGELS VOOR BODEMENERGIESYSTEMEN

Open	< 10 m ³ /u	Melding	zorgplicht
	< 50 m ³ /u en 250k m ³ /y	vergunning	verkorte effectenstudie
	> 50 m ³ /u	vergunning	"normale" effecten studie
	> 1,5M m ³ /y	MER beoordeling	MER beoordeling notitie
Gesloten	> 10M m ³ /y	MER plichtig	milieueffect rapportage
	< 70 kW	melding	zorgplicht
	> 70 kW	vergunning	OBM ⁴

De provincie is bevoegd gezag voor de open bodemenergiesystemen en de gemeente voor de gesloten. In gebieden waar veel bodemenergiesystemen worden verwacht is het wenselijk dat er specifieke / maatwerk eisen zijn om het optimaal en duurzaam gebruik van de bodem te waarborgen. Zowel de gemeente als de provincie kunnen een dergelijk gebied aanwijzen en benoemen tot zogenaamd interferentie gebied. Bij het aanwijzen van een interferentiegebied behoort automatisch het vaststellen van een bodemenergieplan, maar ook zonder dat een gebied als interferentiegebied is aangewezen kan het wenselijk/handig zijn om een bodemenergieplan te maken. In een dergelijk plan worden gebied specifieke eisen gesteld aan bodemenergiesystemen die rekening houdt met bestaande en toekomstige vraag naar bodemenergiesystemen.

MER plicht

Bodemenergiesystemen zijn MER plichtig als er meer dan 10 miljoen m³ grondwater per jaar wordt onttrokken en geretourneerd. Dat is niet aan de orde.

bodemenergiesystemen zijn MER beoordeling plichtig als er meer dan 1,5 miljoen m³ grondwater per jaar wordt onttrokken en geretourneerd. Dat is voor individuele systemen niet aan de orde. Alle systemen bij elkaar opgeteld zouden wel beoordeling plichtig zijn (7 miljoen m³). Het is echter de vraag A) of al deze systemen worden aangelegd, en B) of het wenselijk of nodig is om ze gezamenlijk te beoordelen. AGC levert met 5 miljoen m³ verre weg de grootste bijdrage.

7.3.5 Beleidsmatige eisen aan bodemenergieplan

Zowel de gemeente als de provincie hebben hun VTH⁵ taken rondom bodemenergie gedelegeerd aan de omgevingsdienst Flevoland & Gooi en Vechtstreek (OFVG). Daarom is in

⁴ Omgevingsvergunning Beperkte Milieutoets

⁵ Vergunningverlening, Toezicht en Handhaving

overleg met de provincie, gemeente, omgevingsdienst en OMALA vastgesteld aan welke eisen het plan moet voldoen om in de aanleg en exploitatie fase ook daadwerkelijk als ordeningsinstrument kan fungeren, het verslag van deze bijeenkomst is achteraan deze Bijlage toegevoegd. Belangrijkste uitgangspunt hierbij is het zo goed mogelijk faciliteren van activiteiten in de ondergrond en het op de lange termijn waarborgen van het functioneren van de ondergrond voor de bekende en onbekende toepassingen. In overleg met provincie, gemeente omgevingsdienst en OMALA is vastgesteld aan welke eisen het bodemenergieplan moet voldoen;

- Gebiedsbeschrijving
- Voorschriften
 - Regels voor aanleg (ordeningsregels)
 - Regels voor gebruik (monitoring en beheer)
- Onderbouwing en toelichting (dit rapport)

7.3.6 Lozen periodieke onderhoudspuilen

Om verstopping van de grondwaterbronnen te voorkomen moet periodiek het geaccumuleerde vuil in de bronnen worden verwijderd. Dit gebeurt doorgaans door kortstondig met hoog debiet uit de bron te onttrekken en het water met de deeltjes vervolgens te lozen. Het debiet dat daarbij vrijkomt, is circa 5x het maximale uur debiet van het WKO systeem per jaar (Bloemendal and Timmermans, 2014). Voor de bodemenergiesystemen op OMALA en LA betekent dat in totaal circa 12.500 m³ grondwater per jaar. Ook bij de aanleg van bodemenergiesystemen komt eenmalig water vrij dat moet worden geloosd. Hoeveel dat is, is sterk afhankelijk van het type systeem en de grootte.

Dit water wordt normaal gesproken geloosd op het riool of het oppervlakte water. Hierover moet met het waterschap afspraken worden gemaakt.

7.4 Verkenning ordeningsprincipes

7.4.1 Beoordelingskader voor bodemenergieplan

Voor de totstandkoming van een bodemenergieplan wordt veelal een stappenplan doorlopen dat leidt tot een gebiedsverdeling op basis van aangewezen bronlocaties of warme en koude zones in de ondergrond (Arcadis et al., 2011; Li, 2014). In het stappenplan, dat wordt gehanteerd in de handreiking masterplannen, is echter geen beoordelingskader beschikbaar waarmee verschillende ordening strategieën met elkaar kunnen worden vergeleken. Hierdoor kan het effect van verschillende mogelijke ontwikkelingen of verschillende ordeningsregels ook niet worden beoordeeld. Deze aanpak is ook nog niet eerder toegepast in Nederland en dus innovatief. Om een goed ordeningsplan te kunnen maken moet dus eerst worden gedefinieerd wat "goed" is en hoe dat kan worden gekwantificeerd.

Het doel van een beoordelingskader is om vast te stellen of een bodemenergieplan goed of niet goed is. Wat goed of niet goed is, is afhankelijk vanuit welke perspectief dit wordt beoordeeld. In deze studie wordt onderscheid gemaakt tussen 3 perspectieven;

- *Overheden/bevoegde gezag (provincie en gemeente)*
Voor overheden is het van belang dat de lange termijn beschikbaarheid van de ruimte in de ondergrond is gewaarborgd, zodat toekomstige generaties ook gebruik kunnen maken van de zgn. "common pool resource". Het toepassen van een bodemenergiesysteem heeft ter plaatse van de grondwaterbronnen een zeer lokale maar onomkeerbare verstoring van de ondergrond tot gevolg (circa 1 m² over de diepte van de boring). De temperatuurverandering van de bodem is in principe

omkeerbaar en staat toepassing van ander gebruik van de bodem niet in de weg, mits de temperatuur verandering niet nadelig is voor andere gebruikers (zoals bij negatieve interferentie tussen een warme en koude bron).

Overheden staan het gebruik van de bodem voor bodemenergie toe mits negatieve interferentie wordt voorkomen en dat een ander maatschappelijk doel dient; namelijk energiebesparing en de daarmee samenhangende CO₂-uitstoot reductie. Dat die CO₂-uitstoot reductie zo goed mogelijk wordt bereikt is een tweede doel van overheden.

De provincie en gemeente willen ook graag dat er economische activiteit wordt ontwikkeld, waardoor ze bovenstaande punten graag met zo min mogelijk regels willen bereiken; dus geen onnodige regels

- *Individuele gebruikers (LA, bestaande en toekomstige bedrijven op AGC en MA6)*
Voor individuele gebruikers is het van belang dat ze hun bronnen goedkoop kunnen aanleggen en dat ze ruimte hebben om de benodigde hoeveelheid energie op te slaan en terug te winnen met een goede recovery efficiëntie zodat de terugverdientijd van de investering voor het duurzame energiesysteem laag is.
- *Gebiedsontwikkelaar (OMALA)*
Het belang van OMALA komt zowel overeen met die van de individuele gebruiker als die van lokale overheden. Voor de lange termijn exploitatie is het van belang dat de bodem als functie voor de energievoorziening beschikbaar blijft. En voor het kunnen aantrekken van nieuwe en behouden van bestaande gebruikers moet het voor hen wel gemakkelijk en aantrekkelijk zijn om bodemenergie te kunnen toepassen.

Uitgaande van de beschrijving van bovengenoemde belangen aangevuld met onderzoek naar het functioneren van masterplannen (Li, 2014) is in Tabel 7-3 een overzicht opgenomen van beoordelingscriteria aan de hand waarvan een bodemenergieplan kan worden vastgesteld. In dit overzicht is onderscheid gemaakt tussen de belangen van de individuele gebruikers en die van de lokale overheid die het bevoegde gezag voert over de ondergrond.

TABEL 7-3 BEOORDELINGSCRITERIA

Beoordelingscriteria	Belang	Omschrijving
Thermische efficiëntie van de bronnen	Individueel	rendement voor warme en koude bron
Groote van het thermische beïnvloedingsgebied	Algemeen	Maximale volume en bijbehorende footprint thermisch beïnvloeding
Energiebalans	Algemeen	Verskil tussen energievraag en opslag in de bodem
Thermische interferentie	Algemeen / individueel	Totale overlapping van verschillende typen bronnen
SPF	Individueel	Seizoensmatige Prestatie Factor (SPF). Hoe groter de SPF is hoe meer energie er wordt bespaard. De SPF moet wettelijk worden gemonitord
Energiebesparing	Algemeen / individueel	Energie/CO ₂ uitstoot besparing t.o.v. conventioneel/individueel
Aanlegkosten	Individueel	Het belangrijkste deel van de aanleg kosten van een bodemenergiesysteem in relatie tot de ruimtelijke inpassing is de afstand van de bronnen tot de technische ruimte (lengte terreinleidingen) en de diepte van de bron
Beheerkosten	Individueel	Het beheren van een bodemenergiesysteem kost meer (inspanning) dan een conventioneel systeem
Toegenomen prestatie in vergelijking met ongeorganiseerde situatie	Algemeen	Hoeveel beter presteert het gebied als geheel door de onderlinge afstemming ordening opgelegd door het plan? Hoeveel meer gebruikers? Hoeveel meer energiebesparing?
Flexibiliteit m.b.t. opslag capaciteit bestaande systemen	Individueel	Kunnen bestaande systemen hun ruimte beslag in de bodem aanpassen op (grote) veranderingen in energievraag (bijv. door functie verandering/crisis/klimaatverandering/uitbreiding)
Flexibiliteit m.b.t. toetreding nieuwe gebruikers	Algemeen / individueel	Hoe gemakkelijk kunnen nieuwe gebruikers worden ingepast?
Lange termijn beschikbaarheid van CPR	Algemeen/ individueel	Een totale ineenstorting van het systeem moet worden voorkomen

7.4.2 Definitie en kwantificering van de beoordelingscriteria.

De beoordelingscriteria in Tabel 7-3 zijn niet allemaal kwantificeerbaar omdat ze niet kunnen worden vergeleken met een situatie met en zonder ordening. De beoordeling moet daarom soms op basis van kwalitatieve analyse of resultaten van andere locaties of praktijkervaringen elders gebeuren. Daarnaast hebben veel beoordelingscriteria raakvlakken of zijn van elkaar afhankelijk, waardoor het risico ontstaat van "dubbel" beoordelen.

Om toch een beperkt aantal en kwantificeerbare set criteria te definiëren zijn de beoordelingscriteria op basis van hun onderlinge samenhang gegroepeerd en onderstaande kort beschreven. Hierbij is tevens beschreven hoe parameters worden berekend. Waar mogelijk wordt aangegeven welke ontwerpparameters het betreffende criterium beïnvloeden.

Emissie reductie (bepaald doelmatig gebruik van de bodem)

Het doel van bodemenergiesystemen is om energie te besparen bij het verwarmen en koelen van gebouwen. Alle gebouwen moeten dus een bodemenergiesysteem of een ander duurzaam koel- en verwarmingssysteem hebben. Zodra er gebouwen zijn die geen bodemenergiesysteem kunnen toepassen omdat andere bodemenergiesystemen in de omgeving dat niet toelaten, faalt het bodemenergieplan⁶. De totale hoeveelheid bespaarde

⁶ Dit geldt niet in gebieden waar de vraag naar bodemenergie groter is dan de beschikbare ruimte in de bodem. dit geldt niet voor OMALA, daar is voldoende ruimte om alle gebouwen van WKO te voorzien.

energie is niet alleen afhankelijk van of een gebouw een bodemenergiesysteem heeft, maar ook hoe het systeem wordt bedreven. Hoe het systeem wordt bedreven kan echter niet worden beoordeeld bij het opstellen van een ordeningsinstrument. Er kunnen wel prestatieafspraken worden gemaakt die waarborgen dat er zoveel mogelijk energie wordt bespaard (bijvoorbeeld middels eisen aan SPF (Ministry-of-Environment, 2013)). De SPF kan echter pas worden bepaald gedurende het gebruik van het bodemenergiesysteem, om toch een indicatie te krijgen van hoeveel CO₂-uitstoot wordt bespaard wordt gebruik gemaakt van de besparingskentallen voor bodemenergie die Bodem+ periodiek laat vaststellen (Willemsen, 2016).

*Kwantificering: vermeden CO₂-uitstoot per geclaimde vierkante meter footprint [ton CO₂/m²].
kritische parameters:*

- *Aantal gebouwen + verwachte energievraag,
Een inschatting voor het aantal gebouwen op OMAALA en LA en hun energievraag is gedaan (WP5). Voor het testen van ordeningsplannen wordt rekening gehouden met variatie van die energievraag.*
- *Berekening: Besparingskentallen bodemenergie / beheer van de WKO-installaties.
Per m³ grondwater is voor zowel koel- als verwarmingsbedrijf vastgesteld wat de vermeden CO₂-uitstoot is. Dit kentel wordt gecorrigeerd voor toe/afname van de recovery efficiëntie.
Voor koeling: 0,51 kg CO₂/m³, voor verwarming: 0,39 kg CO₂/m³.*

Flexibiliteit en robuustheid (doelmatig gebruik van de bodem lange termijn beschikbaarheid)

De mogelijkheid van het plan/ordeningsinstrument om om te gaan met een veelheid aan mogelijke bovengrondse toepassingen is een belangrijk criterium dat moet worden meegenomen, zeker voor een gebied als OMAALA waarvan de invulling/ontwikkeling nog grotendeels onbekend is. Het plan moet voor een breed scala aan ontwikkelingspaden optimaal gebruik van de bodem en toegang tot bodemenergie voor alle gebouwen waarborgen (robuustheid). Daarnaast is het van belang dat er voor zowel bestaande bodemenergiesystemen als nieuwe bodemenergiesystemen voldoende flexibiliteit is; voor bestaande systemen om na veranderende energievraag het gebruik van de bodem te veranderen, voor nieuwe systemen om hun bronnen te kunnen inpassen en daarmee nog toegang te hebben tot bodemenergie. Daarnaast is het voor gebruikers fijn als ze flexibel kunnen omgaan met hun energiebalans (duurzaam onbalans opheffen of uitwisselen met burens). Hoe meer ruimte er beschikbaar blijft hoe flexibeler en robuuster het ordeningsplan is.

Kwantificering: toename/afname van het benuttingspercentage [%]. Hoe meer ruimte er beschikbaar blijft hoe makkelijker systemen hun bodem opslag kunnen aanpassen en hoe makkelijker nieuwe systemen kunnen worden ingepast.

Kritische parameters:

- *Opslagvolume, Energiebalans*
- *Onderlinge afstand, ordening*
- *Bronontwerp*
- *Berekening: Benuttingspercentage van ruimte in de ondergrond door 1) thermische beïnvloeding en 2) oppervlak van de geclaimde footprint.
Op basis van opslagvolume en bronontwerp kan de thermische footprint voor elk WKO systeem worden bepaald. Op basis waarvan het benutting percentage wordt*

vastgesteld. Hoe kleiner het thermische benuttingspercentage hoe meer ruimte er beschikbaar is voor nieuwe systemen om in te passen.

Op basis van de onderlinge vereiste bron afstand kan ook de oppervlak van de geclaimde ruimte in de bodem worden bepaald. Als de bronafstanden klein zijn, zal het maximale opslag volume eerder moeten worden beperkt, daarmee neemt de robuustheid en flexibiliteit voor individuele systemen juist af. Minder benutting is dus niet automatisch beter.

Gezien het feit dat WKO systemen circa 50% van hun jaarlijks vergunde capaciteit verpompen (Willemsen, 2016) en de benodigde extra ruimte door variaties in de seizoenen hebben ze normaal gesproken voldoende aan 1,5x van wat ze daadwerkelijk gemiddeld per jaar verpompen, zie Tabel 7-4. In deze studie wordt gerekend met de werkelijke verwachte jaarlijkse energievraag gecorrigeerd naar gebruik in de praktijk. Dus Normale variaties in energievraag kunnen worden opgevangen als onderlinge afstand $2 \times R_{th}$ is. Moeten significante veranderingen mogelijk blijven, door bij voorbeeld verandering van functie van het gebouw of uitbreiding, dan moet het benuttingspercentage voor de ruimtelijke claim minimaal 1,5 x zo groot moet zijn als die voor het thermische ruimtebeslag.

TABEL 7-4 GEMIDDELDE EN MAXIMALE VOLUME AANWEZIG IN DE BODEM BIJ VERSCHILLENDE GEBRUIKSREGIMES⁷

	In 1x alles erin alles eruit [m ³]	weersafhankelijk over 10 jaar met energiebalans om de 5 jaar [m ³]
Klein systeem	12.000	16.310
Gemiddeld	60.000	81.552
groot	150.000	203.879

Recovery Efficiëntie (van invloed op terugverdiendtijd, thermische efficiëntie, SPF en doelmatig gebruik van de bodem)

Verschuiven wetenschappelijk onderzoeken laten zien dat er een trade-off is tussen rendement van individuele bronnen en het rendement van een gebied als geheel (Jaxa-Rozen et al., 2015; Li, 2014; Sommer et al., 2015). Door systemen dichterbij elkaar te zetten neemt het individuele rendement af maar de totale energiebesparing van het gebied toe. Het dichterbij elkaar plaatsen van bronnen kan echter maar tot een bepaalde drempel, waar bij overschrijding sprake is van een "total collapse" van het systeem (Jaxa-Rozen et al., 2015). Verder is de thermische efficiëntie van individuele bronnen sterk afhankelijk van de filterlengte van de bron en het opslagvolume over de tijd; thermische verliezen treden immers op aan de randen van de warme en koude bel. Dus de verhouding tussen contactoppervlak met natuurlijke grondwatertemperatuur en het totale volume moet zo klein mogelijk zijn wat resulteert in een optimale filterlengte bij een gegeven opslag volume (Doughy et al., 1982).

Kwantificering: 1) verwachte thermische recovery efficiëntie [%] en 2) toename/afname recovery efficiëntie t.o.v. individueel gebouw op basis van ontwerp base case [%].

kritische parameters:

⁷ De genoemde hoeveelheden komen voort uit model simulaties van WKO systemen waarvan de jaarlijkse energievraag afhankelijk is gemaakt van de gemiddelde verwachte vraag en optredende buiten temperaturen in een monitoringstijdreeks.

- *Filterlengte en opslagvolume. Het opslagvolume volgt uit de jaarlijkse energievraag. De bijbehorende filterlengte is een ontwerpparameter van het ordeningsplan.*
- *Onderlinge afstand. Dat is een ontwerp variabele van het ordeningsplan,*
- *Berekening: inschatting van recovery efficiency op basis van superpositie van analytische verbanden; 1) Doughty's verband voor efficiëntie op basis van L/R ratio, 2) verband voor efficiëntie op basis van afstand tussen bronnen afgeleid na monte-carlo simulatie met numeriek grondwater model.*

Aanleg en beheer kosten (van invloed op terugverdientijd)

Door specifieke eisen aan ordening en prestatie in het bodemenergieplan kunnen de kosten van individuele gebruikers voor aanleg en beheer groter zijn ten opzichte van de situatie zonder ordeningsregels. Ten opzichte van een conventioneel systeem nemen de beheerkosten toe, het vergt immers aandacht om een bodemenergiesysteem optimaal te laten functioneren. Aanvullende eisen uit het ordeningsplan hebben normaal gesproken geen extra effect op de beheerkosten, alleen in het geval dat gebouwen een warme en/of koud bron delen / ondergronds energie uitwisselen en als door de ordening een gebouw 2 of meer doublets krijgt in plaats van 1.

Kwantificering toename afname aanleg kosten t.o.v. individueel gebouw in base-case zonder rekening te houden met inpassingsaspecten als gevolg van bronnen van derden of belemmeringen/RO op maaiveld [%].

kritische parameters:

- *Investeringskosten; onderlinge afstand, filterlengte, afstand van bron tot gebouw*
- *Extra monitoring en rapportage verplichtingen, t.o.v. situatie zonder ordening*
- *Berekening: combinatie van 2 wijzigingen van de kosten t.o.v. situatie zonder ordeningsplan. 1) aanleg kosten van bronnen en leidingen zijn ongeveer 50% van de totale aanleg kosten van een bodemenergiesysteem. Door de ordeningsregels van het plan kan inzichtelijk worden gemaakt hoeveel deze kosten veranderen t.o.v. de situatie zonder ordening. 2) De monitoring en registratie kosten zijn enkele procenten van het totale aanleg budget. M.u.v. het scenario zonder ordeningsplan geldt voor elk scenario dat dit een klein beetje toeneemt. Exacte kosten en percentages zijn niet bekend en lastig in te schatten, daarom wordt voor alle scenario's een forfaitaire waarde van 2% voor de toename in de kosten toegepast.*

Uit het overleg met Flevoland, Lelystad, OFVG en OMALA bleek dat alle 4 de beoordelingscriteria als even belangrijk worden gezien. Belangrijke kanttekening is dat de laatste 2 beoordelingsparameters van invloed zijn op de uiteindelijke terugverdientijd van het bodemenergiesysteem, en daarmee bepalend voor in welke mate bodemenergie daadwerkelijk wordt toegepast door initiatiefnemers op OMALA.

7.4.3 Ontwerp parameters van het ordeningsplan

Bij het toepassen van bodemenergiesystemen zijn er vele parameters waaraan eisen kunnen worden gesteld in het bodemenergieplan; dit noemen wij de ontwerpparameters van het ordeningsplan. Voordat we een plan kunnen maken moet eerst duidelijk zijn aan welke onderdelen van bodemenergiesystemen eisen kunnen worden gesteld. Li (2014) heeft de ontwerpparameters van bodemenergieplannen geïdentificeerd, deze zijn aangevuld en beschreven in Tabel 7-5, en geanalyseerd op geschiktheid in onderstaande.

7.4.3.1 Energievraag

Voor gebruikers van bodemenergiesystemen is het niet wenselijk dat het bevoegde gezag of de OMALA vanuit de ordening van de ondergrond eisen gaat stellen aan hoe hun gebouw moet worden gemaakt en hoe ze het moeten gebruiken. Vanuit verschillende wetten en regels wordt er al gestuurd op energiezuinige gebouwen (EPC (Ministry-of-Internal-affairs, 2012)) en kwaliteit van bodemenergiesystemen (erkenningregeling (Ministry-of-Environment,

2013)). Extra maatregelen zijn daarom niet nodig en zullen als lastenverzwaring worden ervaren. Om het gebruik van de ondergrond te ordenen zou er alleen een maximum opslag volume per gebouw kunnen worden toegekend, zoals reeds gebruikelijk is bij open bodemenergiesystemen in het kader van de Waterwet.

7.4.3.2 Bronontwerp

Het type bron hang sterk samen met het ontwerp van de opwekkingsinstallatie, daar valt om dezelfde redenen als bij de energievraag niet zo goed op te sturen. Je kunt in een ordeningsplan natuurlijk wel sturen door het voor bepaalde type bronnen makkelijker te maken en/of door in een vroeg stadium bij initiatiefnemers te wijzen op de voordelen van bepaalde typen bronnen.

De filterlengte van bronnen bepaald samen met het opslag volume de "footprint" van het bodemenergiesysteem. Het is niet gebruikelijk om daar eisen aan te stellen, ook de Nederlandse richtlijnen voor het ontwerp van bodemenergiesystemen zijn hier niet concreet over (NVOE, 2006). Er zijn echter wetenschappelijke publicaties over optimale verhouding tussen thermische straal en filterlengte (Doughty et al., 1982). Om de footprint te beperken is het dus zinvol om ontwerpregels op te nemen voor minimale filterlengte. In gebieden met een beperkte aquifer dikte is dit niet zinvol, omdat de meeste bodemenergiesystemen de gehele aquifer dikte zullen willen gebruiken. In het geval van OMALA is er een dikke aquifer het komt de benutting van de ondergrondse ruimte ten goede als de gehele dikte wordt gebruikt. Voor het ordeningsplan is het dus zinvol om een minimale filterlengte te eisen die afhankelijk is van het maximale opslagvolume.

Met het stellen van eisen aan filterlengte, wordt dus indirect gestuurd op het aantal bronnen. Ten aanzien van het aantal bronnen zijn er 2 belangrijk aandachtspunt die nader moeten worden uitgewerkt bij het stellen van eisen: 1) flexibiliteit bij het net overschrijden van de mogelijk filterlengte in de aquifer zodat gebruikers niet onnodig meerdere bronnen moeten aanleggen, 2) bij het bepalen van de filterlengte van twee bronnen die gezamenlijk een warme of koude zone vormen moet de som van beide opslag volumes als grondslag worden gebruikt voor het bepalen van de filterlengte.

Door eisen te stellen aan de brontemperatuur kan worden gestuurd op de hoeveelheid energie die per m³ grondwater wordt opgeslagen. Hoe meer energie er per m³ grondwater wordt opgeslagen, hoe minder ruimte bodemenergiesystemen innemen. Vanuit efficiënt bodemgebruik is dit dus een effectieve parameter om op te sturen. Echter vanuit het gebouw geredeneerd kan het een contraproductief effect hebben. Bodemenergie systemen werken bij koeling veelal passief en in deellast bedrijf (90% van de bedrijfsuren) kan de infiltratietemperatuur daardoor sterk afwijken van de waarde in vollast bedrijf. Ondanks de beperkte infiltratietemperatuur levert het systeem wel efficiënt de vereiste koeling. Het zou in dergelijke gevallen zelfs contraproductief kunnen zijn (extra energie verbruik) om het behalen van een specifieke infiltratietemperatuur af te dwingen. Dit middel kan daarom het beter alleen worden toegepast als de ruimte in de bodem zeer limiterend is om aan alle vraag naar bodemenergie te voldoen.

7.4.3.3 Bronlocatie

Zoals eerder beargumenteerd; ordening in de ondergrond op basis van onbekende en veranderlijke bovengrondse ordening zorgt voor beperkingen in de toekomst (Li, 2014). Daarnaast laten verschillende wetenschappelijke onderzoeken zien dat bodemenergie systemen zichzelf heel goed kunnen ordenen (Bloemendal et al., 2014; Caljé, 2010). In gebieden met hoge grondwaterstroming is het bronontwerp en de locatie van de bronnen een belangrijk aspect om rekening mee te houden. Ter plaatse van OMALA is de grondwaterstroming echter verwaarloosbaar klein waardoor daar geen rekening mee hoeft te worden gehouden.

Verschillende wetenschappelijke onderzoeken hebben aangetoond dat er een trade-off is tussen rendement van individuele bronnen en het rendement van een gebied als geheel (Jaxa-Rozen et al., 2015; Li, 2014; Sommer et al., 2015). Door systemen dichtbij elkaar te zetten neemt het individuele rendement af maar de totale energiebesparing van het gebied toe. Het dicht bij elkaar plaatsen van bronnen kan echter maar tot een bepaalde drempel, als die wordt overschreden neemt het individuele rendement van de bronnen zo sterk af dat het (Jaxa-Rozen et al., 2015). Door eisen te stellen aan de afstand tussen bronnen van gelijk en verschillend type wordt direct gestuurd in de benutting en indirect in ruimtelijke verdeling van de bronnen waarbij kleine bronafstanden leidt tot kleinere benutting en minder flexibiliteit voor het individuele systeem maar meer flexibiliteit voor het inpassen van nieuwe systemen en vice versa.

TABEL 7-5 ONTWERP PARAMETERS BODEMENERGIESYSTEEM

Ontwerp parameter	Afhankelijk van	Aanpasbaarheid	Geschikt voor ordening
Energievraag (opslag volume in de bodem)	Gebouw eigenschappen	Door gebouweigenaar in aanleg fase	Nee
	Gebruik van het gebouw	Door gebouwgebruiker in gebruiksfase	Nee
	Keuze voor opwekkingsinstallatie	Door gebouweigenaar in aanleg en renovatie fase	Nee
	Beheer van opwekkingsinstallatie	Door gebouwgebruiker in gebruiksfase	Maximum volume
	klimaat en weersomstandigheden	Niet	Nee
Bron ontwerp	Type bronnen (monobron, doublet, gesloten)	Door gebouweigenaar in aanleg fase	Niet dwingend
	Filterlengte	Door gebouweigenaar in aanleg fase	Ja
	Aantal bronnen	Door gebouweigenaar in aanleg en gebruiksfase	Indirect
	Bron temperatuur	Door gebouweigenaar in aanleg en gebruiksfase	mogelijk
Bron locatie	Ruimtelijke ordeningsregels (warme/koude zones, bronlocaties)	Door gebouweigenaar en BG in aanleg fase	Nee
	Afstand tussen bronnen	Door gebouweigenaar en BG in aanleg fase	Ja

Uit de analyse blijkt dat er maar weinig ontwerpparameters gedurende het gebruik kunnen worden aangepast, de meeste zaken kun je 1 keer goed (of fout) doen in de aanleg fase.

7.4.4 Identificeren van mogelijke ordening- en beheerprincipes

Op basis van het vastgestelde beoordelingskader worden in deze paragraaf verschillende ordeningsregels geëvalueerd. Voor het vaststellen van de verschillende ordeningsregels worden de ontwerp parameters die eerder zijn vastgesteld gevarieerd volgens bepaalde scenario's die eerst worden gedefinieerd.

Scenario's

Algemene uitgangspunten:

- alle gebouwen krijgen bodemenergie (worst case benadering voor gebruik van de ondergrond).

- bodemenergie wordt decentraal toegepast, elk gebouw krijgt zijn eigen WKO bronnen die die naar eigen inzicht kan aanspreken.

Base case

Standaard ontwerpnormen 3 x Rth als bron afstand, filterlengte op basis van benodigde maximale debiet. Systemen kleiner dan 10 kW wordt als gesloten systeem uitgevoerd en als voor een open systeem een monobron past dan wordt een monobron toegepast.

Filterlengte

Filterlengte bepalen op basis van optimale thermische cilinder; oppervlak van cilinder is minimaal, rekening houdend met het feit dat verliezen naar bovenliggende en onderliggende lagen met de tijd afnemen (Doughty et al., 1982). De ontwerpregel van Doughty is dat de filterlengte 1,5x zo groot moet zijn als de thermische straal. Door de regel van Doughty te substitueren in de vergelijking voor de thermische straal kan een uitdrukking voor de benodigde filterlengte op basis van het opslagvolume worden afgeleid, Vergelijking 2.

$$R_{th} = \sqrt{c_w \cdot V_{in} / c_{aq} \cdot \pi \cdot L}$$

$$L = \sqrt[3]{2.25 c_w V / c_a \pi}$$

$$L = c_{doughty} \sqrt[3]{V}$$

$$c_{doughty} = \sqrt[3]{2.25 c_w / c_a \pi} = 1.02$$

VERGELIJKING 2 AFLEIDING UITDRUKKING VOOR OPTIMALE FILTERLENGTE ALS FUNCTIE VAN OPSLAG VOLUME OP BASIS VAN DOUGHTY

V	=	Opslag volume grondwater [m ³]
R _{th}	=	Thermische straal [m]
L	=	Filter lengte [m]
c _w	=	Specifieke warmte capaciteit van water 4,2·10 ⁶ [J/kg/K]
c _{aq}	=	Specifieke warmte capaciteit van water bodem 2,8·10 ⁶ [J/kg/K]

Onderlinge afstand tussen de bronnen

De onderlinge afstand wordt gevarieerd tussen de 1,5 en 3 x de thermische straal behorend bij het verwachte opslag volume en filterlengte. Deze grenzen zijn gebaseerd op de uitkomsten van studies benutting van ondergrond met bodemenergiesystemen (Jaxa-Rozen et al., 2015; Li, 2014; Sommer, 2015) en de afstand die normaal gesproken (NVOE, 2006) wordt gehanteerd.

Energievraag van de gebouwen.

Zowel een toename en afname van de ingeschatte energievraag van 50%. We maken onderscheid tussen 5 scenario's;

- 0: base scenario energievraag zoals bepaald in Hoofdstuk 5
- 1: random 0-50% meer/minder energievraag
- 2: koelvraag 0-50% meer (reëel scenario onder invloed van klimaatverandering)

3: alles 0-50:% meer

4: alles 0-50% minder

Energiebalans en onderlinge uitwisseling

Als systemen geen strikte energie balans hoeven te houden en onderling energie kunnen uitwisselen beperkte dat het benodigde ruimte beslag, zonder dat dat ten koste gaat van de vermeden CO₂ emissie reductie. Dit vraagt echter wel een grotere inspanning in de operationele fase en mogelijk extra infrastructuur als gebouwen die verder bij elkaar vandaan staan energie willen uitwisselen. Aan de andere kant bespaart het ook extra investering voor voorzieningen die de balans van individuele gebouwen moet herstellen.

Sturen op type bron

Ondanks dat sturen op type bron niet wenselijk is wordt toch inzichtelijk gemaakt welk effect het heeft als alle systemen; gesloten, monobronnen en doublets⁸ vastgesteld.

Uitsluiten Recirculatie bronnen

Recirculatie systemen hebben geen warme of koude bron, zelf ordening/organisatie zoals eerder beschreven is dus niet van toepassing op dit type bronnen. Omdat de grondwaterstroming erg laag is, kunnen deze systemen ook een onevenredig groot thermisch beïnvloedingsgebied hebben en omdat deze systemen niet "heen-en-weer" pompen moet er op een andere manier rekening worden gehouden met de onderlinge effecten met andere bodemenergiesystemen. Deze factoren in combinatie met het kleinere temperatuur verschil tussen de bronnen, wat ze in potentie minder doelmatig maakt, zijn de aanleiding om dit type systemen uit te sluiten.

7.4.5 Resultaten en pre-selectie

De resultaten van de verschillende ordeningsregels bij energievraag scenario 0, zijn weergegeven in Tabel 7-6. De resultaten van de overige energievraag scenario's zijn weergegeven in Bijlage 1. Hieruit blijkt dat voor alle energievraag scenario's de ordeningsregels qua onderlinge verschillen gelijk presteren. Enkele kanttekeningen bij de beoordeling van de tabel;

- Gesloten systemen hebben de hoogste doelmatigheid. Dit wordt veroorzaakt door het feit dat zij ook energie opslaan in de lagen die boven het 2^{de} watervoerende pakket liggen.
- De kostenverandering voor de scenario's waar wordt gestuurd op type bron zijn niet representatief omdat de kostenverandering alleen is uitgerekend uitgaande van toepassing van dezelfde bron als de base case. Kosten verandering uitrekenen voor verschillende type bronnen vraagt om en uitgebreide kosten berekening wat gepaard gaat met een grote onzekerheid en is daarom achter wege gelaten.

⁸ Recirculatie systemen worden niet toegelaten. Een recirculatie systeem heeft een relatief groot ruimte beslag en gezien de zeer geringe grondwaterstromingssnelheid ook grote kans op verstoring van eigen onttrekkingsbron en/of bronnen van de burens. Voor kleine systemen is er voldoende ruimte om een monobron of gesloten systeem toe te passen.

TABEL 7-6. PRESTATIES VAN VERSCHILLENDE ORDENINGSREGELS VOOR ENERGIEVRAAG SCENARIO 0. HET BASE-CASE SCENARIO MET DE VRIJ BRON KEUZE RESULTEERT IN 19% GESLOTEN SYSTEMEN, 78% MONOBRONNEN EN 3% DOUBLET. DE BENUTTINGPERCENTAGES IN DEZE TABEL ZIJN BEREKEND OP BASIS VAN DE AANNAME VAN DE PERCEEL GROOTTE VAN DE GEBOUWEN DIE IS GEBRUIKT VOOR DEZE ANALYSE. DE BENUTTING VAN DE BASE CASE WIJKT DAAROM AF VAN DE EERDER GEPRESENTEERDE GETALLEN IN TABEL 6-9 WAAR OOK HET TOTALE GEBIED IS MEEGENOMEN (DUS OOK OPENBARE RUIMTE). VOOR ALLE BENUTTING PERCENTAGES IN DEZE TABEL GELDT DAAROM DAT DEZE VOOR HET HELE GEBIED BESCHOUWD IETS LAGER ZULLEN LIGGEN.

Energievraag scenario		0		Kosten	Recovery	Benutting		Doelmatigheid
type br.	Bronontwerp	Balans?	afstand	verandering %	efficiency %	Thermisch %	Claim %	Ton CO2/m2
vrij	Qmax	balans	3 x Rth	0,00	0,77	0,64	1,50	1,54
			2,5 x Rth	0,02	0,74	0,64	1,04	1,54
			2 x Rth	0,01	0,69	0,64	0,67	1,54
		flexibel	1,5 x Rth	0,01	0,63	0,64	0,67	1,55
			3 x Rth	0,04	0,77	0,51	1,19	3,23
			2,5 x Rth	0,04	0,74	0,51	0,83	3,23
			2 x Rth	0,03	0,69	0,51	0,53	3,24
	op basis van V	balans	1,5 x Rth	0,03	0,63	0,51	0,53	3,25
			3 x Rth	0,20	0,83	0,15	0,32	5,55
			2,5 x Rth	0,20	0,80	0,15	0,22	5,56
		flexibel	2 x Rth	0,19	0,75	0,15	0,15	5,56
			1,5 x Rth	0,19	0,69	0,15	0,15	5,57
			3 x Rth	0,22	0,83	0,11	0,25	12,29
			2,5 x Rth	0,21	0,80	0,11	0,17	12,30
2 x Rth	0,21	0,75	0,11	0,11	12,30			
1,5 x Rth	0,21	0,69	0,11	0,11	12,31			
mono			3 x Rth	0,07	0,83	0,12	0,27	14,59
			2,5 x Rth	0,07	0,80	0,12	0,19	14,59
			2 x Rth	0,07	0,75	0,12	0,12	14,59
			1,5 x Rth	0,07	0,69	0,12	0,12	14,59
			3 x Rth	0,27	0,83	0,24	0,54	7,30
doublet			2,5 x Rth	0,24	0,80	0,24	0,37	7,30
			2 x Rth	0,21	0,75	0,24	0,24	7,30
			1,5 x Rth	0,18	0,69	0,24	0,24	7,30
			3 x Rth	0,27	0,83	0,24	0,54	7,30
Gesloten			nvt	0,43	0,77	0,03	0,16	39,15

Op basis van de uitkomsten van de beoordeling van de verschillende ordeningsregels blijkt dat;

- Het verplichten van het toepassen van langere filterlengten heeft een significante kosten verhoging tot gevolg bij de aanleg van het bodemenergiesysteem. De recovery efficiency neemt echter ook fors toe waardoor de exploitatiekosten afnemen. De aanleg kosten zijn een eenmalige uitgave, het verbeterde rendement heeft de gebruiker voor de hele gebruiksperiode plezier van. Het netto effect op de terugverdientijd is daardoor naar verwachting beperkt. Het effect op de benutting en doelmatigheid is echter wel erg groot. Door filters langer te maken wordt de ruimtelijk footprint wel 4 tot 5x kleiner en wordt de doelmatigheid 3 tot 4x zo groot.
- Het flexibel omgaan met energiebalans en mogelijkheid om energie uit te wisselen tussen gebouwen heeft kleine invloed op de terugverdientijd⁹ maar veel invloed op ruimte beslag in de bodem en doelmatigheid. Het flexibel omgaan met energiebalans heeft in potentie een zeer groot effect op het doelmatig gebruik van de bodem. Het effect is extra groot in energievraag scenario 2 waar er grotere onbalans ontstaat bij de bodemenergie systemen. In de evaluatie wordt er vanuit gegaan dat alle energie onderling kan worden

⁹ Zonder onderlinge uitwisseling moeten gebouwen faciliteiten aanleggen en energie stoppen in het handhaven van energiebalans in de bodem, door energie onderling uit te wisselen hoeft dat niet meer. Energie uitwisselen is echter ook niet "gratis" dat vergt minimaal regelmatige afstemming en waar gebouwen geen gezamenlijke warme/koude bron hebben zijn er ook faciliteiten nodig om de energie uit te wisselen.

uitgewisseld. In de praktijk is dat niet altijd kosten effectief en doelmatig te organiseren. Alleen als gebouwen in elkaars nabijheid zijn en er een significante hoeveelheid energie kan worden uitgewisseld zal dat gebeuren. Het werkelijke effect van flexibel omgaan met energiebalans en onderlinge uitwisseling zal daarom tussen de waarden van “flexibel” en “balans” in liggen.

- Het verkleinen van de afstand tussen bronnen is negatief voor de terugwin efficiëntie maar goed voor het terug dringen van de ruimtelijke claim. Alleen voor de situatie waar de bronnen zijn ontworpen op basis van het opslag volume en de bronafstand 3 of $2,5 \times R_{th}$ is, wordt voldaan aan de wens dat er mogelijkheid is om de energievraag van een gebouw significant te wijzigen.
- Het verplichten van het toepassen van een monobron is het meest gunstige scenario, zowel voor het optimaal benutten van de bodem als de terugverdientijd zo kort mogelijk te maken. Omdat warm en koud dan verticaal kan worden geordend is ruimtelijke inpassing een stuk minder lastig, en het is zeer gunstig voor het rendement van de energie opslag (gunstiger dan kon worden berekend in de evaluatie).

De kwantificering van het effect van de ordeningsprincipes op de beoordelingscriteria is een ruwe benadering van hoe het in werkelijkheid zal gaan. De gepresenteerde waarden zijn gemiddelde op basis van een inschatting van de energievraag een daarbij behorend bronontwerp, ruimte beslag en kosten verandering t.o.v. een referentie scenario (base case). Voor individuele gevallen lopen de resultaten uiteen; ter illustratie is voor de base case en één van de varianten de naast de gemiddelde waarden ook heft 10^{de} en 90^{ste} percentiel gegeven, Tabel 7-7.

TABEL 7-7 INDICATIE VAN SPREIDING VAN UITKOMSTEN VOOR ENERGIEVRAAG SCENARIO 0

	Kosten verandering t.o.v. Base case [%]	Recovery efficiency [%]	Benutting		Doelmatigheid [Ton CO ₂ /m ²]
			Thermisch [%]	Claim [%]	
Base Case					
0,1 percentiel	0,00	0,74	0,02	0,19	0,56
gemiddeld	0,00	0,77	0,64	1,50	1,54
0,9 percentiel	0,00	0,80	1,52	3,41	15,28
Type bron: Vrij, ontwerp o.b.v. Volume, flexibel in energiebalans, afstand $3 \times R_{th}$					
0,1 percentiel	0,04	0,77	0,02	0,02	7,2
gemiddeld	0,22	0,83	0,11	0,25	12,30
0,9 percentiel	0,30	0,83	0,22	0,50	20,3

De beste methode om te zorgen dat de benutting en doelmatigheid zo optimaal mogelijk zijn is;

- **Zorgen dat bronnen langere filterlengten hebben.**
Dat heeft een grote reductie van het ruimtebeslag tot gevolg dat het daardoor mogelijk is om zonder in te boeten aan flexibiliteit voor nieuwkomers toch een grote bron afstand kan worden gehanteerd $2,5$ of $3 \times R_{th}$.
- **Flexibel omgaan met energiebalans** en ruimte bieden om energie onderling uit te wisselen.
Omdat de verschillen tussen individuele balans en flexibiliteit beperkt zijn, is het niet

doelmatig om hier grootschalig op in te zetten. Waar mogelijk wel toestaan, maar het is niet noodzakelijk om daar fors op in te zetten.

De beste methode om te zorgen dat de terugverdientijd zo klein mogelijk is

- **Grote onderlinge afstand tussen bronnen**
Dat heeft een kleine extra aanleg kosten maar zorgt wel voor meer flexibiliteit en een hoger rendement.
- Het netto effect van lange filters op de terugverdientijd is verwaarloosbaar. Het zorgt voor een significante kosten verhoging bij aanleg, het rendement neemt echter ook fors toe.

7.4.6 Testen van de ordeningsregels

In de base case en de energievraag scenario's die daarop zijn gebaseerd is de energievraag vastgesteld op basis van een aantal verwachte gebouwen en bepaalde perceel grootte, random gegenereerd binnen bepaalde bandbreedten. Het aantal en de grootte van de gebouwen kan in de praktijk anders worden. Daarom wordt als laatste test de ordeningsregels nogmaals getoetst met de energievraag voor de gebouwen op AGC en MA6 op basis van een opnieuw gegenereerde andere samenstelling en grootte (grotere spreiding in grootte van gebouwen, naast de eerder toegepaste functies een aantal verschillende gebruikstypen toegevoegd (Food winkels, hoger onderwijs instelling, horeca).

De resultaten zijn opgenomen in Bijlage 1, en laten dezelfde resultaten zien als bij het evalueren van de verschillende ordeningsprincipes.

7.5 Beheer fase

7.5.1 Ordeningsregels

Wanneer het ordeningsplan beleidsmatig of privaatrechtelijk wordt verankerd moeten gebruikers van bodemenergie zich aan deze regels confirmeren. Afwijken van de ordeningsregels is toegestaan als kan worden aangetoond dat dit geen nadelige gevolgen heeft voor andere (toekomstige) bodemenergiesystemen.

De hier gepresenteerde regels zijn aanvullend op de standaard regels en voorschriften die gelden. De provincie Flevoland en de Gemeente Lelystad passen de HUM en BUM bodemenergiesystemen toe bij hun besluitvorming en handhaving van bodemenergiesystemen.

Andere toepassingen in de bodem dan bodemenergie moeten rekening houden met dit ordeningsplan en de toepassing van bodemenergie.

1. Type Bron

Recirculatie systemen vallen buiten de werkingssfeer van het ordeningsplan en zijn niet toegestaan.

2. Filterlengte open bronnen

De filterlengte van de open bronnen moet voldoen aan de volgende formule

$$L = \sqrt[3]{V}$$

V	=	Opslag volume grondwater [m ³]
L	=	Filter lengte [m]

3. Energiebalans

Bij een voorzien te kort aan warmte (koude overschot) dient bij de aanvraag het maximaal te verwachte koude overschot te worden aangegeven, inclusief bijbehorende effecten.

Onderling energie uitwisselen

Gebouwen in een interferentiegebied mogen onderling energie uitwisselen via de bronnen in de ondergrond. In dergelijke gevallen krijgt een bedrijf dat warmte en/of koude van een ander (aangrenzend) bedrijf wil benutten en dit (aangrenzend) bedrijf een voorschrift dat regelt hoe en hoeveel energie er jaarlijks tussen beide systemen wordt uitgewisseld.

4. Afstand tussen ongelijke bronnen (warm-koud / open-gesloten)

Minimaal $3 \times R_{th}$

R_{th} = Thermische straal [m]

Bij verschillende thermische stralen van bronnen geldt het gemiddelde van de 2 betreffende thermische stralen als grondslag voor deze regel

- Als de afstand tussen een open en gesloten systeem kleiner is dan $3 \times R_{th}$ dan wordt het voorschrift over uitwisseling van energie van kracht

5. Afstand tussen gelijke bronnen (warm-warm of koud-koud)

Als afstand tussen gelijke bronnen kleiner is dan $0,5 \times R_{th}$

- dan moet bij bronnen van hetzelfde systeem de filterlengten van beide bronnen worden ontworpen op de som van de jaarlijkse opslag volumes van beide bronnen samen.
- dan wordt bij bronnen van verschillende systemen het voorschrift over uitwisseling van energie van kracht
- dan mag bij bronnen van verschillende systemen de infiltratietemperatuur van het nieuwe systeem niet meer dan 3°C af te wijken van het bestaande systeem.

7.5.2 Toelichting

Locatie en ontwerp van de bronnen worden vastgesteld op basis van verwachte jaarlijkse opslag volume per bron (V), dat kan dus per type bron per systeem verschillen.

Gevolg van het aanwijzen tot interferentiegebied is dat gesloten en kleine open systemen vergunning plichtig zijn. Alle grondwateronttrekkingen binnen het grensgebied dienen twee weken voor ingebruikname te worden gemeld bij de provincie.

Opslagvolume open bronnen

Het volume dat wordt gebruikt als grondslag om het ontwerp van de bron op te baseren is het te verwachten maximale cumulatieve opslag volume in die specifieke bron. Wat inhoudt dat als een na een seizoen "ontladen" nog wat energie achterblijft en er weer wordt geladen, die achtergebleven energie ook moet mee tellen in het opslag volume.

- Er zit dus variatie in hoeveel volume er jaarlijks wordt onttrokken, maar daardoor ook in hoeveel er achter blijft. In de ontwerpfase is dit een onzekere parameter.
- Hoe meer er in de ontwerpfase rekening is gehouden met variaties in energievraag hoe beter het jaarlijkse te verwachte opslag volume een goede basis is voor het bron ontwerp.
Als er op basis van variatie in gebruik en optredende weersomstandigheden tijdreeks analyses zijn gemaakt van de energievraag van het gebouw en de daaruit volgende opslag volumes in de bodem, dan is het gemiddelde van het maximale opslag volume per jaar een goede maat voor het bronontwerp.
- Als echter beperkt rekening is gehouden met schommelingen in opslag volume is het verstandig om het jaarlijkse verwachte opslag volume (dat volgt uit de schiltransmissie berekening en/of jaarbelasting duerkromme) hiervoor te corrigeren; volgens Tabel 7-4 met een factor van minimaal 1,25.

Als blijkt dat een gebruiker structureel afwijkt van het jaarvolume dat als grondslag is gebruikt voor het bronontwerp en de vergunning, kunnen OMALA en/of provincie in overleg met de betreffende gebruiker de grootte van de vergunning aanpassen; zowel verruimen als verkleinen. Hiervoor gelden de standaard regels en voorschriften. Aanpassing van het bronontwerp is hierbij niet aan de orde.

Het vaststellen van het volume dat ten grondslag ligt aan het bronontwerp is de verantwoordelijkheid van de aanvrager van de vergunning. Gebruikers die een te groot volume aanvragen krijgen een langer filterlengte, wat zorgt voor grotere aanleg kosten. Dat is een trigger moeten zijn om realistisch aan te vragen.

- Als een te groot Volume wordt aangevraagd en in de praktijk dus weinig energie wordt opgeslagen heeft dat negatieve gevolgen voor hun eigen rendement. De footprint is door het lange filter juist erg klein. Daarmee zit een gebruiker dus vooral zichzelf (door minder grote efficiency en hogere aanlegkosten) en niet anderen in de weg.
- Als een te klein Volume wordt aangevraagd, om boorkosten te drukken wordt de vergunning overschreden en wordt het thermische beïnvloedingsgebied groter dan voorzien. Indien er ruimte is zou de vergunning kunnen worden verruimd, maar dat is onzeker, niet goed voor de efficiency van de bronnen en niet goed voor de flexibiliteit van de eigen opslag capaciteit, omdat eventuele variaties in seizoenen of gebouw gebruik niet meer kunnen worden opgevangen omdat de buffer tot andere systemen te klein is geworden.

Onderling energie uitwisselen

In navolging van landelijk beleid is en blijft het in principe niet toegestaan om energie in de bodem te lozen (de bodem structureel op te warmen). Dit kan in de praktijk afbreuk doen aan het energetisch rendement van bodemenergiesystemen doordat in sommige gevallen een bedrijf extra airconditioningunits moet installeren, die veelal niet energiezuinig zijn, terwijl het aangrenzende bedrijf een jaarlijks koude overschot heeft. In dit interferentiegebied kan meer flexibiliteit worden gecreëerd door toe te staan dat in dit geval het koude-overschot van een (aangrenzend) bedrijf te benutten om een eigen warmteoverschot te compenseren. Voorwaarde is wel dat bij de locatiekeuze van de bronnen, de warme en koude bronnen de bronnen van een (aangrenzend) bedrijf versterken (warm bij warm en koud bij koud). Wanneer niet meer kan worden voldaan aan de voorschriften voor

onderlinge uitwisseling geldt voor de afzonderlijke systemen van deze bedrijven weer het landelijke beleid ten aanzien van warmte en koude-overschot.

In voorkomende gevallen neemt het Gebiedsmanagement van OMALA de regie om te zorgen dat (privaatrechtelijke) afspraken over energie-uitwisseling worden gemaakt met de betreffende partijen. Omdat OMALA ook het overzicht heeft over de energiebalans van alle systemen zullen zij vaak ook het initiatief nemen als ze kansen signaleren voor onderlinge uitwisseling.

Enkele algemene uitgangspunten voor onderling energie uitwisselen:

- o Vooraf wordt inzichtelijk gemaakt dat warme of koude zones niet ongelimiteerd groeien en voor negatieve effecten voor derden zorgen.
- o Er worden privaatrechtelijk afspraken gemaakt over hoe wordt omgegaan met de onderlinge afhankelijkheid. Wat als het beloofde energieoverschot niet wordt gerealiseerd?

Registratie en jaarrapportages

Gegevens over verpompte hoeveelheden grondwater, opgeslagen hoeveelheden energie en onttrekking- en infiltratie temperaturen worden door de gebruikers conform de monitoringsrichtlijnen uit de BUM deel 1 gerapporteerd aan OMALA, de gemeente en/of de provincie. OMALA maakt aanvullend op de individuele jaarrapportages een jaarrapportage van het gebied, waarin de totale energiebalans en energiehoeveelheden per gebouw en bron worden geëvalueerd.

Voor het voeren van de regie op de ondergrond en het signaleren van kansen om energie uit te wisselen is het voor OMALA van belang dat de gebruikers in de jaarrapportages onderscheid maken tussen hoeveel energie uit het bodemenergie direct geleverd is als nuttige warmte of koude aan het gebouw, en welk deel aan de bodem is toegevoegd in het kader en regeneratie.

Rol van OMALA

Gedurende de gebruiksfase van de bodemenergiesystemen voert OMALA regie op het gebruik van de bodem. Daarvoor houdt OMALA bij hoe de ruimte in de bodem wordt benut en of dat nog wel voldoet aan de afspraken die daarover zijn gemaakt. Als daar aanleiding toe is en toelaatbaar is kunnen deze afspraken worden herzien. OMALA gebruikt de uitgifte voorwaarde om de afspraken met gebruikers privaatrechtelijk vast te leggen.

In de rol van gebiedsregisseur communiceert OMALA de regels van het plan naar potentiële gebruikers. Waar nodig en/of gewenst kan OMALA een platform creëren voor gebruikers om onderling ervaringen over beheer uit te wisselen.

Rol van de Provincie / gemeente / OFVG

De provincie en gemeenten toetsen of initiatief voldoet aan de regels van het plan en verleent vergunning als dat het geval is.

- Elk bodemenergiesysteem moet een vergunning aanvragen bij de provincie Flevoland

- Na aanleg moet worden aangetoond dat de bron is aangelegd conform ontwerp.

De provincie en gemeenten registreert de locatie van gerealiseerde bronnen en maakt de beschikbaar via de daarvoor ingerichte loketten.

Op basis van de verstrekte monitoringsrapportage en periodieke veldbezoeken handhaaft de provincie en de gemeente de voorschriften.

Berekening Thermische straal individuele open bron

De thermische straal die geldt als grondslag voor de regels van onderlinge afstand kan worden berekend met de volgende vergelijking.

$$R_{th} = \sqrt{\frac{c_w \cdot V}{c_{aq} \cdot \pi \cdot L}}$$

VERGELIJKING 3, AFLEIDING UITDRUKKING VOOR OPTIMALE FILTERLENGTE ALS FUNCTIE VAN OPSLAG VOLUME

V	=	Opslag volume grondwater [m ³]
R_{th}	=	Thermische straal [m]
L	=	Filter lengte [m]
c_w	=	Specifieke warmte capaciteit van water $4,2 \cdot 10^6$ [J/kg/K]
c_{aq}	=	Specifieke warmte capaciteit van water bodem $2,8 \cdot 10^6$ [J/kg/K]

Berekening Thermische straal individuele gesloten bron

Waar gesloten systemen in elkaars nabijheid staan is Bijlage 2 van de BUM gemeentelijke taken van toepassing. Er is echter geen handreiking/handleiding om tussen open en gesloten systemen de onderlinge optimale afstand te bepalen daarom wordt in dit gebied voor beiden de thermische straal randvoorwaarde als minimale afstand gehanteerd. Het niet gebruikelijk om voor gesloten systemen een thermische straal te bepalen; daarom hier een toelichting om dat te kunnen doen.

$$R_{th} = \sqrt{\frac{c_w \cdot E_b}{1,16 \cdot dT \cdot c_{aq} \cdot \pi \cdot L_b}}$$

VERGELIJKING 4, AFLEIDING UITDRUKKING VOOR OPTIMALE FILTERLENGTE ALS FUNCTIE VAN OPSLAG VOLUME

E_b [kWh]	=	Energiehoeveelheid per bodemlus (maximum van warm en koud)
L_b	=	Lengte verticale bodemlus [m]
c_w	=	Specifieke warmte capaciteit van water $4,2 \cdot 10^6$ [J/kg/K]
c_{aq}	=	Specifieke warmte capaciteit van water bodem $2,8 \cdot 10^6$ [J/kg/K]
dT	=	Temperatuur verschil tussen achtergrond temperatuur en opslag temperatuur, worst case beschouwing is 3°K

In het geval dat er meerdere lussen/boringen zijn, op basis van de clustering een zo representatief mogelijk thermische straal bepalen. Bij clustering in cirkel of vierkant wijst zich dat vanzelf. Bij clustering in rechthoek of lijn in overleg treden met provincie/gemeente en OMALA voor juiste bepaling.

Afstand tot bluswater bronnen en andere infrastructuur

Aandachtspunt: Mogelijk worden er bluswater bronnen of andere infrastructuur in het gebied aangelegd. Bij de ruimtelijke inpassing van bodemenergiebronnen, moet voldoende afstand worden gehouden tussen de bronnen om directe/grond mechanische beïnvloeding te voorkomen. Minimaal circa 10 m afstand tot bodemenergiebronnen, bij kleinere afstanden is het verstandig om geotechnisch onderzoek uit te laten voeren.

7.6 Conclusie

7.6.1 Evaluatie nut/noodzaak bodemenergieplan

Zonder bodemenergieplan beslaat de geclaimde ruimte van de bodemenergiesystemen circa 130% van het oppervlak van MA6 en AGC, er is dus onvoldoende ruimte om alle initiatieven te accommoderen.

Met relatief simpele ordeningsregels kan het gemiddelde ruimtebeslag flink worden teruggedrongen, en de efficiëntie en doelmatigheid worden vergroot. Door het bronontwerp afhankelijk te maken van het verwachte opslagvolume is er een correctie mechanisme tot stand gekomen wat gebruiker zal beperken om te veel ruimte in de bodem te claimen, zoals in de huidige praktijk veelal het geval is. Gebruikers die een te groot volume aanvragen krijgen dus automatisch een langer filterlengte, wat zorgt voor hogere aanlegkosten. Dat zou dus een trigger moeten zijn om realistisch aan te vragen.

Het enige nadeel van het voorliggende ordeningsplan is dat de aanlegkosten van de bronnen zullen toenemen. Daar krijgen de gebruikers echter wel wat voor terug; er is voor meer partijen toegang tot bodemenergie en het rendement van de bronnen is hoger.

Zonder een perceelindeling en daar bijbehorend zoneringsplan voor warme en koude bronnen is een ordeningsplan aangewezen op algemene regels en de zelf-orderende capaciteit van bodemenergiesystemen. Door de forse reductie in benutting is er geen reden om te verwachten dat er nog conflicten optreden als wordt vertrouwd op organische groei/plaatsing van bronnen.

7.6.2 Discussie aanpak totstandkoming bodemenergieplan

Niet eerder is een ordeningsplan met de hier gevolgde aanpak tot stand gekomen. Het kwantificeren van het effect van verschillende ordeningsprincipes is een krachtige methode gebleken om inzichtelijk te maken hoe groot het effect van verschillende maatregelen is. De kwantificering van het effect van de ordeningsprincipes op de beoordelingscriteria is een ruwe benadering van hoe het in werkelijkheid zal gaan. De gepresenteerde waarden zijn gemiddelden op basis van een inschatting van de energievraag. Voor individuele gevallen lopen de resultaten uiteen. Dat geldt voor de berekeningen die hier zijn uitgevoerd, en dus ook voor de systemen in de praktijk.

Flexibiliteit van het ordeningsplan is expliciet meegenomen in de afweging van ordeningsprincipes. Of het plan daadwerkelijk flexibel genoeg is zal de praktijk moeten uitwijzen. De randvoorwaarden laten in ieder geval meer ruimte voor flexibiliteit dan bij conventionele bodemenergieplannen.

Deel III: Afsluiting

8 Discussie en integratie

8.1 Discussie

8.1.1 Centrale of decentrale waterzuiveringsinstallatie voor LA/OMALA

Voor de ontwikkeling van de duurzame waterketen is vanuit het concept van de circulaire economie bij aanvang van het project gestart met de optie om een decentrale (lokale) afvalwaterzuiveringsinstallatie voor het afvalwater van LA en mogelijk OMALA te realiseren.

Gaandeweg de looptijd van het project is duidelijk geworden welke afvalwaterhoeveelheden verwacht kunnen worden en tevens welke restcapaciteit aanwezig is in het rioolstelsel en op de AWZI Lelystad. In dezelfde periode heeft ook overleg plaatsgevonden met Waterschap Zuiderzeeland, de beheerder van de AWZI Lelystad. Hieruit is de vraag naar voren gekomen of het, vanuit de visie op duurzame gebiedsontwikkeling van LA en OMALA, wenselijk is een decentrale afvalwaterzuiveringsinstallatie te realiseren voor deze afvalwaterstroom. Deze zou beheerd kunnen worden door een gespecialiseerde organisatie. Daarnaast wordt geconstateerd dat op de bestaande AWZI Lelystad een grote overcapaciteit aanwezig is.

Gezien de veelheid en diversiteit van de voor- en nadelen welke samenhangen met de keuze voor een decentrale dan wel centrale afvalwaterzuivering is besloten om gezamenlijk met Waterschap Zuiderzeeland dit verder te onderzoeken. Te denken valt bijvoorbeeld aan de volgende (onderzoeks-)vragen:

- Past decentrale (lokale) afvalwaterzuivering beter dan centrale (regionale) afvalwaterzuivering in het concept van de circulaire economie?
- Wat is de optimale schaalgrootte voor het zuiveren van het afvalwater en het terugwinnen van (energie en) grondstoffen?
- Hoe kan op een kosteneffectieve manier grondstofterugwinning en afzet (kringloopsluiting) gerealiseerd worden? Is schaalvergroting hiervoor nodig?
- Hoe belangrijk vinden LA en OMALA het dat de duurzame afvalwaterketen voor passagiers, bezoekers en personeel zichtbaar is?
- Kan aansluiting van LA en OMALA op de AWZI Lelystad ertoe bijdragen dat de AWZI Lelystad verduurzaamt?
- Kan het riooltransportstelsel tijdig aangepast en vergroot zijn om bij oplevering van het terminal gebouw het afvalwater te kunnen transporteren?
- Welke (aanvullende) maatregelen zijn nodig om de afvalwaterstroom van LA en OMALA te kunnen ontvangen en verwerken op de AWZI Lelystad?
- Wat zijn de totale (maatschappelijke) kosten en baten van beide opties? En wie betaalt en ontvangt welk gedeelte?

8.1.2 Aanpak totstandkoming bodemenergieplan

Niet eerder is een ordeningsplan met de hier gevolgde aanpak tot stand gekomen. Het kwantificeren van het effect van verschillende ordeningsprincipes is een krachtige methode gebleken om inzichtelijk te maken hoe groot het effect van verschillende maatregelen is. De kwantificering van het effect van de ordeningsprincipes op de beoordelingscriteria is een ruwe benadering van hoe het in werkelijkheid zal gaan. De gepresenteerde waarden zijn gemiddelde op basis van een inschatting van de energievraag. Voor individuele gevallen

lopen de resultaten uiteen. Dat geldt voor de berekeningen die hier zijn uitgevoerd, en dus ook voor de systemen in de praktijk.

Flexibiliteit van het ordeningsplan is expliciet meegenomen in de afweging van ordeningsprincipes. Of het plan daadwerkelijk flexibel genoeg is, zal de praktijk moeten uitwijzen. De randvoorwaarden laten in ieder geval meer ruimte voor flexibiliteit dan bij conventionele bodemenergie plannen.

8.2 Integratie duurzame energie- en watervoorziening

8.2.1 Lozen periodieke onderhoudspuilen

Om verstopping van de grondwaterbronnen te voorkomen, moet periodiek het geaccumuleerde vuil in de bronnen worden verwijderd. Dit gebeurt doorgaans door kortstondig met hoog debiet water uit de bron te onttrekken en dit water met het geaccumuleerde vuil vervolgens te lozen. Voor de bodemenergiesystemen op OMALA en LA betekent dat in totaal circa 12.500 m³ grondwater per jaar wordt onttrokken. Ook bij de aanleg van bodemenergiesystemen komt eenmalig water vrij dat moet worden geloosd. Hoeveel dat is, is sterk afhankelijk van het type systeem en de grootte. Dit water wordt normaal gesproken geloosd op het riool of het oppervlaktewater. Hierover moet met het waterschap afspraken worden gemaakt.

8.2.2 Ondergrondse opslag van water

Hemelwater (tussen)opslag voor hergebruik kan in het eerste watervoerend pakket gerealiseerd worden. Een bodemenergiesysteem kan het best worden gerealiseerd in het tweede watervoerend pakket. Gezien de bodemopbouw zal er geen noemenswaardige interactie plaatsvinden en kunnen beide systemen afzonderlijk functioneren.

8.2.3 Winnen van thermische energie uit de waterketen

Op verschillende plekken in de waterketen zou thermische energie kunnen worden gewonnen. De volgende opties zijn onderzocht voor OMALA en LA:

- Glycol van de-icing ten behoeve van koeling (zie §6.2);
- Hemelwater ten behoeve van koeling (zie §6.3);
- Afvalwater ten behoeve van warmte (zie §4.2.1 en §6.4);
- Koeling/verwarming uit drinkwaterleiding (zie §6.5).

Geen van de opties is echter voldoende groot van omvang om (kosten)efficiënt toe te kunnen passen. Een uitzondering is hierbij de koeling door middel van hemelwater bij gebouwen met een relatief groot dak oppervlak en een kleine onbalans in de energievraag.

De restwarmte van de vergistingsinstallatie kan wel nuttig worden ingezet, voornamelijk voor het vergistingsproces zelf. Door het gebruik van warmte met een lagere temperatuur onttrokken uit het behandelde water prioriteit te geven, blijft er meer (hoogwaardige) warmte over voor gebruik in gebouwen. Dit is alleen van toegevoegde waarde als er dichtbij de bron een afnemer voor die warmte is.

8.2.4 Verhard oppervlakte

In verband met de vliegveiligheid mag er niet meer dan 3 hectare (30.000 m²) open water (opgesplitst of aaneengesloten) aanwezig zijn in de buurt van LA. Volgens het waterstructuurplan (§ 2.4.1.2) moet ter compensatie van de geplande bebouwing 17.250 m² waterberging aangelegd worden. De waterberging zal grotendeels in de vorm van wadi's gerealiseerd worden. Daarnaast wordt gestreefd naar inpassing van het oppervlaktewater in

de bedrijvzone. Omdat de hoeveelheid benodigde waterberging mede afhankelijk is van de hoeveelheid verhard oppervlak, het wateroppervlak en het type riolering welke alle drie nog onbekend zijn, is het nog niet duidelijk hoe groot de waterberging uiteindelijk moet worden.

Als hemelwater van gebouwen wordt opgevangen voor hergebruik van toiletspoelingen, dan is het gangbaar (maar nog geen vaststaand beleid) om dit dakoppervlakte af te trekken van het totaal verhard oppervlakte. Hiermee worden (een gedeelte van de) kosten voorkomen die gemaakt moeten worden om aan de opgave voor waterberging te voldoen. Bovendien kan door een goede locatiekeuze, de waterberging ook worden gebruikt als blusvijver.

9 Conclusies en aanbevelingen

9.1 Drinkwatervoorziening

Voor een duurzame (afval)waterketen is beperking van het drinkwatergebruik de eerste stap. De waterbehoefte van LA/OMALA is berekend op basis van de groeiscenario's en neemt toe van circa 135 m³/dag in 2023 tot circa 735 m³/dag in 2043. De waterbehoefte is vooral afhankelijk van de gekozen apparatuur en de organisatie van conferenties/feesten in het hotel en de Leisure Dome.

De volgende stap in de duurzame waterketen is het gebruik van grijswater in plaats van drinkwater voor toiletspoeling. De hoeveelheid grijswater die gedurende het jaar beschikbaar komt van wastafels is vaak voldoende voor het doorspoelen van de toiletten wanneer gebruik wordt gemaakt van waterbesparende of vacuümtoiletten. In het hotel wordt door douche- en bad gebruik zelfs genoeg grijswater geproduceerd om te voorzien in de toiletspoeling tijdens conferenties en feesten en – indien gebruik wordt gemaakt van een luxere uitvoering van douche en bad - tevens voor de toiletspoelingen in de Leisure Dome. Om dit hergebruik te realiseren is er wel een opslagruimte en tweede leidingnet nodig.

Ook hemelwater zou ingezet kunnen worden voor toiletspoeling. Inzet van hemelwater voor toiletspoeling is niet nodig, omdat er voldoende grijswater afkomstig van wastafels beschikbaar is en grijswater goedkoper en meer robuust is. Hemelwater kan wel effectief ingezet worden als duurzame bron voor toepassing als bluswater of voor besproeiing van de groenvoorziening. Er is potentieel circa 300.000 m³ per jaar beschikbaar.

Voor zowel de inzet van grijs- als hemelwater is (tussen)opslag van water nodig. Hiermee moet bij realisatie van de infrastructuur al rekening worden gehouden. Opslag kan plaatsvinden in een buffervoorziening in het gebouw, doorkratten/folie constructies onder, op of buiten het gebouw of door opslag in de (diepere) ondergrond. Opslag van hemelwater draagt bij aan het verminderen van de waterbergingsopgave ter compensatie van de toename van verhard oppervlakte.

Voor opslag in de ondergrond kan een collectief systeem in het eerste watervoerende pakket gerealiseerd worden waarin het hemelwater van alle gebouwen centraal verzameld wordt. De ondergrondse opslag van hemelwater kan ook enkele gebouwen beslaan en zelfs per gebouw gerealiseerd worden. Kleinschaligere systemen hebben minder leidingwerk nodig waardoor de kosten dalen. Omdat het nog niet duidelijk is hoe het terrein precies ingevuld gaat worden, zijn de kosten geschat. Deze variëren tussen de € 5.000 en € 20.000 per gebouw. Voordat besluitvorming over mogelijke ondergrondse opslag plaatsvindt, moet het risico op bodemopbarsting, vernatting en verdroging nader uitgewerkt worden.

9.2 Afvalwaterketen

Naast duurzame opties voor de drinkwatervoorziening, zijn er duurzame mogelijkheden voor de afvalwaterketen onderzocht. Hierbij is het van belang het afvalwater als een energie- en grondstoffenbron te beschouwen. De verwachte hoeveelheid afvalwater uit gebouwen van LA/OMALA en vliegtuigen groeit van 3.800 i.e. in groeiscenario N2 naar 16.000 – 18.000 i.e. in groeiscenario N3. De afvalwaterzuiveringsinstallatie moet hierin mee kunnen groeien.

Realisatie van een conventionele rioolwaterzuiveringsinstallatie bij groeiscenario N2 kost ongeveer 2,3 miljoen euro plus ongeveer 47.500 euro per jaar aan operationele kosten.

Vanwege de huidige technologische ontwikkelingen is de afvalwaterzuiveringsinstallatie initieel gebaseerd op het energiescenario, om in de tijd de transitie naar het grondstoffenscenario te maken. De zuiveringsinstallatie gebaseerd op het energiescenario vergt een investering van ongeveer 1,4 miljoen euro. De kosten voor realisatie van de zuiveringsinstallatie gebaseerd op het grondstoffenscenario kunnen (nog) niet worden bepaald.

Dit betekent dat er eerst met behulp van vergisting groene energie (biogas) gewonnen gaat worden uit een zo hoog mogelijk geconcentreerde afvalwaterstroom. Het is daarom van belang dat er gebruik wordt gemaakt van waterzuinige of vacuümtoiletten in de gebouwen van LA/OMALA, waaraan het afvalwater uit vliegtuigen, (organisch) afval van restaurants en - in de winter - de afvalwaterstroom met glycol en kaliumformiaat toegevoegd kan worden. Hiervoor kan gebruik gemaakt worden van een nieuw inzamelingsconcept met smallere buizen als riolering. De energieopbrengst kan vergroot worden door het gebruik van composteerbaar servies en bestek in restaurants of maaisel mee te vergisten. Met behulp van een gasmotor kan het geproduceerde biogas omgezet worden in elektriciteit en (meer dan) voldoende warmte om de vergistingsinstallatie op temperatuur te houden. De vergistingsinstallatie kan meegroeien door aanvankelijk een relatief grote installatie met een langere verblijftijd te realiseren en naarmate er meer afvalwater geproduceerd wordt de verblijftijd te verkorten.

Afhankelijk van de groei en de ontwikkelingen van de zuiverings- en terugwinttechnologieën zal het hart van de installatie gaandeweg omgeruild worden voor een Nereda®. De installatie kan verder uitgebreid worden met cellulose-terugwinning, struviet en alginaat productie en is mede afhankelijk van de waardeketen ontwikkeling en publieke acceptie van teruggewonnen grondstoffen.

Doordat de schaal van LA/OMALA relatief gezien klein is en de technologieën om grondstoffen terug te winnen nog niet ver genoeg ontwikkeld zijn om (op kleine schaal) kosteneffectief toegepast te kunnen worden, bestaat het risico dat het niet rendabel wordt om een grondstoffenfabriek op te zetten. Om deze kansen toch te benutten en zodoende de circulaire economie een impuls te geven en een transitie in gang te zetten kan mogelijk subsidie gevonden worden. Dit kan het vinden van een externe partij om de installatie met energie- en grondstof terugwinning te bouwen en te beheren vergemakkelijken.

Door te desinfecteren kan het gezuiverde (afval)water hergebruikt worden voor irrigatie of in koelssystemen. Dit zal niet kostendekkend zijn, maar kan bijdragen aan de zichtbaarheid van de duurzame waterketen door de herkomst van het water zichtbaar te maken vanuit de lucht en vanaf de grond.

Ook door ervoor te zorgen dat er lokale afnemers zijn voor teruggewonnen grondstoffen kan de duurzame waterketen (ook zichtbaar) versterkt worden. Vliegveld Lelystad zou bijvoorbeeld als launching customer kunnen optreden voor toiletpapier gemaakt met cellulose gewonnen uit het afvalwater. Waardeketen ontwikkeling van grondstoffen uit afvalwater kan ook gestimuleerd worden door het gebruik van struviet op de eigen terreinen en in de omgeving of het toepassen van alginaat bij toekomstige bouwactiviteiten.

Samenwerking met Waterschap Zuiderzeeland op de AWZI Lelystad biedt mogelijk meer kansen voor het realiseren van een grondstoffenfabriek. AWZI Lelystad heeft voldoende

capaciteit beschikbaar om de afvalwaterstroom van LA/OMALA te verwerken, mogelijk tot groeiscenario N2 (2033) waarna ook de derde actiefslibtank in gebruik genomen moet gaan worden. Voor zuivering van het afvalwater is zuiveringsheffing verschuldigd van 218.000 euro per jaar in groeiscenario N2 oplopend naar 1,03 miljoen euro per jaar in groeiscenario N3, gebaseerd op het door Waterschap Zuiderzeeland gehanteerde tarief voor 2016.

Hiervoor moet het riool transportstelsel van de gemeenten Lelystad aangepast en vergroot worden. Dit kost circa 2 miljoen euro, exclusief de aanleg van de vrij verval riolering voor de inzameling en afvoer per gebouw en uitbreiding van de capaciteit van rioolgemaal Waranda en mogelijk ook rioolgemaal De Griend in beheer bij Waterschap Zuiderzeeland. Hierdoor zouden LA en OMALA ontzorgd worden. Een nadeel is dat de zichtbaarheid verdwijnt bij LA/OMALA, tenzij de gewonnen grondstoffen/producten daar zichtbaar worden ingezet. Bovendien heeft Waterschap Zuiderzeeland op dit moment (nog) geen concrete plannen om grondstoffen te gaan terugwinnen op de AWZI Lelystad.

9.3 Energievraag van gebouwen en bodemenergie

In deze studie is een schatting gemaakt van de energievraag van de gebouwen op het terrein van LA/OMALA. Bij toepassing van bodemenergie door alle gebouwen blijkt dat er over het hele gebied gezien een warmteoverschot is in de bodem. Het invangen van de benodigde koelvraag van de gebouwen kan het beste worden uitgevoerd met asfaltcollectoren. Voor gebouwen met een kleine onbalans zou hemelwater ook voldoende capaciteit voor koeling kunnen leveren.

Er zijn geen belemmeringen voor de toepassing van bodemenergie in het gebied gevonden. Het watervoerend pakket 2 is geschikt en zeer dik. Voor geothermie is de potentie in de bodem minder groot.

Voor de feitelijke benodigde opslag is er voldoende ruimte in de bodem om de gebouwen van bodemenergie te voorzien. Echter, door de vereiste afstanden tussen bronnen in de algemene regels, zal de benodigde ruimte van de bodemenergiesystemen circa 130% van het oppervlak van MA6 en AGC beslaan. Er is dus onvoldoende ruimte om alle initiatieven te accommoderen, waardoor er coördinatie nodig is om optimaal en duurzaam gebruik van de bodem te waarborgen.

Met relatief simpele ordeningsregels kan het gemiddelde ruimtebeslag flink worden terug gedrongen, en de efficiëntie en doelmatigheid worden vergroot. Door het bronontwerp afhankelijk te maken van het verwachte opslagvolume is er een correctie mechanisme tot stand gekomen wat gebruikers zal beperken om teveel ruimte in de bodem te claimen, zoals in de huidige praktijk veelal het geval is. Gebruikers die een te groot volume aanvragen krijgen dus automatisch een langer filterlengte, wat voor grotere aanlegkosten zorgt. Dat zou aanleiding moeten geven om realistische volumes aan te vragen. Het enige nadeel van het opgestelde ordeningsplan is dat de aanlegkosten van de bronnen zullen toenemen. Daar krijgen de gebruikers echter wel wat voor terug; er is voor meer partijen toegang tot bodemenergie en het rendement van de bronnen is hoger.

Zonder een perceelindeling en daarbij horend zoneringsplan voor warme en koude bronnen is een ordeningsplan aangewezen op algemene regels en de zelf-ordenende capaciteit van bodemenergiesystemen. Door de forse reductie in benutting is er geen reden om te verwachten dat er nog conflicten optreden als wordt vertrouwd op organische groei/plaatsing van bronnen.

9.4 Aanbevelingen voor een duurzame energie- en watervoorziening

- Kies waar mogelijk voor het gebruik van waterbesparende of vacuümtoiletten.
- Gebruik grijswater voor toiletspoeling, afkomstig van wastafels, douches en bad voorzieningen.
- Onderzoek het risico op bodemopbarsting, vernatting en verdroging alvorens grootschalige inzet van opslag van (hemel)water in de ondergrond te overwegen.
- Kies vanuit de ambitie voor duurzaamheid en/of ter vermindering van de opgave voor waterberging voor hergebruik van hemelwater voor bluswatervoorziening en irrigatie.
- Maak tijdig keuzes ten behoeve van de aanleg van een (tussen)opslag en grijswater leidingnet in en tussen gebouwen, om meerkosten te beperken.
- Beslis tijdig over de route van het afvalwater, zodat aanpassingen aan het riooltransportstelsel gerealiseerd zijn bij oplevering van de terminal, dan wel de vergunning is verkregen voor lozing van het gezuiverde afvalwater op oppervlaktewater.
- Indien gekozen wordt voor een lokale zuiveringsinstallatie, zal er een locatie in het plangebied gerealiseerd moeten worden.
- Stel met alle stakeholders een gezamenlijke duurzaamheidsvisie op voor het plangebied, gebaseerd op het concept van de circulaire economie, waarin tevens de strategie en het uitvoeringsplan opgenomen zijn hoe die te realiseren.
- Stimuleer de waardeketen ontwikkeling van grondstoffen gewonnen uit afvalwater, bijvoorbeeld door als launching customer op te treden.
- Pas bodemenergie toe in het tweede watervoerende pakket, en zorg ervoor dat gebruikers de gehele dikte van de aquifer gebruiken
- Verzoek de gemeente en de provincie om de voorgestelde ordeningsregels bestuursrechtelijk via een beleidsregel in het beleid van de provincie Flevoland en de gemeente Lelystad te verankeren.
- OMALA kan de ordeningsregels privaatrechtelijk verankeren bij de uitgifte van percelen.
- Gebruik asfalt collectoren om extra koelcapaciteit in te vangen.

Referenties

Activiteitenbesluit milieubeheer, geldend van 01-01-2016 t/m heden
http://wetten.overheid.nl/BWBR0022762/2016-01-01#Hoofdstuk3_Afdeling3.0, 2016

Aeroporti di Roma (2006) Environmental report 2006.
https://www.adr.it/c/document_library/get_file?uuid=d8eb1a12-96b7-498b-b252-130379cf9214&groupId=17615, Bekeken 13-8-2015.

AgentschapNL (2011) energy use in commercial constructions.

Agudelo-Vera C. M. (2012) Dynamic water resource management for achieving self-sufficiency of cities of tomorrow. Nederland: Wageningen University. PhD thesis.

AHN (2015). Actueel hoogte bestand Nederland.

Alphen, H.J., Schalkwijk B. (2015) Circulaire economie: wat biedt het drinkwaterbedrijven? Nieuwegein: KWR. KWR2015.211.

van Amelrooij, M., de Brauw, H.M. (2013) Planstudie verwarmd fietspad Zuid Esmarkerrondweg. Tauw.

Arcadis, TTE, Bos, W. (2011) Handreiking masterplannen bodemenergie. SKB, Gouda.

Beekman, L. (2015). Mondelinge informatie Vitens, 10 november 2015.

Betten, J. (2016) Riolerings situatie vliegveld Lelystad/OMALA, mail 9 maart 2016, gemeente Lelystad.

Beukers, E., Boks, G. (2015). Effectenstudie Decentrale Zuivering. Balance.

Bloemendal, M., Olsthoorn, T., Boons, F. (2014) How to achieve optimal and sustainable use of the subsurface for Aquifer Thermal Energy Storage. Energy Policy 66, 104-114.

Bloemendal, M., Timmermans, T. (2014) Lozen bij bodemenergiesystemen

Blokker, E.J.M. (2010). Stochastic water demand modelling for a better understanding of hydraulics in water distribution networks. Delft: Delft University of Technology. Thesis.

Brandexpert BV (2016) Sprinklerbeveiliging.
<http://www.brandexpert.nl/sprinklers.html>, Bekeken 10-02-2016.

de Bruin, B., van Loosdrecht, M., Uijterlinde, C. (2010) Nereda®: van vinding tot internationale praktijktoepassing, H2O.

- Caljé, R. (2010) Future use of aquifer thermal energy storage inbelow the historic centre of Amsterdam, Hydrology. Delft University of Technology, Delft.
- Carvalho, I., Calijuri, M.L., Assemany, P.P., Silva, M.D.F.M.E., Moreira Neto, R.F., Santiago, A.D.F., de Souza, M.H.B. (2013) Sustainable airport environments: A review of water conservation practices in airports. Resources, Conservation and Recycling, 74, 27-36.
- CBS (2012) Hernieuwbare energie in Nederland 2011, in: CBS (Ed.). Central authority for statistics in NL, Den Haag.
- Corendon (2013). Ruimtelijk programma van Eisen 250 kamers.
- Doughty, C., Hellstrom, G., Tsang, C.F. (1982) A dimensionless approach to the Thermal behaviour of an Aquifer Thermal Energy Storage System. Water Resources Research 18, 571-587.
- Eindhoven Airport Jaarverslag (2008)
http://www.eindhovenairport.nl/workspace/documents/ea_jaarverslag2008.pdf. Bekeken 16-07-15.
- Eindhoven Airport Jaarverslag (2014)
<http://www.eindhovenairport.nl/workspace/documents/jv-2014-interactief.pdf>. Bekeken 27-07-15.
- Flevoland (2006) Omgevingsplan Flevoland 2006-2015, in: Flevoland, P. (Ed.).
- Flevoland (2013) Ondergrondsverbinden, Nota Duurzaam Gebruik van de Flevolandse Ondergrond 2013-2017, in: Flevoland, P. (Ed.).
- Flevoland (2015) Bodembeleid, www.flevoland.nl.
- Gauley, B., Koeller, J. (2010) Sensor-Operated Plumbing Fixtures: Do They Save Water? <http://www.map-testing.com/assets/files/hillsborough~study.pdf>, Bekeken 18-01-2016.
- Gemeente Eindhoven (2015) Bestemmingsplan Eindhoven Airport terminal en hotel. http://www.eindhoven.nl/ruimtelijkeplannen/plannen/NL.IMRO.0772.80018-/NL.IMRO.0772.80018-0201/t_NL.IMRO.0772.80018-0201_5.6.html, Bekeken 28-12-2015.
- Ghimire, S.R., Watkins Jr. D.W., Li, K. (2012) Life cycle cost assessment of a rain water harvesting system for toilet flushing, Water Science and Technology, 12, 309-320
- Hartman, E., Bloemendal, M. (2015) Warm rioolwater: vergeten energie met potentie. TVVL 915, 32-35.
- Hong Kong International Airport (2015) Environment stories, where water flows further. http://www.hongkongairport.com/eng/csr/environmental-management/environment-stories/triple_water_system.html, Bekeken 13-8-2015.
- ISSO-kontaktgroep 43 (2001) ISSO - publicatie 55; Tapwaterinstallaties voor woon- en utiliteitsgebouwen. Rotterdam: Stichting ISSO. ISBN 90-5044-079-7.

Jaxa-Rozen, M., Kwakkel, J.H., Bloemendal, M. (2015) The Adoption and Diffusion of Common-Pool Resource-Dependent Technologies: The Case of Aquifer Thermal Energy Storage Systems, PICMET, Portland.

Kadaster (2011) Top 10, topografische kaart, GIS-bestand

Kamp, H. (2015) Kamerbrief Schaliegas, ministry of economic affairs, Den Haag.

Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid (KiM) (2014) Mobiliteitsbeeld 2014 http://kimnet.nl/sites/kimnet.nl/subsites/mobiliteitsbeeld-2014/1_8.html Bekeken 18-01-2016.

Knevel (2015) Leisure Dome LA Principeverzoek.

KNMI (2015) Uurgegevens 2001-2010 weerstation 269, Lelystad.

Lelystad (2015) Duurzaamheidsbeleid, www.Lelystad.nl.

Li, Q. (2014) Optimal use of the subsurface for ATEs systems in busy areas, Hydrology. Delft University of Technology, 2014.

Lopik, J.H., Hartog, N., Zaadnoordijk, W.J., Cirkel, D.G., Raoof, A. (2015) Salinization in a stratified aquifer induced by heat transfer from well casings. *Advances in Water Resources* 86, 32-45.

Luchthavenbesluit Lelystad (2015) http://wetten.overheid.nl/BWBR0036490/geldigheidsdatum_12-10-2015. Bekeken op 07-07-15.

Meijer, P.H., Verweij, R. (2009) Energieverbruik per functie voor SenterNovem.

Melo, J.C. (2005) The experience of condominium water and sewerage systems in Brazil: Case studies from Brasilia, Salvador and Parauapebas. World Bank, Lima, Peru.

Ministry-of-Environment (2013) Waterregeling (WaterAct), in: Ministry-of-Environment (Ed.), Den Haag.

Ministry-of-Internal-affairs (2012) Bouwbesluit (Building Act). Ministry-of-Internal-affairs, Den Haag.

MMB (2012) Meer met Bodemenergie Rapport 8 – Autonome opwarming Autonome ontwikkeling Bodemtemperatuur in: ondergrond, S.d.o. (Ed.), Gouda

Murphy, C., Wallace, S., Knight, R., Cooper, D., Seller, T. (2015) Treatment performance of an aerated constructed wetland treating glycol from de-icing operations at a UK airport. *Ecological Engineering* 80, 117-124.

NVOE (2006) Richtlijnen Ondergrondse Energieopslag, Design guidelines of Dutch branche association for geothermal energy storage, Woerden.

OeverZaaier (2013) Schetsontwerp Corendon Hotel Lelystad.

- OudeEssink, G., de Louw, P., van Vliet, M., van Baaren, E. (2008) Zoet-zout studie Provincie Flevoland. Deltares, Utercht.
- Porter, M. (1985) *Competitive Advantage: creating and sustaining superior performance*, New York, Free Press.
- Postema, L. (2016) Persriolering Larserdreef, mail 4 januari 2016, Waterschap Zuiderzeeland.
- Pieterse-Quirijns, E.J. (2010) Rekenregels voor het waterverbruik in utiliteitsbouw; Bepalen van maximum volumestroom en warmwaterverbruik met SIMDEUM. Nieuwegein: KWR. KWR2010.072.
- Pieterse-Quirijns, E. J., H. Beverloo en A. van Loon (2013a) Validatie rekenregels voor waterverbruik kantoren. Nieuwegein: KWR. KWR2013.017.
- Pieterse-Quirijns, E. J., H. Beverloo en A. van Loon (2013b) Validatie rekenregels voor waterverbruik hotels. Nieuwegein: KWR. KWR2013.018.
- Pieterse-Quirijns, E. J. (2011) Rekenregels voor het waterverbruik in hotels, uitgebreid met douchetypes; Bepalen van maximum volumestroom en warmwaterverbruik met SIMDEUM. Nieuwegein: KWR. KWR 2011.056.
- Pieterse-Quirijns, E.J., E.J.M. Blokker en A.J. Vogelaar (2009) Modelleren van niet-huishoudelijk waterverbruik. Waterverbruik van kantoren, hotels, zorginstellingen en veehouderij. Nieuwegein: KWR. BTO2009.013.
- Pronk, M., de Kreuk, M.K., de Bruin, B., Kamminga, P., Kleerebezem, R., van Loosdrecht, M.C.M. (2015) Full scale performance of the aerobic granular sludge process for sewage treatment. *Water Research*, 84, 207-217.
- RCE (2015) Indicatieve kaart archeologische waarden (IKAW) Archeologische MonumentenKaart (AMK), in: erfgoed, R.v.h.c. (Ed.).
- Rijksgebouwendienst (2010) Model en systematiek ontwikkeling WKO-tool.
- RoyalHaskoningDHV (2015) Waterstructuurplan Lelystad Airport fase N1&N2 Achtergronddocument bij het watertoets-proces. BD8867-101/R/901397/Amst, Royal HaskoningDHV.
- RVO (2015) Technieken: ondiepe bodemenergie - gesloten systemen. Rijksdienst voor Ondernemend Nederland, Utrecht.
- SIKB (2015) Userdata of ATES systems, in: NL, d.p.i. (Ed.). recieved from 4 provinces of the Netherlands in 2015, Gouda.
- Sinnatamby, G.S. (1986) *The Design of Shallow Sewer Systems*. Nairobi: United Nations Centre for Human Settlements. Postal address: UNCHS, PO Box 30030, Nairobi, Kenya.
- Sommer, W. (2015) *Modelling and monitoring Aquifer Thermal Energy Storage*. Wageningen University, Wageningen.

- Sommer, W., Valstar, J., Leusbrock, I., Grotenhuis, T., Rijnaarts, H. (2015) Optimization and spatial pattern of large-scale aquifer thermal energy storage. *Applied Energy* 137, 322-337.
- STOWA (2006) MBR proefinstallatie RWZI Hilversum, rapportnummer 2006-16.
- STOWA (2013) Nereda® praktijkonderzoeken 2010-2012, rapportnummer 2013-29.
- STOWA (2013) Verkenning mogelijkheden "grondstof RWZI", rapportnummer 2013-31.
- STOWA (2014) Bioplastic uit slib, Verkenning naar PHA-productie uit zuiveringslib, rapportnummer 2014-10.
- Switzenbaum, M.S., Veltman, S., Mericas, D., Wagoner, B., Schoenberg, T. (2001) Best management practices for airport deicing stormwater. *Chemosphere* 43, 1051-1062.
- Tervahauta, T., Hoang, T., Hernández, L., Zeeman, G., Buisman, C. (2013) Prospects of source-separation-based sanitation concepts: A model-based study. *Water*, 5, 1006-1035.
- Tham, P.t., Kennedy, K.J. (2004) Anaerobic biodegradation of aircraft deicing fluid in UASB reactors. *Water Research*, 38, 2515-2528.
- TNO (2002a) Boringen uit Dinoloket, digitale grondwaterkaart, Utrecht.
- TNO (2002b) Grondwaterkaart van Nederland Utrecht.
- TNO (2002c) REGIS, Utrecht.
- TNO (2015) ThermoGIS, Utrecht.
- TU Delft (2008) Afvalwaterbehandeling, Dictaat Civiele gezondheidstechniek.
- Waterforum (2016) Eerste hotel test innovatieve Upfall Shower. <http://waterforum.net/nieuws/10091/eerste-hotel-test-innovatieve-upfall-shower>, Bekeken 14-04-2016.
- Willemsen, N. (2016) Rapportage bodemenergiesystemen in Nederland. RVO / IF technology, Arnhem.
- Waterschap Zuiderzeeland (2013) Transport- en zuiveringsplan 2013-2023, notitie.
- Waterschap Zuiderzeeland (2015). interactieve peilvak-kaart geraadpleegd.
- Watson, G. (1995) Good sewerage cheap? Agency-customer interactions in low-cost urban sanitation in Brazil. *Water and Sanitation*, The World Bank, Washington D.C., U.S.A.
- Witteveen en Bos (2014) Evaluatie Nieuwe Sanitatie Waterschoon in de wijk Noorderhoek, Sneek. Overkoepelende rapportage.

Bijlage I Kentallen Energievraag gebouwen

Gebouw functie	verwarming	tapwater	koeling
<i>eenheid</i>	<i>kWh/m2</i>	<i>kWh/m2</i>	<i>kWh/m2</i>
Basisscholen	49	2	0
Middelbare scholen	40	2	0
MBO and HBO scholen	38	2	1
HBO en WO scholen	34	2	5
Universiteiten	38	2	2
Kantoren	45	2	36
Sporthal met koeling	46	14	20
sporthal zonder koeling	46	14	0
Zwembad	151	103	0
kleedruimten/kantines	26	19	0
Verpleeghuis	65	10	2
Bejaardenhuis	60	10	1
Ziekenhuizen	67	42	56
Academische Ziekenhuizen	67	42	56
supermarkten	45	2	14
Non-food winkels, groot	45	2	8
Non-food winkels, klein	35	2	5
Datacentre	0	0	2813
Autobedrijven	23	2	5
Groothandelbedrijven	14	0	2
Winkels zonder koeling	41	2	23
Horeca	51	16	75
Recycling	45	0	3
Technische groothandel	98	0	56

Bijlage II Berekeningen waterverbruik

II.1 Algemene gegevens

Onderstaande Tabel beschrijft het volume bij een spoeling van verschillend type toiletten:

Type toilet	Aantal liter per flush	
	Volledige spoeling	Waterbesparende spoeling
Toilet		
Dual flush	6	3
Automatische spoeling met sensor	4.5	n.v.t.
Vacuütoilet	1	n.v.t.
Urinoirs:		
Conventioneel	3	n.v.t.
Waterbesparend	1	n.v.t.
Watervrije	0	n.v.t.

II.2 Vertrekhal

Watergebruikers van de vertrekhal op een gemiddelde dag en max-dag voor N2 en N3

Water gebruikers	Aantal per dag				Geslacht	
	Gemiddeld (G)		Max dag (M)		Ratio (M/V)	
	N2-G (2033)	N3-G (2043)	N2-M (2033)	N3-M (2043)		
Aankomende Passagiers	5068	9178	7603	13767	0.5	0.5
Vertrekkende Passagiers	5068	9178	7603	13767	0.5	0.5
Bezoekers	5322	9637	7983	14455	0.5	0.5
Medewerkers	54	97	54	97	0.5	0.5
Medewerkers (Winkels)	30	30	30	30	0.5	0.5
Totale medewerkers	84	127	84	127.2	0.5	0.5
BVO (m ²)	13000	26000	13000	26000		

* N2 en N3 refereren naar groeiscenario

* Max dag factor 1,5 gebaseerd op Eindhoven

Berekening van het totaal aantal flushes per scenario:

Toiletgroep	eigenschappen			Scenario			
		# flush / p.dag	% alleen urine	N2-G (2033)	N3-G (2043)	N2-M (2033)	N3-M (2043)
toilet dames	Aankomende Passagiers	1	60%	2534	4589	3801	6884
	vertrekkende Passagiers	1	60%	2534	4589	3801	6884
	Bezoekers	0.02	90%	53	96	80	145
	Medewerkers	4	75%	108	194	108	194
Totaal flushes toilet dames				5230	9469	7791	14106
toilet heren	Aankomende Passagiers	0.25	0	634	1147	950	1721
	vertrekkende Passagiers	0.25	0	634	1147	950	1721
	Bezoekers	0	0	0	0	0	0
	Medewerkers	1	0	42	64	42	64
Totaal flushes toilet heren				1309	2358	1943	3505
urinoir heren	Aankomende Passagiers	0.75	100%	1901	3442	2851	5163
	vertrekkende Passagiers	0.75	100%	1901	3442	2851	5163
	Bezoekers	0.01	100%	27	48	40	72
	Medewerkers	3	100%	126	191	126	191
Totaal aantal flushes urinoirs				3954	7123	5868	10588
Totaal flushes toilet groep				10493	18950	15601	28200
Totaal Urine/liters				2285.5	4127.1	3398.0	6141.6

Overzicht watergebruik door verschillende gebruikers in de vertrekhal (behalve toilet):

Type gebruiker of gebruik	Eigenschappen tappunt			
	tap duur sec	volumestroom l/sec	gem. aantal liter/was	
Passagier				
wastafelkraan (geen fonteinkraan)	16	0.0835	1.3	
Automatisch met sensor	30	0.083	2.50	
				gem. aantal liter/pppd
koffie/thee/water				0.07
Medewerkers	tap duur aantal sec	volumestroom l/sec	frequentie aantal/dag	gem. aantal liter/pppd
koffie/thee	10	0.02	5	1.0
water	10	0.02	3	0.6
Schoonmaak		N2	N3	
	Rendement (m²/l)	aantal liter/dag	aantal liter/dag	
Machine	60	216.7	433.3	
Emmer 16 lt		64	115	

II.3 Vliegtuig

Gegevens van het waterverbruik per passagier in het vliegtuig:

Totaal aantal passagiers:		151				
tappunt	Eigenschappen waterverbruik toiletspoeling				Eigenschappen afvalwater	
	% passagiers dat gebruikmaakt van toiletruimte	liter water/flush	Liter urine / flush	liter water / per passagier	Liter afvalwater / flush	Liter afvalwater /passagier
toilet	10%	1	0.3	0.10	1.3	0.130
	% passagiers dat gebruikmaakt van toiletruimte	tap duur sec	volumestroom l/sec	gem. aantal liter/wasbeurt	liter/per passagier	
Wastafel	10%	16	0.084	1.3	0.13	

II.4 OMALA Main park - kantoren

Scenario's:

Water gebruikers	Scen 1	Scen 2	Ratio (M/V)		Opties (Ratio M/V)
Totale medewerkers	527	780	0.90	0.10	a
Totale medewerkers	527	780	0.65	0.35	b

Aantal flushes per scenario:

Toiletgroep gebruikers	# flush / p.dag	% alleen urine	Totaal # flushes			
			Scen 1a	Scen 2a	Scen 1b	Scen 2b
Toilet dames	4	60%	211	312	737	1092
Toilet heren	1	0	474	702	342	507
Urinoir heren	3	100%	1422	2106	1027	1521
Totaal aantal flushes			2106	3120	2106	3120
Urine (liters)			464	688	441	653

Watergebruik door wastafel en water voor koffie en thee:

Tappunt	tap duur sec	volumestroom l/sec	gem. aantal liter/was	
Wastafel (alleen koud water)	16	0.0835	1.3	
	tap duur sec	volumestroom l/sec	frequentie aantal/dag	gem. aantal liter/pppd
Koffie/thee	10	0.02	5	1.0
Water	10	0.02	3	0.6

II.5 Airport garden city hotel: hotelkamers

Het waterverbruik in hotelkamers bij verschillend type douches en bad:

HOTELKAMER	Eigenschappen tappunt of activiteit				Scenario's waterverbruik door tappunt of activiteit in liter/pppd			
	temp °C	tap duur minuten	Q l/sec	frequentie pppd	Spaardouche	Comfortdouche	Regendouche	Bad / whirlpool
Toilet*	10	1.56	0.042	4	15.7	15.7	15.7	15.7
Douche:								
Spaardouche	38	8	0.12	1	57.6			
Comfort douche	38	8	0.365	1		175.2		
Regendouche	38	8	0.417	1			200	200
Wastafel:								
wassen	40	0.67	0.083	1.2	2.0	2.0	2.0	2.0
tandenpoetsen	10	0.25	0.083	2.4	1.5	1.5	1.5	1.5
Overig	10	0.75	0.083	2.4	4.5	4.5	4.5	4.5
Bad:								
standaard	40	10	0.2	0.2	24.0	24.0	24.0	
whirlpool	40	9	0.5	0.2				53.9
Totaal waterverbruik	Per persoon (l/dag)				105.3	222.9	247.7	277.6
	Per kamer (l/dag)				189.5	401.2	445.8	499.7
	Totaal (m³/dag)				47.4	100.3	111.5	124.9

Ad *: aanname dat bij waterbesparende toiletten 30% volledige tap duur en 70% halve tap duur heeft. Kortom in 70% van de gevallen gebruiken hotelgasten de waterbesparende knop bij toiletspoelingen (Pieterse-Quirijns e.a., 2013b).

II.6 Airport garden city hotel: overige ruimtes

Gegevens voor het berekenen van het waterverbruik in de toiletruimtes tijdens een **conferentie**

TOILETGROEP	frequentie aantal/pppd	Aantal flushes		Waterverbruik m ³ /dag							
		500 bezoekers	900 bezoekers	500 bezoekers				900 bezoekers			
				Dual flush + Conventionele Urinoirs	Dual flush + Waterbesparende urinoirs	vacuüm en waterbesparende urinoirs	vacuüm en watervrije urinoirs	Dual flush + Conventionele Urinoirs	Dual flush + Waterbesparende urinoirs	vacuüm en waterbesparende urinoirs	vacuüm en watervrije urinoirs
toilet dames	4	1000	1800	3.75	3.75	1	1	6.75	6.75	1.8	1.8
toilet heren	1	250	450	1.5	1.5	0.25	0.25	2.7	2.7	0.45	0.45
urinoir heren	3	750	1350	2.25	0.75	0.75	0	4.05	1.35	1.35	0
Totaal m ³ /dag voor toiletspoeling				7.5	6	2	1.25	13.5	10.8	3.6	2.25
wastafel	tap duur sec	Volume- stroom l/sec	gem. aantal liter/was								
	16	0.0835	1.3								
Totaal m ³ /dag voor wastafel				2.67				4.81			

Gegevens voor het berekenen van het waterverbruik in de toiletruimtes tijdens een feest

TOILETGROEP	frequentie aantal/pppd	Aantal flushes		Waterverbruik m ³ /dag								
		500 bezoekers	900 bezoekers	500 bezoekers				900 bezoekers				
				Dual flush + Conventionele Urinoirs	Dual flush + Waterbesparende urinoirs	vacuüm en waterbesparende urinoirs	vacuüm en watervrije urinoirs	Dual flush + Conventionele Urinoirs	Dual flush + Waterbesparende urinoirs	vacuüm en waterbesparende urinoirs	vacuüm en watervrije urinoirs	
toilet dames	2	500	900	1.9	1.9	0.5	0.5	3.4	3.4	0.9	0.9	
toilet heren	0.5	125	225	0.8	0.8	0.1	0.1	1.4	1.4	0.225	0.225	
urinoir heren	1.5	375	675	1.1	0.4	0.4	0.0	2.0	0.7	0.675	0	
Totaal m³/dag voor toiletspoeling				3.75	3.00	1.00	0.63	6.75	5.4	1.8	1.125	
wastafel	tap duur sec	Volumestroom l/sec	gem. aantal liter/was									
	16	0.0835	1.3									
Totaal m³/dag voor wastafel				1.34				2.40				
Afwas	Keuken- personeel	Duur (s)	Volumestroom (l/s)									
	10.4	15	0.2									
Frequentie wasmachine				24				43				
Totaal m³/dag voor afwas				0.07				0.13				

II.7 Airport Garden City – Leisure Dome

Gegevens voor het berekenen van het aantal gasten en toiletspoelingen in de Leisure Dome:

Water gebruikers	Leisure Dome faciliteit	toilet frequentie	Aantal personen			Geslacht	
			Scenario 1	Scenario 2	Scenario 3	Ratio (M/V)	
Bezoekers	Indoor familie entertainment	2	3549	3549	3549	0.50	0.50
	Extreme sports	1	400	400	400	0.50	0.50
	Wereldrestaurants	1.5	2000	2000	2000	0.50	0.50
	kleinste evenement	2		2333		0.50	0.50
	grootst mogelijk evenement	2.5			27000	0.50	0.50
Medewerkers		4	130	163	195	0.50	0.50
Totaal flushes			11018	15814	78778		

Berekening van het waterverbruik in de toiletruimtes van de Leisure Dome:

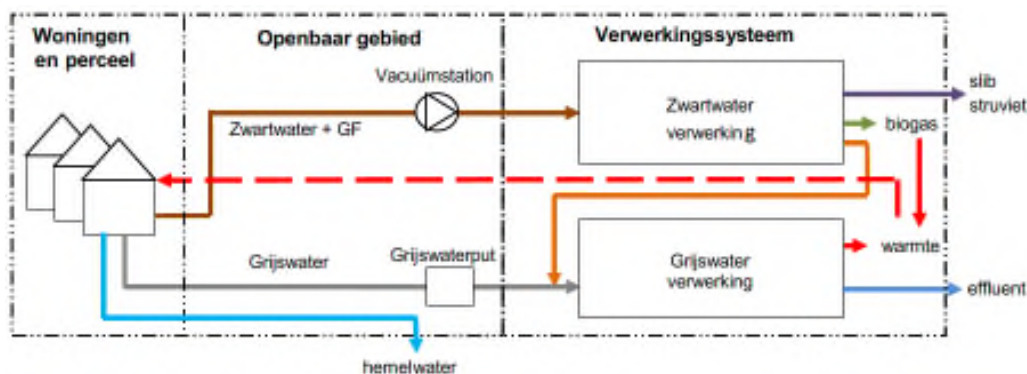
Toiletgroep				Totaal waterverbruik (m ³ / dag)								
Gebruikers	Totaal # flushes			Scenario 1: zonder evenement			Scenario 2: met klein evenement			Scenario 3: met groot evenement		
	Scenario 1	Scenario 2	Scenario 3	Dual flush + Conventionele Urinoirs	Dual flush + Waterbesparende urinoirs	Vacuümtoilet + water vrije urinoir	Dual flush + Conventionele Urinoirs	Dual flush + Waterbesparende urinoirs	Vacuümtoilet + water vrije urinoir	Dual flush + Conventionele Urinoirs	Dual flush + Waterbesparende urinoirs	Vacuümtoilet + water vrije urinoir
Toilet dames	5509	7907	39389	21	21	5,5	30	30	7.91	148	148	39.39
Toilet heren (20%)	1102	1581	7878	4	4	1.1	6	6	1.58	30	30	7.88
Urinoir heren (80%)	4407	6326	31511	13	4	0	19	6	0.00	95	32	0.00
Totaal flushes	11018	15814	78778									
Totaal waterverbruik m³ / dag in toiletgroep				38	29	7	55	42	9	272	209	47
wastafel	tap duur sec	Volume-stroom l/sec	gem. aantal liter/was									
	16	0.0835	1.3									
Totaal m³/dag voor wastafel				14.7			21.1			105.2		

Bijlage III Samenvatting Waterschoon ervaringen en leerpunten

Het Waterschoon systeem in Sneek

In Sneek is een woonwijk, die vernieuwd wordt, voorzien van een decentrale waterzuiveringsinstallatie waarin ook GF-afval wordt verwerkt. Het concept genaamd Waterschoon is gericht op het maximaal (terug)winnen van energie en fosfaat waarbij het drinkwaterverbruik wordt geminimaliseerd. Het systeem is ontworpen voor 550 inwoners en gedurende 2,5 jaar bestudeerd en gemonitord.

Het vernieuwde systeem bestaat uit twee verschillende stromen afval die in huishoudens geproduceerd worden. Het toiletwater wordt samen met organisch afval (zwart water) verzameld en behandeld terwijl het andere huishoudelijk afvalwater (grijswater) gescheiden blijft. Het hemelwater wordt onbehandeld geloosd op oppervlakte water. In Figuur III-0-1 is een overzicht gegeven van de stof- en energiestromen in het Waterschoon project.



FIGUUR III-0-1 OVERZICHT VAN STOF- EN ENERGIESTROMEN VOLGENS HET VERNIEUWDE 'WATERSCHOON' CONCEPT GEHANTEERD IN DE WOONWIJK IN SNEEK (EVALUATIE NIEUWE SANITATIE WATERSCHOON IN DE WIJK NOORDERHOEK, SNEEK, W&B, 2014).

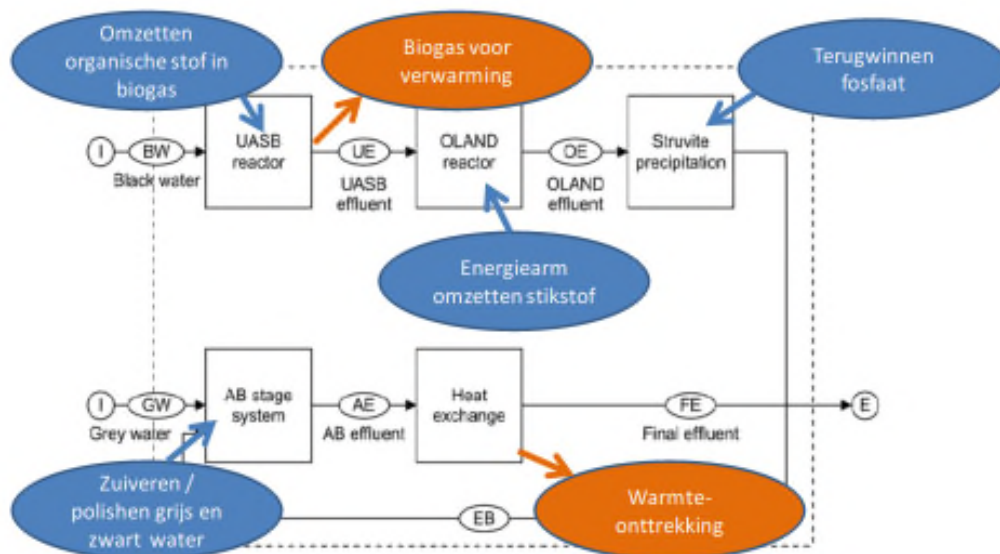
Zoals weergegeven in Figuur III-0-1 vindt er energiewinning plaats door middel van biogas productie en warmte terugwinning uit grijswater. Daarnaast vindt grondstof terugwinning plaats door productie van struviet. Ook worden vacuümtoiletten gebruikt, die waterbesparend zijn ten opzichte van conventionele toiletten. Hierbij moet wel rekening gehouden worden met de extra energiekosten van vacuümtoiletten aangezien deze onder druk staan.

Voor het project 'Waterschoon' is gekozen voor de volgende inzamelings- en verwerkingstechnologieën van de verschillende afvalstromen (zie Figuur III-0-2):

- Zwartwater en organisch afval wordt ingezameld en getransporteerd met een vacuümsysteem.
- Het zwartwater en organisch afval wordt vergist in een Upflow Anaerobic Sludge Bed (UASB) reactor. Hierbij wordt onder zuurstofloze omstandigheden, het organische materiaal omgezet in biogas.

- Het effluent van de UASB reactor bezit veel stikstof en fosfaat wat verwijderd moet worden. Voor de stikstof verwijdering is gekozen voor het OLAND-proces (Oxygen Limited Autotrophic Nitrification Denitrification), omdat dit proces hoge concentraties van ammonium kan verwijderen onder lage concentraties organische stof. Tot slot wordt een magnesiumzout toegevoegd om struviet te vormen van de fosfaat en overgebleven ammonium. Als het OLAND-proces te goed werkt, ontstaat er een tekort aan ammonium en kan kalium gebruikt worden voor de chemische terugwinning van fosfaat door middel van struviet.
- Tot slot wordt het grijswater en het effluent van de chemische struviet winning gezuiverd in twee stappen. De eerste stap is een hoog belaste A-trap welke colloïdaal, zwevend en opgeloste deeltjes absorbeert. Daarna verwijderd de laag belaste B-trap de resterende organische stoffen en wordt het overgebleven ammonium omgezet naar nitraat.

Uit het zuiveringssysteem wordt energie gewonnen door het gebruik van de warmte van het grijswater en de productie van biogas in de UASB reactor (zie Figuur III-0-2). Om de warmte effectief te gebruiken zijn twee verschillende warmtenetten aangelegd in de woningen: één met hoge temperatuur, voor onder meer warm tapwater en één met lage temperatuur voor ruimteverwarming. Om een hoge temperatuur te bereiken, wordt het biogas in een Cv-ketel verstoekt. De warmte uit grijswater wordt door middel van warmtewisselaars teruggewonnen en gebruikt voor een elektrisch aangedreven warmtepomp. In de winterperiode wordt dit aangevuld met een bodembron.



FIGUUR III-0-2 OVERZICHT VAN DE TECHNOLOGIEËN GEBRUIKT IN WATERSCHOON VOOR WATERZUIVERING EN ENERGIEWINNING (EVALUATIE NIEUWE SANITATIE WATERSCHOON IN DE WIJK NOORDERHOEK, SNEEK, W&B, 2014).

De evaluatiemethode van Waterschoon

Om de prestaties van het Waterschoon systeem te evalueren, is een vergelijking gemaakt met een conventioneel referentiestelsel. Hierbij wordt zwart-, grijs- en een gedeelte van het hemelwater gezamenlijk naar de rioolwaterzuiveringsinstallatie getransporteerd en verwerkt. Het groente- en fruitafval wordt samen met tuinafval afgevoerd en gecomposteerd. Alle gegevens worden hierbij omgezet tot een functionele eenheid van 'per persoon per jaar'. Vanwege de onderbelasting van Waterschoon door de achterblijvende woningbouw, kunnen de gegevens niet rechtstreeks vergeleken worden. Dit omdat het systeem door de onderbelasting beter of slechter kan presteren en omdat er minder personen aangesloten zijn dan het systeem aankan wat resulteert in niet realistische waarden. Vandaar dat er een vertaling is gemaakt naar een volledig belast systeem en deze ook vergeleken is met het referentiestelsel. Hierbij wordt uitgegaan van een belasting door 1200 personen.

De resultaten van de prestatie van Waterschoon

Het drinkwaterverbruik is ongeveer 25% lager door het gebruik van het vacuümsysteem in vergelijking met het conventionele systeem (90 liter t.o.v. 120 liter per persoon per dag (pppd)). Het zwartwater verbruikt bijna 5 liter pppd meer wat wordt verweten aan de voedselvermaler. Daarentegen is minder grijswater geproduceerd dan verwacht wat vermoedelijk door het type bewoner komt (zorgcomplex en complex voor ouderen).

De zuiveringsprestaties van Waterschoon vergeleken met een volledige belasting en de referentie staan in Tabel III-1. Hierbij valt op dat het verwijderingsrendement van fosfaat in het huidige systeem laag is (53%) ten opzichte van het referentiestelsel (77%). Een verklaring hiervoor is het ontbreken van slib in het grijswatersysteem door onderbelasting. Daarnaast wordt er meer biogas slib geproduceerd in Waterschoon in vergelijking met het referentiestelsel, omdat de vracht in het systeem hoger is dan in het referentiestelsel. Als Waterschoon volledig belast wordt en opereert volgens de verwachtingen zal het gebruik van metaalzout verhogen wat leidt tot een verhoging van het verwijderingsrendement van fosfaat tot 97%. Dit gebruik van metaalzout is hoger dan in het referentiestelsel wat komt door de hogere vracht van fosfaat dat het systeem ingaat.

TABEL III-0-1 DE BELASTING EN EMISSIES VAN WATERSCHOON VERGELEKEN MET EEN VOLLEDIGE BELASTING EN MET HET REFERENTIESTELSEL (EVALUATIE NIEUWE SANITATIE WATERSCHOON IN DE WIJK NOORDERHOEK, SNEEK, W&B, 2014).

Parameter	Eenheid	Waterschoon ^a (79 i.e.)	Waterschoon ^b (1.200 i.e.)	referentie ^c
Debiet	$\text{l.d}^{-1}.\text{ie}^{-1}$	86	82	194*
Influent				
CZV _i	$\text{g.d}^{-1}.\text{ie}^{-1}$	174,8	174,8	106,7
N _i	$\text{g.d}^{-1}.\text{ie}^{-1}$	15,3	15,3	9,5
P _i	$\text{g.d}^{-1}.\text{ie}^{-1}$	2,5	2,5	1,4
Effluent				
CZV _e	$\text{g.d}^{-1}.\text{ie}^{-1}$	4,9	4,9	6,7
N _e	$\text{g.d}^{-1}.\text{ie}^{-1}$	0,6	0,6	2,1
P _e	$\text{g.d}^{-1}.\text{ie}^{-1}$	1,2	0,1	0,3
Verwijderingsrendement				
CZV _i	%	97	97	94
N _i	%	96	96	79
P _i	%	53	95	77
Biogasproductie	$\text{m}^3 \text{CH}_4.\text{ie}^{-1}.\text{j}^{-1}$	13,8	12,2	6,1
Slibproductie	$\text{kg ds}.\text{ie}^{-1}.\text{j}^{-1}$	4,2**	9,2	16,7
Gebruik metaal(Me)zout ^d	$\text{mol Me}.\text{ie}^{-1}.\text{j}^{-1}$	4,0	18,0	5,6

^a Daadwerkelijke meetwaarden aan Waterschoon respectievelijk rwzi Deventer;

^b Verwachte waarden bij volle belasting op basis van extrapolatie en expert judgement;

* inclusief regenwater - bij DWA nominaal ca 120 lpppd;

** zonder grijswaterslib. Door onderbelasting van het systeem is nagenoeg geen slib geproduceerd in het grijswatersysteem.

^d Waterschoon gebruikt magnesiumzout, de referentie ijzerzout

Door de onderbelasting van het systeem is er meer energie nodig dan bij het referentiestelsel (zie Tabel III-0-2) wat komt door de 'vaste lasten' van de zuivering die door weinig bewoners wordt gedragen. Daarnaast is het energieverbruik van de vacuümtoiletten hoog in vergelijking met het conventionele systeem. Door middel van betere isolatie en sturingstechnieken kan het energieverbruik gereduceerd worden. Daarnaast moet ook het energieverbruik van de vacuümriolering en de voedselvermalers geoptimaliseerd worden. De effecten van deze genoemde maatregelen zijn meegenomen in Tabel III-0-2 bij de kolom Waterschoon geoptimaliseerd. Hierdoor kan het systeem een overschot aan energie produceren.

TABEL III-0-2 ENERGIESTROMEN VAN WATERSCHOON IN VERGELIJKING MET VOLLEDIGE BELASTING EN HET REFERENTIESTELSEL (EVALUATIE NIEUWE SANITATIE WATERSCHOON IN DE WIJK NOORDERHOEK, SNEEK, W&B, 2014)

		Waterschoon* 79 I.e.	Waterschoon** geoptimaliseerd	Referentie
Drinkwaterproductie en -levering	kWh/l.e./jaar	-35	-35	-58
Warmtebehoefte zuivering	kWh/l.e./jaar	-277	-50	-6
Dieselgebruik WKK	kWh/l.e./jaar	0	0	-3
Warmteproductie warmtepomp	kWh/l.e./jaar	477	477	0
Elektriciteitsbehoefte warmtepomp	kWh/l.e./jaar	-264	-264	0
Warmtelevering uit biogas [#]	kWh/l.e./jaar	133	148	6
Elektriciteit zuivering	kWh/l.e./jaar	-781	-52	-75
Elektriciteitsproductie (WKK)	kWh/l.e./jaar	0	0	61
Energie transport afvalwater	kWh/l.e./jaar	-92	-40	-13
Totaal primair		-838	184	-88

* meetwaarden in onderzoek bij belasting van 79 inwoners

** verwachtingen en extrapolatie, na optimalisatie en bij belasting van 1.200 inwoners

[#] Meetwaarden aan rwzi Deventer en meetwaarden aan de riolering Deventer (energiegebruik). Het biogas (60,6 kWh/l.e./jaar) wordt volledig omgezet in warmte (30,3 kWh/l.e./jaar) en elektriciteit (24,2 kWh/l.e./jaar) in een WKK. Het warmte overschot (30,3 – 5,5 = 24,8 kWh/l.e./jaar) wordt vernietigd en draagt dus niet bij aan de energieproductie van de RWZI. De warmtelevering is daarom gelijk gesteld aan de warmtevraag.

TABEL III-0-3 OVERZICHT VAN DE PRESTATIES OP DUURZAAMHEIDSASPECTEN (EVALUATIE NIEUWE SANITATIE WATERSCHOON IN DE WIJK NOORDERHOEK, SNEEK, W&B, 2014)

Thema	aspect	Water- schoon (1.200 I.e)	Water- schoon geoptimali- seerd	Referentie
energie en klimaat	- uitputting van fossiele grondstoffen;	+	++	-
	- CO ₂ uitstoot gedurende levensduur van 50 jaar.	-	++	+
materialen en grondstoffen	- milieueffecten van materiaalgebruik gedurende levensduur van 50 jaar;	-	-	+
	- kwalitatief: herbruikbaarheid en recyclebaarheid materialen;	0	0	0
	- gebruik van hulpstoffen: chemicaliën;	+	+	-
	- terugwinnen grondstoffen: fosfaat.	0	0	0
water en bodem	- watergebruik;	+	+	-
	- effecten op waterkwaliteit;	0	0	0
	- effecten op waterkwantiteit.	0	0	0
natuur en ruimte	- landschappelijke waarden;	0	0	0
	- ruimtebeslag.	+	+	-
leefomgeving	- gezondheid:			
	- geluidoverlast binnenshuis;	-	-	+
	- geluidoverlast buitenshuis;	0	0	0
	- visuele hinder;	0	0	0
	- gebruiksgemak.	-	-	+

De duurzaamheidsprestatie van Waterschoon is ook vergeleken met het referentiestelsel waarbij er naar verschillende thema's gekeken wordt: energie en klimaat; materialen en grondstoffen, water en bodem, natuur en ruimte, en leefomgeving. Hierbij is gebruik gemaakt van een globale Life Cycle Analysis (LCA).

Het referentiestelsel scoort op evenveel aspecten goed als Waterschoon. Wanneer het volledig belaste systeem vergeleken wordt met het referentiestelsel, wordt er op sommige aspecten nog beter gescoord, maar blijft de vergelijking over het algemeen hetzelfde. Dit komt onder meer door de kleinschaligheid van Waterschoon ten opzichte van het referentiestelsel. Een verbetering kan gehaald worden door de inkoop van groene stroom en door het terugdringen van het (primaire) materiaalgebruik.

Tot slot is er een financiële vergelijking gemaakt van Waterschoon met een volledige belasting en het referentie stelsel. Uit Tabel III-0-4 blijkt dat de waterzuivering voor hoge kosten zorgt, welke verdwijnen bij herhaalde realisatie. Uit een vergelijking van de kosten van een herhaalde realisatie met een traditionele RWZI blijkt dat het Waterschoon concept 7 euro duurder is dan een traditionele RWZI (72 €/inwoner i.p.v. 65 €/inwoner). Hierbij wordt de opmerking gemaakt dat wanneer een schaalgrootte naar 2400 inwoners plaats zal vinden het systeem wel goedkoper zal zijn dan een traditionele RWZI.

TABEL III-0-4 EEN VERGELIJKING VAN DE KOSTEN VAN WATERSCHOON ZOALS NU BEHAALD (A) EN BIJ HERHAALDE REALISATIE (B) (FINANCIËLE EN ECONOMISCHE ANALYSE (FEA) NOORDERHOEK WATERSCHOON TE SNEEK, RDGM EN VAN HELL ADVIES, 2014).

Onderdeel	Investing [euro]	Afschrijving [euro/jaar]	Onderhoud/exploitatie [euro/jaar]
Inzamelsysteem	431.000	11.259	6.420
Woningen	261.000	8.027	-
Zuivering	1.265.000	44.261	84.980
Besparingen	-	-	-3.164
Totaal	1.957.000	63.547	88.236
Totaal per inwoner	24.463	794	1.103

A

Onderdeel	Investing [euro]	Afschrijving [euro/jaar]	Onderhoud/exploitatie [euro/inw.jaar]
Inzamelsysteem	737.000	16.193	3.217
Woningen	707.000	23.578	-
Zuivering	800.000	31.238	73.499
Besparingen	-	-	-69.683
Totaal	2.244.000	71.010	7.033
Totaal per inwoner	2.078	65,75	6,51

B

Leerpunten Waterschoon

Het langdurige onderzoek naar het systeem Waterschoon heeft een robuuste technologie opgeleverd welke uitstekend in staat is om de huishoudelijke afvalstromen te zuiveren. Hierbij moet wel opgemerkt worden dat door de hogere concentraties verontreinigingen in het effluent ook hogere concentraties in het effluent behaald worden.

Het langdurige onderzoek heeft ook geresulteerd in de volgende leerpunten (Evaluatie nieuwe sanitatie Waterschoon in de wijk Noorderhoek, Sneek, W&B, 2014):

- De voedselvermalers kunnen worden geoptimaliseerd door een lager waterverbruik. Dit kan worden gerealiseerd via het begrenzen van het watergebruik, waardoor waterbesparing, energiebesparing, behandeling van geconcentreerdere stromen mogelijk gemaakt worden.
- Energiebesparing kan worden bereikt door warmtewisselaars te plaatsen tussen effluent en influent van zwartwaterstromen en in douches. Daarnaast kan isolatie van de reactoren een besparing opleveren als ook een ander type struvietreactor.
- Warmtenetten geven veel energieverlies en door niet alle woningen aan te sluiten op het warmtenet kan een besparing opleveren. Bij de prognose van Waterschoon geoptimaliseerd bleek al dat niet alle woningen van warmte kunnen worden voorzien door de productie in de waterzuivering.
- De besparingen op de inzameling van GF weegt niet op tegen de kosten van de verwerking van GF en de daarbij opgewekte energie in Waterschoon. Substantiële besparingen op inzameling van GF worden alleen bereikt als het aantal ledigingen van Gft-containers per jaar drastisch afneemt, en eventueel een alternatieve inzamelingsmethodiek wordt gekozen voor het tuinafval.
- Het toegepaste AB systeem voor grijswaterbehandeling lijkt niet optimaal, vooral gezien het een relatief beperkte afvalstroom betreft.
- De struvietreactor kan beter als opstroomsysteem worden uitgevoerd dan als batchreactor aangezien een opstroomreactor minder energie verbruikt en mogelijk hogere rendementen behaalt. Lopend lange termijnonderzoek zal moeten uitwijzen of calciumfosfaatprecipitatie in de UASB als vervanger voor de struvietreactor kan worden gebruikt.
- Het inzamelsysteem voor grijswater kan kleiner worden uitgevoerd. Dit levert een kostenvoordeel (minder materiaalgebruik) en een energievoordeel op (minder afkoeling in het systeem, daardoor meer warmteterugwinning).
- Kosten kunnen worden bespaard als meer seriematig geproduceerde installatieonderdelen kunnen worden toegepast en eenheidsprijzen zullen dalen. De nu toegepaste voedselvermalers en het zuiveringssysteem zelf zijn prototypes. Daarnaast leidt een schaalvergroting (meer inwoners) tot lagere kosten.
- De huidige temperatuur van de zwartwaterinstallatie (37 °C) zou verlaagd kunnen worden voor energiebesparing. Bij een lagere temperatuur kan nog steeds een afdoende zuiveringsrendement worden bereikt.
- Het vacuümsysteem vraagt relatief veel energie. Het verdient de aandacht om alternatieven hiervoor te zoeken, dan wel om het systeem te verbeteren op dit vlak.

Bijlage IV Energievraag gebouwen

Airport garden city

AGC 1B [kavel nr]	gebouw(en) [naam]	BVO [m2]	koelvraag max	verwarmingsvraag min
AGC 03	HOTEL	11.796	664.366	752.957 [kWh]
zeker	Evraag bodem		531.493	282.359 [kWh]
	volume grondwater		114.354	60.751 [m3]
AGC 12	Leisure dome	24000	1.011.920	1.276.889 [kWh]
zeker	Evraag bodem		809.536	478.833 [kWh]
	volume grondwater		174.177	103.024 [m3]
AGC ##	Datacentre	1100	4.516.875	[kWh]
Game changer	Evraag bodem		3.613.500	[kWh]
	volume grondwater		777.468	[m3]
AGC ##	Zwemparadijs	20000	-	3.024.000 [kWh]
Game changer	Evraag bodem		-	1.134.000 [kWh]
	volume grondwater		-	243.988 [m3]
AGC 04	Hotel 2	8000	450.000	536.000 [kWh]
Game changer	Evraag bodem		360.000	201.000 [kWh]
	volume grondwater		77.456	43.246 [m3]
AGC 01	waarschijnlijk bedrijfs	8500	204.000	39.844 [kWh]
onbekend	Evraag bodem		163.200	14.941 [kWh]
	volume grondwater		35.114	3.215 [m3]
AGC 02	waarschijnlijk bedrijfs	10000	450.000	140.625 [kWh]
onbekend	Evraag bodem		360.000	52.734 [kWh]
	volume grondwater		77.456	11.346 [m3]
AGC 05	waarschijnlijk kantore	20000	900.000	720.000 [kWh]
onbekend	Evraag bodem		720.000	270.000 [kWh]
	volume grondwater		154.913	58.092 [m3]
AGC 07	waarschijnlijk uitbreid	10000	421.633	532.037 [kWh]
onbekend	Evraag bodem		337.307	199.514 [kWh]
	volume grondwater		72.574	42.927 [m3]
AGC 10	waarschijnlijk bedrijfs	10000	300.000	150.000 [kWh]
onbekend	Evraag bodem		240.000	56.250 [kWh]
	volume grondwater		51.638	12.103 [m3]
AGC 11	waarschijnlijk bedrijfs	25000	1.125.000	900.000 [kWh]
onbekend	Evraag bodem		900.000	337.500 [kWh]
	volume grondwater		193.641	72.615 [m3]

[nr]	Algemeen				Verwarming							Koeling							Ruimte gebruik	
	AOC D/B	I/O	Verwarming	Koeling	verwarmingsovername		Volume Gronswater		filterlengte	thermische straal	footprint	verwarmingsovername		Volume Gronswater		filterlengte	thermische straal	footprint	footprint/opp. Perceel	Wbodem/Kbodem
					[kWh/m2/]	[kWh/]	[m3]	[m]				[kWh/]	[m3]	[m]	[m]					
1	3169		45	25	142.603	53.476	11.506	23	15	739	79.224	63.379	13.636	24	15	827		0.2	0.8	
2	5587		14	2	75.422	28.283	6.085	19	12	483	13.094	10.475	2.254	13	9	249		0.1	2.7	
3	9351		45	36	420.812	157.805	33.953	33	22	1520	336.650	269.320	57.946	39	26	2170		0.2	0.6	
4	399		41	23	16.162	6.061	1.304	11	7	173	9.353	7.483	1.610	12	8	199		0.5	0.8	
5	585		30	15	17.563	6.586	1.417	11	8	183	8.782	7.025	1.512	12	8	191		0.3	0.9	
6	7895		14	2	106.576	39.966	8.599	21	14	608	18.593	14.802	3.185	15	10	314		0.1	2.7	
7	218		23	5	4.907	1.840	396	7	5	78	1.022	818	176	6	4	46		0.3	2.3	
8	1873		45	36	84.283	31.606	6.800	19	13	520	67.426	53.941	11.606	23	15	743		0.3	0.6	
9	3464		38	36	131.633	49.362	10.621	22	15	700	124.705	99.764	21.465	28	19	1119		0.3	0.5	
10	4656		38	36	176.928	66.348	14.275	25	16	853	167.616	134.093	28.851	31	21	1363		0.2	0.5	
11	1578		41	23	63.899	23.962	5.156	18	12	433	36.978	29.583	6.365	19	13	498		0.3	0.8	
12	173		23	5	3.889	1.458	314	7	5	67	810	648	139	5	4	39		0.3	2.3	
13	3458		45	25	154.521	57.945	12.467	24	16	779	85.845	68.676	14.776	25	17	873		0.2	0.8	
14	5342		30	15	157.274	58.978	12.689	24	16	788	78.637	62.909	13.535	24	16	823		0.2	0.9	
15	1003		45	3	45.436	17.038	3.666	16	10	345	3.292	2.633	567	8	6	99		0.2	6.5	
16	2222		38	36	84.437	31.664	6.813	19	13	521	79.993	63.995	13.769	24	16	833		0.3	0.5	
17	6288		30	15	188.653	70.745	15.221	25	17	890	94.327	75.461	16.236	26	17	929		0.1	0.9	
18	982		14	2	13.253	4.970	1.069	10	7	152	2.301	1.841	396	7	5	78		0.1	2.7	
19	1777		30	15	53.308	19.991	4.301	17	11	383	26.654	21.323	4.588	17	11	400		0.2	0.9	
20	4201		45	25	156.747	57.945	12.467	24	16	779	85.845	68.676	14.776	25	17	873		0.2	0.8	
21	1538		45	3	69.664	26.124	5.621	18	12	458	5.047	4.057	869	10	6	132		0.2	6.5	
22	1371		14	2	18.513	6.942	1.494	12	8	189	3.214	2.571	553	8	6	98		0.1	2.7	
23	916		38	36	34.803	13.051	2.808	14	10	288	32.971	26.377	5.675	18	12	461		0.4	0.5	
24	1274		38	36	48.406	18.152	3.906	16	11	359	45.858	36.686	7.893	20	14	575		0.4	0.5	
25	3561		45	36	160.248	60.093	12.929	24	16	798	128.198	102.559	22.066	29	19	1140		0.3	0.6	
26	3954		41	23	160.155	60.058	12.922	24	16	798	92.682	74.146	15.953	26	17	918		0.2	0.8	
27	20401		30	15	612.023	229.506	49.389	37	25	1951	306.011	246.099	52.672	28	25	2036		0.1	0.9	
28	19679		45	25	885.544	332.079	71.449	42	28	2495	491.969	393.575	84.680	45	30	2795		0.2	0.9	
29	4018		45	36	180.820	67.808	14.589	25	17	865	144.656	115.725	24.899	30	20	1236		0.3	0.6	
30	1869		45	25	84.117	31.544	6.787	19	13	520	46.732	37.385	8.044	20	14	582		0.3	0.8	
31	6092		45	25	274.119	102.795	22.117	29	19	1142	152.288	121.831	26.213	30	20	1279		0.2	0.8	
32	2462		45	25	110.771	41.539	8.937	21	14	624	61.539	49.232	10.592	22	15	699		0.3	0.8	
33	4780		30	15	143.391	53.772	11.569	23	15	741	71.696	57.357	12.341	24	16	774		0.2	0.9	
34	478		14	2	9.147	3.486	738	9	6	118	1.588	1.270	273	7	4	61		0.1	2.7	
35	10725		45	5	228.944	85.854	18.472	27	18	1013	47.697	39.575	8.210	21	14	590		0.2	6.5	
36	1369		45	36	61.586	23.095	4.969	17	12	422	49.269	39.415	8.480	21	14	603		0.4	0.6	
37	3660		45	25	164.721	61.771	13.290	24	16	813	91.512	73.210	15.752	26	17	911		0.2	0.8	
38	31		45	36	1.388	521	112	5	3	34	1.111	889	191	6	4	48		1.3	0.6	
39	4046		45	36	182.058	68.272	14.689	25	17	869	145.646	116.517	25.069	30	20	1241		0.3	0.6	
40	449		45	36	20.192	7.572	1.629	12	8	201	16.154	12.923	2.780	14	10	287		0.5	0.6	
41	9769		45	3	442.382	165.893	35.693	34	22	1571	32.089	25.689	5.516	18	12	452		0.1	6.5	
42	756		14	2	9.994	3.725	801	6	3	125	1.725	1.390	297	7	4	64		0.1	2.7	
43	4817		38	36	183.042	68.641	14.769	25	17	872	173.408	138.727	29.848	32	21	1395		0.2	0.5	
44	7251		38	36	275.524	103.321	22.230	29	19	1146	261.023	208.818	44.929	36	24	1832		0.2	0.5	
45	7266		38	36	276.112	103.542	22.278	29	19	1147	261.579	209.263	45.024	36	24	1834		0.2	0.5	
46	6568		40	15	197.028	73.885	15.897	26	17	916	98.514	78.811	16.957	26	17	957		0.1	0.9	
47	812		45	36	36.540	13.702	2.948	15	10	298	29.232	23.386	5.032	17	12	426		0.4	0.6	
48	1973		45	3	89.350	33.506	7.209	20	13	541	6.473	5.178	1.114	11	7	156		0.2	6.5	
49	6358		45	3	322.673	106.274	22.865	30	20	1168	20.531	16.465	3.534	16	10	238		0.1	6.5	
50	6137		41	23	248.543	93.204	20.053	28	18	1070	143.833	115.066	24.757	30	20	1231		0.2	0.8	
51	2484		45	36	111.798	41.924	9.020	21	14	628	89.439	71.551	15.395	25	17	897		0.3	0.6	
52	5838		45	36	262.724	98.521	21.198	28	19	1110	210.179	168.143	36.177	34	22	1585		0.2	0.6	
53	4208		45	25	189.368	71.013	15.279	25	17	892	105.205	84.164	18.108	27	18	999		0.2	0.8	
54	3505		14	2	47.320	17.745	3.818	16	11	354	8.215	6.572	1.414	11	8	183		0.1	2.7	
55	5316		14	2	71.766	26.912	5.790	18	12	467	12.459	9.968	2.146	13	9	241		0.1	2.7	
56	3429		38	36	130.290	48.859	10.512	22	15	695	123.453	93.486	19.246	28	19	1111		0.2	0.8	
57	6791		14	2	91.683	34.381	7.397	20	13	550	15.917	12.734	2.740	14	10	284		0.1	2.7	
58	6282		45	3	284.450	106.669	22.951	29	19	1170	20.607	16.486	3.547	16	10	337		0.1	6.5	
59	392		14	2	5.290	1.984	427	8	5	82	918	735	158	6	4	42		0.2	2.7	
60	7708		14	2	104.058	39.022	8.396	21	14	599	18.066	14.452	3.110	15	10	309		0.1	2.7	
61	404		30	15	12.122	4.546	978	10	7	143	6.061	4.849	1.043	10	7	149		0.4	0.6	
62	5807		14	2	78.394	29.998	6.325	19	13	496	13.610	10.888	2.343	14	9	256		0.1	2.7	
63	2752		30	15	302.649	106.274	22.865	30	20	1168	43.274	35.104	7.740	22	15	64		0.2	0.8	
64	984		30	15	29.526	11.072	2.382	14	9	259	14.763	11.811	2.541	14	9	270		0.3	0.9	
65	4638		45	3	210.021	78.758	16.945	26	17	956	15.215	12.172	2.619	14	9	275		0.1	6.5	
66	5389		38	36	204.787	76.795	16.523	26	17	940	194.009	155.207	33.394	33	22	1503		0.2	0.5	
67	6498		14	2	87.727	32.898	7.078	20	13	534	15.230	12.184	2.622	14	9	276		0.1	2.7	
68	1382		30	15	41.460	15.547	3.345	15	10	324	20.730	16.584	3.568	16	10	338		0.2	0.9	
69	6457		41	23	261.526	98.072	21.101	28	19	1107	151.346	121.077	26.051	30	20	1274		0.2	0.8	
70	7171		45	25	322.673	121.002	26.034	30	20	1273	179.283	143.410	30.856	32	21	1426		0.2	0.8	
71	3470		23	5	78.067	29.275	6.299	19	13	494	16.264	13.011	2.799							

Mainpark A6

Algemeen				Verwarming							Koeling							Ruimte gebruik	
nr	MA6	BVO	Verwarming	verwarmingsgraag	bodem	Volume Grondwater	Fileringsge	thermische stral	"loopprint"	Koelwaag	bodem	Volume Grondwater	Fileringsge	thermische stral	"loopprint"	Benuttingsfactor	Wbodem/Rbodem		
[nr]	[m2]	[m2]	[kWh/m2/j]	[kWh/j]	[kWh/m2/j]	[m3]	[m]	[m2]	[m2]	[kWh/j]	[kWh/j]	[m3]	[m]	[m2]	[m2]	[footprint/opp. Perceel]	[Wbodem/Rbodem]		
1	3169		41	128.342	48.128	10.355	22	15	689	74.272	59.418	12.784	24	16	792	0.2	0.8		
2	5587	45	25	251.407	94.278	20.284	28	19	1078	139.671	111.737	24.041	29	20	1207	0.2	0.8		
3	9351	14	2	126.244	47.341	10.186	22	15	681	21.917	17.534	3.773	16	11	351	0.1	2.7		
4	399	14	2	5.387	2.020	435	8	5	83	935	748	161	6	4	43	0.2	2.7		
5	585	23	5	13.172	4.940	1.063	10	7	151	2.744	2.195	472	8	5	88	0.2	2.3		
6	7895	45	3	357.483	134.056	28.843	31	21	1363	25.898	20.718	4.458	17	11	393	0.1	6.5		
7	218	14	2	2.944	1.104	238	6	4	56	511	409	88	5	3	29	0.2	2.7		
8	1873	41	23	75.855	28.445	6.120	19	12	485	43.897	35.118	7.556	20	13	558	0.3	0.8		
9	3464	45	3	156.859	58.822	12.656	24	16	787	11.364	9.091	1.956	13	8	227	0.1	6.5		
10	4656	30	15	139.680	52.380	11.270	23	15	738	69.840	55.872	12.021	23	16	761	0.2	0.9		
11	1578	45	25	70.999	26.624	5.728	18	12	464	39.444	31.555	6.789	19	13	520	0.3	0.8		
12	173	23	5	3.889	1.458	314	7	5	67	810	648	139	5	4	39	0.3	2.3		
13	3434	45	36	154.521	57.945	12.467	24	16	779	123.617	98.894	21.278	28	19	1113	0.3	0.6		
14	5242	14	2	70.773	26.540	5.710	18	12	463	12.287	9.830	2.115	13	9	239	0.1	2.7		
15	1003	45	25	45.153	16.932	3.643	16	10	343	25.085	20.068	4.318	17	11	384	0.4	0.8		
16	2222	38	36	84.437	31.664	6.813	19	13	521	79.993	63.995	13.769	24	16	833	0.3	0.5		
17	6288	38	36	238.961	89.610	19.280	27	18	1042	226.384	181.107	38.966	35	23	1666	0.2	0.5		
18	982	30	15	29.452	11.044	2.376	14	9	258	14.726	11.781	2.525	14	9	269	0.2	0.9		
19	1777	30	15	53.308	19.901	4.301	17	11	383	26.654	21.323	4.588	17	11	400	0.2	0.9		
20	4201	45	36	189.065	70.899	15.254	25	17	891	151.252	121.002	26.034	30	20	1273	0.3	0.6		
21	1538	45	3	69.664	26.124	5.621	18	12	458	5.047	4.037	869	10	6	132	0.2	6.5		
22	1371	38	36	52.111	19.542	4.205	16	11	378	49.699	39.495	8.498	21	14	603	0.4	0.5		
23	916	38	36	34.803	13.051	2.808	14	10	288	32.971	26.377	5.675	18	12	461	0.4	0.5		
24	1274	23	5	28.661	10.748	2.312	13	9	253	5.971	4.777	1.028	10	7	148	0.2	2.3		
25	3561	38	36	135.200	50.745	10.918	23	15	713	128.186	102.559	22.669	29	19	1140	0.2	0.5		
26	3954	30	15	118.633	44.487	9.572	22	14	653	59.316	47.453	10.210	22	15	682	0.2	0.9		
27	20401	23	5	459.017	172.131	37.035	34	23	1610	95.629	76.503	16.460	26	17	938	0.1	2.3		
28	19679	45	25	885.544	332.079	71.449	42	28	2495	491.969	393.575	84.680	45	30	2795	0.1	0.8		
29	4018	41	23	162.738	61.027	13.130	24	16	807	94.177	75.342	16.210	26	17	928	0.2	0.8		
30	1869	38	36	71.032	26.637	5.731	18	12	464	67.294	53.835	11.583	23	15	742	0.2	0.5		
31	6092	45	25	274.119	102.795	22.117	29	19	1142	152.288	121.831	26.213	30	20	1279	0.3	0.8		
32	2462	45	36	110.771	41.539	8.937	21	14	624	88.617	70.893	15.253	25	17	891	0.3	0.6		
33	4780	30	15	143.369	53.772	11.569	23	15	741	174.996	137.857	22.841	24	16	794	0.2	0.9		
34	678	45	25	30.490	11.454	2.460	14	9	264	16.939	13.551	2.916	15	10	240	0.4	0.8		
35	10175	30	15	305.258	114.472	24.629	30	20	1227	152.629	122.103	26.271	30	20	1281	0.1	0.9		
36	1369	14	2	18.476	6.928	1.491	12	8	189	3.208	2.566	552	8	6	98	0.2	2.7		
37	3660	45	25	164.721	61.771	13.290	24	16	813	91.512	73.210	15.752	26	17	911	0.2	0.8		
38	31	38	36	1.172	440	95	5	3	30	1.111	889	191	6	4	48	1.3	0.5		
39	4046	45	3	183.200	68.700	14.781	25	17	873	13.272	10.618	2.284	13	9	251	0.1	2.7		
40	449	14	2	6.058	2.272	489	8	5	90	1.052	841	181	6	4	46	0.2	6.5		
41	9769	41	23	395.662	148.373	31.924	32	22	1458	228.971	183.177	39.412	35	23	1678	0.2	0.8		
42	736	14	2	9.934	3.725	801	9	6	125	1.725	1.380	297	7	5	64	0.1	2.7		
43	4817	30	15	144.507	54.190	11.659	23	15	745	72.253	57.803	12.437	24	16	778	0.2	0.9		
44	7251	23	5	163.139	61.177	13.163	24	16	808	33.987	27.190	5.850	18	12	471	0.1	2.3		
45	7266	45	36	326.974	122.615	26.381	30	20	1284	261.579	209.263	45.024	36	24	1834	0.2	0.6		
46	6568	23	5	147.771	55.414	11.923	23	16	756	30.786	24.628	5.299	18	12	440	0.1	2.3		
47	812	45	3	36.769	13.788	2.967	15	10	299	2.664	2.131	459	8	5	86	0.2	6.5		
48	1973	41	23	79.914	29.968	6.448	19	13	502	46.247	36.997	7.960	20	14	578	0.3	0.8		
49	5258	45	3	283.398	106.274	22.866	29	19	1168	20.531	16.425	3.534	16	10	336	0.1	6.5		
50	6137	14	2	82.848	31.068	6.684	19	13	514	14.383	11.507	2.476	14	9	265	0.1	2.7		
51	2484	23	5	55.899	20.962	4.510	17	11	396	11.646	9.317	2.005	13	9	230	0.1	2.3		
52	5838	41	23	236.451	88.669	19.078	27	18	1035	136.835	109.468	23.553	29	19	1191	0.2	0.8		
53	4208	38	36	159.911	59.967	12.902	24	16	797	151.495	121.196	26.076	30	20	1274	0.2	0.5		
54	3505	45	36	157.734	59.150	12.727	24	16	790	126.187	100.950	21.720	28	19	1128	0.3	0.6		
55	5316	41	23	215.299	80.737	17.371	26	18	972	124.594	99.676	21.446	28	19	1119	0.2	0.8		
56	3429	30	15	102.861	38.573	8.299	21	14	594	51.430	41.144	8.852	21	14	620	0.2	0.9		
57	6791	38	36	258.071	96.777	20.822	28	19	1097	244.488	195.591	42.683	35	24	1753	0.2	0.5		
58	6282	41	23	254.410	95.404	20.527	28	19	1086	147.228	117.782	25.342	30	20	1250	0.2	0.8		
59	392	45	3	17.743	6.654	1.432	11	8	184	1.285	1.028	221	6	4	53	0.3	6.5		
60	7708	45	3	349.034	130.888	28.161	31	21	1341	25.286	20.229	4.352	17	11	386	0.1	6.5		
61	404	38	36	15.355	5.758	1.239	11	7	167	14.547	11.637	2.504	14	9	267	0.5	0.5		
62	5807	45	36	261.315	97.993	21.084	28	19	1106	209.052	167.241	35.983	34	22	1580	0.2	0.6		
63	2752	30	15	82.549	30.956	6.660	19	13	513	41.274	33.020	7.104	20	13	536	0.2	0.9		
64	984	38	36	37.400	14.025	3.018	15	10	303	35.432	28.345	6.099	19	12	484	0.4	0.5		
65	4638	38	36	176.246	66.092	14.220	25	16	851	166.970	133.576	28.740	31	21	1360	0.2	0.5		
66	5389	45	36	242.511	90.942	19.567	27	18	1052	194.009	155.207	33.394	33	22	1503	0.2	0.6		
67	6498	38	36	246.936	92.601	19.924	28	18	1065	233.939	187.151	40.267	35	23	1703	0.2	0.5		
68	1382	45	3	62.579	23.467	5.049	17	12	427	4.534	3.627	780	9	6	123	0.2	6.5		
69	6457	23	5	145.292	54.485	11.723	23	15	748	30.269	24.215	5.210	18	12	436	0.1	2.3		
70	7171	23	5	161.337	60.501	13.017	24	16	802	33.612	26.889	5.785	18	12	467	0.1	2.3		
71	3470	45	25	156.134	58.550	12.597	24	16											

Bijlage V Berekening graaddagen

Om de hoeveelheid opgeslagen energie in de bodem te koppelen aan de seizoenaliteit in ons klimaat wordt gebruik gemaakt van het optredende aantal graaddagen. Het aantal graaddagen is de som van de afwijkingen ten opzichte van 17°C voor alle dagen waarop de gemiddelde temperatuur lager of hoger is dan 17°C. Bijvoorbeeld een dagtemperatuur van 14°C draagt 3 bij, een dagtemperatuur van -3°C draagt 20 bij voor de graaddagen voor verwarming. Hetzelfde geldt voor temperaturen boven de 17°C voor koeling.

Vergelijking 1	Vergelijking 2
$Gd_{\text{koel/maand}} = \sum(Td - Tg)$	$Gd_{\text{verw/maand}} = \sum(Tg - Td)$
<hr style="border-top: 1px dashed black;"/>	
$Gd_{\text{koel/maand}}$	= het aantal graaddagen voor koeling in de betreffende maand [°d]
$Gd_{\text{ver/maand}}$	= het aantal graaddagen voor verwarming in de betreffende maand [°d]
Td	= etmaal gemiddelde temperatuur [°C]
Tg	= Grenswaarde temperatuur voor koeling en verwarming [17°C]

De opgeslagen en teruggewonnen hoeveelheden energie in de bodem zijn beschikbaar per jaar. Deze gegevens worden voor elk gebouw gecorrigeerd voor het gemiddelde aantal graaddagen in die maand, zowel voor koeling als voor verwarming. Zo verkrijgen we voor elke maand een verbruik voor koelen en verwarmen, zie vergelijking 3.

Vergelijking 3	
$U_{\text{maandx}} = U_{\text{tot}} \cdot \frac{Gd_{\text{maandx}}}{Gd_{\text{jaar}}}$	
U_{maandx}	= het energie verbruik per maand x [kWh]
U_{totaal}	= het energie verbruik per jaar [kWh]
Gd_{maandx}	= het aantal graaddagen in de betreffende maand [°d]

De graaddagen voor verwarming is een grootheid die door het KNMI wordt gebruikt, omdat we hier ook te maken hebben met koeling hebben we ook de graaddagen voor koeling in het leven geroepen. Bij welke temperatuur een gebouw daadwerkelijk koelt of verwarmd is afhankelijk van vele factoren. Het gaat er uiteindelijk om dat we inzicht krijgen in de verdeling van energievraag. Omdat we werken met maandelijks gemiddelden over meerdere jaren is het niet van belang hoe ieder individueel systeem precies functioneert. Wij houden

hierbij vast aan de door het KNMI vastgestelde 17°C. Zoals eerder aangegeven is het moment waarop systemen gaan koelen of verwarmen van vele factoren afhankelijk en zeker niet voor alle gebouwen gelijk. We hebben gekeken welke impact het heeft om voor koelen en verwarmen andere grenswaarden/referentie temperatuur toe te passen.

- We hebben onderzocht wat het effect op de resultaten is als er voor koelen en verwarmen verschillende grenswaarde temperaturen worden toegepast. In klimaatdata zijn er vele maanden waarin er graaddagen voor zowel koelen al verwarmen zitten. In die maanden wordt gekoeld en verwarmd. Door verschillende grenswaarde temperaturen te nemen voor koeling en verwarming missen we de graaddagen in het tussenliggende gebied of worden de graaddagen in het overlap gebied dubbel geteld. Dit had tot gevolg dat de energie balans volledig uit de pas ging lopen hierdoor. Voor de correctheid van de berekening bleek het dus noodzakelijk om één temperatuur te nemen als grenswaarde voor zowel koelen als verwarmen.
- Een andere grenswaarde temperatuur, bijvoorbeeld 15°C zal zorgen voor een grotere koudevraag en kleinere warmtevraag, vice versa voor een grenswaarde temperatuur groter dan 17°C. De absolute waarde van de uitkomsten zijn dus in grote mate afhankelijk van de gekozen grenswaarde temperatuur. De relatieve verandering van de energievraag is voor elke gekozen grenswaarde temperatuur echter gelijk. Om te zorgen voor consistente uitkomsten hebben we daarom de bepaling van de energiebalans verandering vastgesteld op basis van het verschil tussen twee perioden. En dan maakt het niet meer uit welke grenswaarde temperatuur precies wordt gebruikt omdat de relatieve afwijking dan altijd gelijk is.

De waarde van de grenswaarde temperatuur heeft invloed op de onderverdeling van de berekende energievraag. Omdat er geen inzicht is de werking van de gebouwsystemen kan deze niet voor elk systeem worden geoptimaliseerd. Dit komt mede omdat het aanpassen van de grenswaarde temperatuur voor het doorrekenen van een systeem een complexe en arbeidsintensieve handeling is.

Het toepassen van één grenswaarde temperatuur is de enige correcte methode. Er is gekeken naar het effect van een andere grenswaarde temperatuur. Dat zorgt er uiteraard voor dat het totaal aantal graad dagen dat aan koelen of verwarmen wordt toegekend veranderd. De verhouding tussen de verdeling per maand verandert echter niet. De waarde van de grenswaarde temperatuur maakt voor de resultaten niet. De grootte van de grenswaarde temperatuur heeft beperkte invloed op de relatieve verandering van de energievraag, wel op de absolute grootte ervan.

In onderstaande Tabel staan de totale graaddagen per maand en in de Tabel daaronder de ratio van energievraag die daarmee samenhangt. Uit de Tabel kan worden opgemaakt dat de verdeling van de energievraag niet veel verschilt bij een heel warm of koud jaar. We gaan daarom uit van één gemiddelde verdeling.

Maand	Graaddagen gemiddeld		Graaddagen Warm jaar		Graaddagen Koud jaar	
	Verwarming	Koeling	Verwarming	Koeling	Verwarming	Koeling
1	367	0	257	0	515	0
2	329	0	267	0	392	0
3	288	0	234	0	280	0
4	158	4	103	21	174	3
5	76	18	47	9	145	2
6	20	47	4	72	21	48
7	3	94	2	56	0	147
8	5	80	4	71	8	56
9	34	27	40	9	59	7
10	124	4	159	0	148	8
11	234	0	243	0	285	0
12	356	0	352	0	513	0
Som	1994	273	1711	236	2540	272

Maand	Gemiddeld		Warm jaar		Koud jaar	
	Verwarming	Koeling	Verwarming	Koeling	Verwarming	Koeling
Januari	0,18	0,00	0,15	0,00	0,20	0,00
Februari	0,16	0,00	0,16	0,00	0,15	0,00
Maart	0,14	0,00	0,14	0,00	0,11	0,00
April	0,08	0,01	0,06	0,09	0,07	0,01
Mei	0,04	0,06	0,03	0,04	0,06	0,01
Juni	0,01	0,17	0,00	0,30	0,01	0,18
Juli	0,00	0,34	0,00	0,24	0,00	0,54
Augustus	0,00	0,29	0,00	0,30	0,00	0,21
September	0,02	0,10	0,02	0,04	0,02	0,03
Oktober	0,06	0,01	0,09	0,00	0,06	0,03
November	0,12	0,00	0,14	0,00	0,11	0,00
December	0,18	0,00	0,21	0,00	0,20	0,00

Bijlage VI Berekenen specifiek uitwisselingsvermogen asfaltcollectoren

In deze Bijlage wordt een inschatting gedaan van het specifiek uitwisselingsvermogen van een warmtewisselaar in een verharding. Het specifieke uitwisselingsvermogen is de hoeveelheid thermische energie die per m² wisselaar oppervlak bij een bepaald temperatuur traject kan worden uitgewisseld tussen het medium in de warmtewisselaar en de buitenlucht.

Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen 2 verschillende toepassingsvormen

- Als balans herstel voorziening voor bodemenergiesystemen → hierbij wordt een temperatuur traject gehanteerd dat aansluit bij gebouwen met een WKO-systeem.
- Als voorziening om het asfalt sneeuw en ijsvrij te houden.

Balans voorziening

Uitgangspunten

- De thermische traagheid van de constructie is verwaarloosd. Dit introduceert een fout in het resultaat maar op jaarbasis wordt deze fout naar verwachting grotendeels uitgemiddeld. In een eventuele vervolg fase kan de traagheid van de constructie zo nodig meegenomen worden.
- De warmtewisselaar wordt uitgevoerd als standaard vloerverwarmingsysteem met leidingdiameter 20 mm en een 50 mm dekvloer met daarin de leidingen op een afstand h.o.h. van 15 cm.

Bepaling specifiek uitwisselingsvermogen o.b.v. kentallen vloerverwarming

De warmteafgifte van het water in de leidingen naar de buitenlucht is bepaald op basis van de gemiddelde warmteoverdracht coëfficiënt die geldt voor standaard vloerverwarming systemen zoals beschreven in de uitgangspunten. De warmteoverdracht coëfficiënt is voor deze verkenning gedefinieerd als het afgegeven vermogen per m leidinglengte per 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. Op basis van literatuur over vloerverwarming en betonkernactivering is een maximale capaciteit van 25 W/m² aannemelijk.

Bepaling specifiek uitwisselingsvermogen met theoretische benadering

Aanvullende berekeningen onder de volgende aannames:

- Water/glycol-voerende leidingen zijn opgenomen in de verhardingen op een 'diepte' (d) van 30 mm (met een dekking van 20 mm boven de leidingen).
- Het materiaal van de verharding heeft een warmtegeleidingscoëfficiënt (λ) van 0,75 W/mK.

- Op een diepte van 30 mm in de verharding is een vlak met een constante temperatuur aanwezig die overeenkomt met het gemiddelde van de aan- en afvoertemperatuur: $((8+13)/2=) 10,5^{\circ}\text{C}$ (T_{buis}).
- De temperatuur van de buitenlucht (T_{lucht}) is $<4^{\circ}\text{C}$ bij invangen koelcapaciteit en $>17^{\circ}\text{C}$ bij invangen warmte.
- Het systeem is in een stationaire bedrijfssituatie
- De gemiddelde luchtsnelheid is 1 m/s

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

$$\Delta T_{\text{lucht-opp}} = \frac{\Delta T_{\text{tot}}}{\alpha_{\text{ruw}} \cdot R_{\text{tot}}} \quad ; \quad R_{\text{tot}} = \frac{1}{\alpha_{\text{ruw}}} + \frac{d}{\lambda} \quad ; \quad \Delta T_{\text{tot}} = T_{\text{buis}} - T_{\text{lucht}} \quad ; \quad \alpha_{\text{ruw}} = 6,2 + 4,2 \cdot v_{\text{lucht}}$$

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

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

In feite speelt *in een stationaire situatie* de temperatuur van het verharde oppervlak geen rol.

Bij een luchtsnelheid van 1,0 m/s geldt: $\alpha_{\text{ruw}} = 10,2 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$. De warmteweerstand van de verharding bedraagt $d/\lambda = 0,017 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$. De totale warmteweerstand (R_{tot}) tussen water/glycol-voerende laag en de lucht bedraagt $1/10,2 + 0,017 = 0,115 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$.

Het totale (gemiddelde) temperatuurverschil (ΔT_{tot}) bedraagt $4-8^{\circ}\text{K}$. Het (gemiddelde) temperatuurverschil tussen de lucht en het verhardingsoppervlak ($\Delta T_{\text{lucht-opp}}$) bedraagt dan: $4/(10,2 \square 0,115)$ tot $8/(10,2 \square 0,115) = 3,4$ tot $6,8^{\circ}\text{K}$.

Het warmteafgifte-vermogen (P) ligt dan op 30 tot $59 \text{ W}/\text{m}^2$. Bij het extra laden van de koude bron (naar 6 tot 8°C) is het (vereiste) gemiddelde van de 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 en daardoor wordt het vermogen: 0 tot $35 \text{ W}/\text{m}^2$. Deze waarde sluit aan bij kentallen die in de praktijk worden gehanteerd voor asfalt collectoren.

De resultaten gaan voorbij aan: de lagere opslagverliezen in de warme bron door een lagere brontemperatuur en de hogere opslagverliezen in de koude bron door een lagere brontemperatuur

Ijsvrij houden

De hoeveelheid vermogen en energie die per m^2 noodzakelijk is voor het vorst- en sneeuwvrij houden van een verhardoppervlak is anders dan het specifiek uitwisselingsvermogen zoals bepaald voor het winnen van thermische energie. Het benodigde afgifte vermogen is afhankelijk van een aantal aspecten:

- De buitenluchttemperatuur: de buitenlucht koelt het warme asfalt af
- De windsnelheid: een hogere windsnelheid zorgt voor snellere afkoeling van het asfalt
- Sneeuwval: het opwarmen, smelten van sneeuw en opwarmen van water vraagt warmte van het wegdek

In Tabel IV-1 Tabel zijn de uitgangspunten opgenomen waarop het verwarmingssysteem in de verharding wordt gedimensioneerd (van Amelrooij and de Brauw, 2013). In deze studie wordt

aangenomen dat geen sneeuw en ijsvorming optreedt bij een temperatuur vanaf 2 °C en dat wind een verwaarloosbare invloed heeft op deze warmtevraag wanneer het wegdek nat is. Wanneer het wegdek droog is zal wind wel een grote invloed hebben, in dat geval is er echter geen noodzaak voor gladheidsbestrijding.

TABEL VI-1, UITGANGSPUNTEN KLIMATOLOGISCHE OMSTANDIGHEDEN

Scenario	Omschrijving	Aantal dagen per jaar
Rijp	Temp = -2°C gedurende 4 uur per dag, geen neerslag, wind = 1 m/s	90
Milde vorst	Temp = -4°C gedurende hele dag, geen neerslag, wind = 2 m/s	15
Forse vorst	Temp = -10°C gedurende hele dag, geen neerslag, wind = 3 m/s	6
Extreme vorst	Temp = -15°C gedurende hele dag, geen neerslag, wind = 11 m/s	1
Lichte sneeuw	4 cm sneeuwval in 2 uur	4
Forse sneeuw	11 cm sneeuwval in 4 uur	1

De kans op een gebeurtenis waarbij extreme kou, sterke wind en neerslag gelijktijdig optreden, is klein. Het kan echter voorkomen dat een winterse gebeurtenis optreedt met zwaardere kenmerken dan hier genoemd. De energievraag van de verharding is bepaald aan de hand van praktijkmetingen en modellering door Tauw (van Amelrooij and de Brauw, 2013).

	Dagen	Vermogen [W/m ²]	Energie [kWh/m ² /jaar]
Rijp	90	50	18
Milde vorst	15	110	39,6
Forse vorst	6	250	36
Extreme vorst	1	300	7,2
Lichte sneeuw	4	220	3,52
Extreme sneeuw	1	300	0,6
Totaal	137	300	104,92

Bijlage VII Uitgangspunten TCO-berekeningen

Financieel

Algemeen		
Levensduur installatie	40	jaar
Afschrijftermijn 1 (civiel)	20	jaar
Afschrijftermijn 2 (WTB)	10	jaar
Afschrijftermijn 3 (elektra)	5	jaar
Afschrijftermijn 4 (kort)	1	jaar
Startjaar (Jaar 0)	2015	
Eindjaar	2055	
Prijsindexen		
Prijsindex algemeen	2,00%	
Prijsindex elektriciteit	6,00%	
Prijsindex gas	6,00%	
Water- en Energieprijs		
Gas	€ 0,45	/Nm ³
Elektriciteit	€ 0,10	/kWh
Water	€ 1,75	/m ³
Financiering		
Inbreng eigen vermogen	€ -	
Rente op eigen vermogen	2,00%	
Rente op vreemd vermogen	6,50%	
Tarieven Menskracht		
Ontwerp	€ 120	/uur
Voorbereiding financiering	€ 80	/uur
Vergunningen	€ 100	/uur
Aanleg/bouw	€ 80	/uur
Oplevering	€ 80	/uur
Bedrijfsvoering en Onderhoud	€ 80	/uur
Beheer	€ 80	/uur

Stichtingskosten

Omschrijving	Aantal	Eenheid	Prijs per eenheid	Afschrijftermijn
Asfalt collectoren. Meerprijs/m2	1	stuks	€ 100,-	40
WKO doublets incl. regeling, TSA etc alles	1		€ 250.000,-	40
strooiwagens/sneeuwschuiers	2		€ 100.000,-	10
nieuwe bronpompen	1		€ 5.000,-	10
Aanschaf strooiwagens/sneeuwschuiers	1		€ 100.000,-	20

Onderhoud

Onderhoud sneeuw schuiers	1	€	€ 1.000,-	1
nieuwe toplaag bij asfalt zonder wisselaars prijs /m2	1	stuks	€ 15,-	10
nieuwe bronpompen	1	stuks	€ 5.000,-	10

Bedrijfsvoering

Verbruik zout per jaar	50 gr / m2/j
Verbruik elektra per jaar	3 MWh / wko bron
Menskracht sneeuwschuiven/strooien	51 (dagen vorst) *0.5 (gedurende de helft ervan moet er worden gestrooid) *8 (uren per dag)
Menskracht WKO onderhoud	1 uur per bron

Bijlage VIII Geohydrologische situatie

In deze Bijlage is de lokale geohydrologische situatie in kaart gebracht. Op basis van de bodemopbouw kan worden afgeleid hoe groot de potentie voor de toepassing van bodemenergie is. Daarnaast wordt ook inzichtelijk gemaakt of er andere gebruiksfuncties in de bodem zijn die mogelijke toepassing van bodemenergie beperken of uitsluiten.

Er zijn geen belemmeringen voor de toepassing van bodemenergie. Alleen watervoerend pakket 1 is minder geschikt, maar watervoerend pakket 2 is wel geschikt en zeer dik. Voor geothermie is de potentie minder groot.

Relatief recent zijn er een aantal grote ingrepen uitgevoerd in het hydrologische systeem; de afsluiting van de Zuiderzee (1932), de inpoldering van Noordoostpolder (1940), Oostelijk Flevoland (1957) en Zuidelijk Flevoland (1968) en het winnen van grondwater in zuidelijk Flevoland. De afsluiting van de Zuiderzee heeft ertoe geleid dat er geleidelijk een overgang van zoute naar brakke tot zoete condities gaande is.

Bodemopbouw

De maaiveldhoogte ter plaatse van OMALA en LA is ongeveer NAP -4,5m (AHN, 2015). De bodemopbouw is schematische weergegeven in Tabel VIII-1. In Flevoland varieert de dikte van de Holocene deklaag tussen de 1 en 10 m, ter plaatse van OMALA is de deklaag erg dun; tussen 1 en 2,5 m. Het eerste watervoerende pakket (WVP) direct daaronder bestaat uit fijne tot matige grove zanden en lokaal zit er rond de NAP -20m een dunne kleilaag. Het eerste watervoerende pakket loopt tot circa NAP -30m en de daaronder gelegen eerste scheidende laag loopt tot circa NAP -40m. In het noordoostelijke deel van het plangebied lijkt de eerste scheidende laag te ontbreken. Vanaf NAP -40m begint het circa 180m dikke tweede watervoerende pakket, dat uit verschillende formaties bestaat. Lokaal komen er in het tweede watervoerende pakket dunne kleilagen voor. De onderkant van het tweede watervoerende pakket wordt afgesloten met een complex van zandige en kleilagen met nog een dun derde watervoerend pakket daaronder. In deze studie wordt de formatie van Maassluis als hydrologische basis beschouwd, deze begint op circa NAP -250m. De beschrijving van de bodemopbouw is afgeleid op basis van de (digitale) grondwaterkaart, boringen van dinoloket en REGIS (TNO, 2002c).

De doorlatendheid van WVP 1 en WVP 2 is respectievelijk ongeveer 10 en 20 m/d en de weerstand van s_{d1} 1 is ongeveer 150 dagen (OudeEssink et al., 2008).

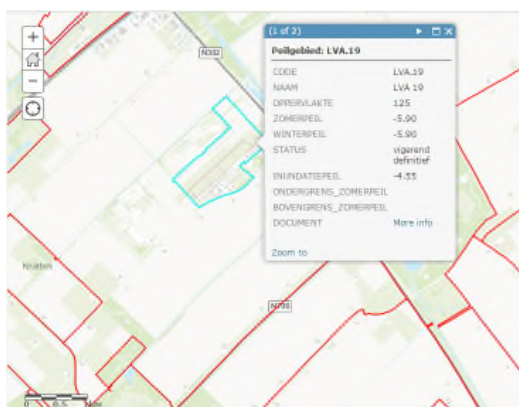
TABEL VIII-1 SCHEMATISCHE WEERGAVE BODEMOPBOUW

boven <i>m NAP</i>	onder <i>m NAP</i>	Dikte <i>m</i>	Eenheid	Materiaal	formatie
-4,5	-7	2,5	hol. deklaag	klei, veen	Naaldwijk, Nieuwkoop, Echteld
-7	-30	23	WVP 1	fijn matig grof zand	Kreftenheye, Boxtel
-30	-40	10	SDL 1	klei, zandige klei	Drenthe
-40	-220	180	WVP 2	fijn tot grof zand	Urk, Appelscha, Peize, Waalre
-220	-240	20	SDL 2	zandige en kleiige afzettingen	Peize complex
-240	-250	10	WVP 3	zand en schelpen	Peize Waalre
-250	-	-	basis	leem, klei, zand	Maassluis complex

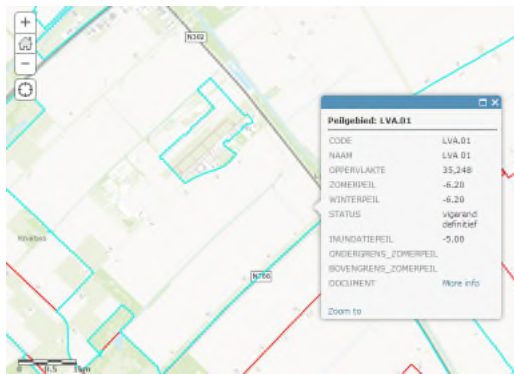
Grondwater kwantiteit

Door de inpoldering en bemaling van Flevoland is het oppervlaktewaterpeil en de grondwaterstand met circa 5 meter gedaald. Het oppervlakte waterpeil rondom OMALA en LA is NAP -6,2m en NAP -5,9m, zie Figuur VIII-1 en Figuur VIII-2. De stijghoogte in WVP 1 en WVP 2 is ongeveer NAP -5,5m, er is dus sprake van naar boven gerichte verticale stroming: kwel. De stijghoogten die zijn gemeten in WVP 1 en 2 (Figuur VIII-4) bevestigen de afwezigheid of zeer beperkte weerstand van scheidende laag 1.

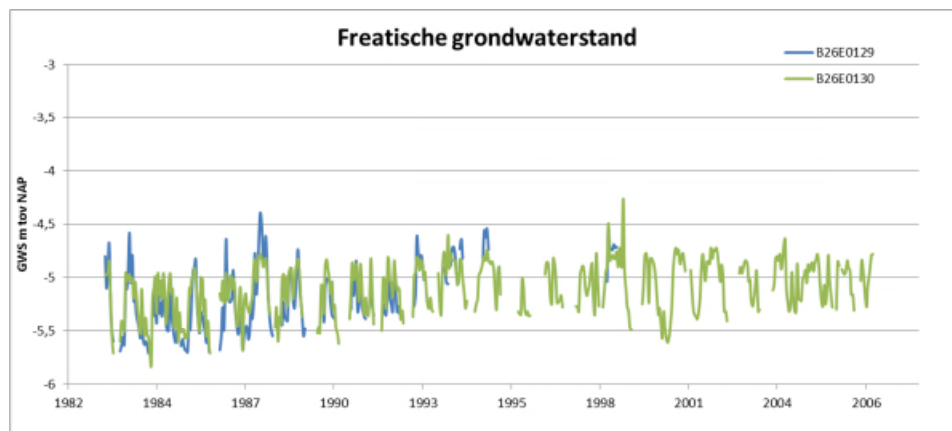
Grondwaterstroming richting de polder als gevolg van de sterke peilverlaging in de polders heeft ook een daling van de stijghoogte in het eerste en tweede watervoerende pakket veroorzaakt. Stijghoogtemetingen illustreren dit, zie Figuur VIII-4, Figuur VIII-5 en Figuur VIII-6. Hierdoor is de regionale grondwaterstroming in zowel watervoerend pakket 1 als 2 in de richting van Flevoland. Vooral vanaf de Veluwe en Utrechtse heuvelrug is er sterke toestroming (zie Figuur VIII-5 en Figuur VIII-6). In het centrum van de polder is de stijghoogte hierdoor het laagst en neemt naar de randen van Flevoland toe. Ter plaatse van OMALA en LA is de stijghoogte ongeveer op zijn laagst, OMALA is ook ver genoeg van de rand van Flevoland verwijderd om te spreken van een stagnante zone in de horizontale grondwaterstroming, zoals de isohypsen ook laten zien.



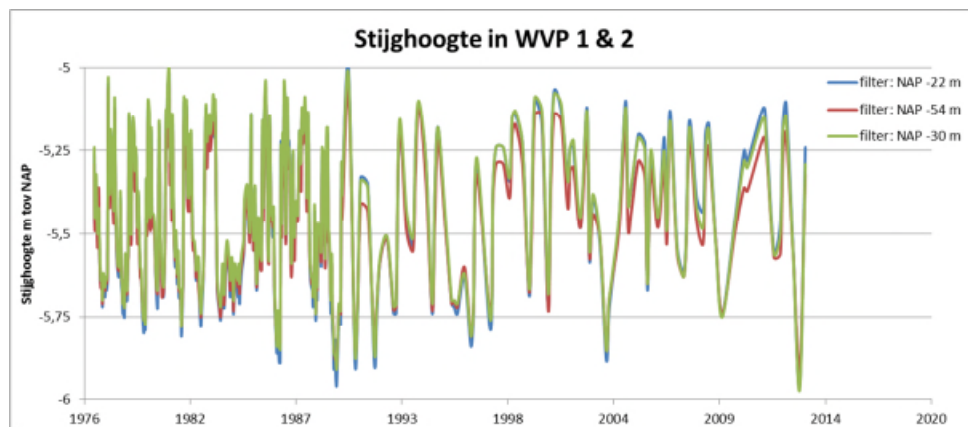
FIGUUR VIII-1 PEILBESLUIT PEILVAK LVA.19 (LELYSTAD AIRPORT) (ZUIDERZEELAND, 2015)



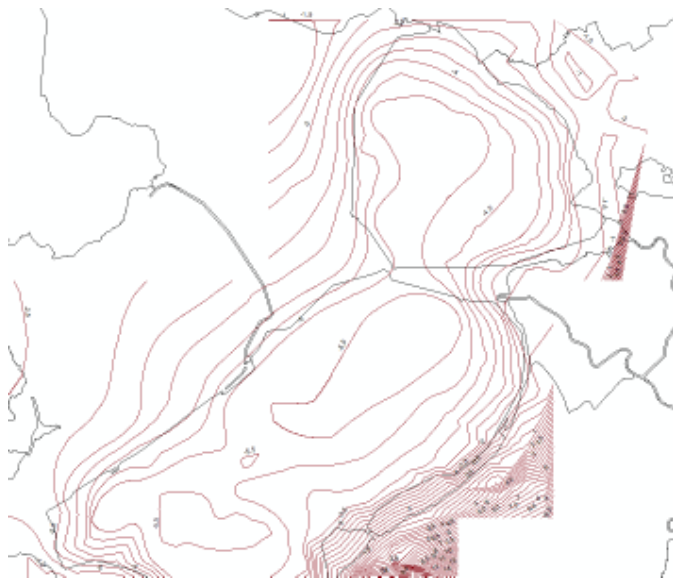
FIGUUR VIII-2 PEILBESLUIT PEILVAK "LVA.01" (RONDOM LELYSTAD AIRPORT) (ZUIDERZEELAND, 2015)



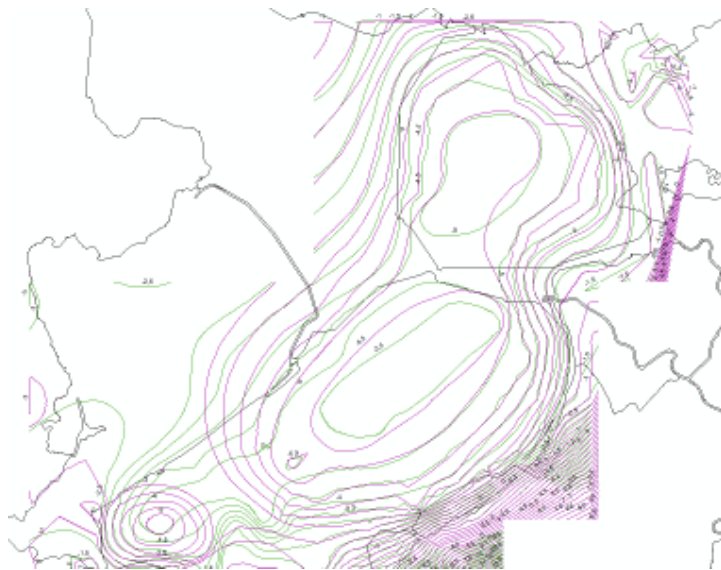
FIGUUR VIII-3 FREATISCHE GRONDWATERSTAND VERLOOP IN DE OMGEVING VAN OMALA EN LA (TNO, 2002A)



FIGUUR VIII-4 STIJGHOOGTE VERLOOP IN WATERVOEREND PAKKET 1 EN 2 TER PLAATSE VAN OMALA EN LA (TNO, 2002A)



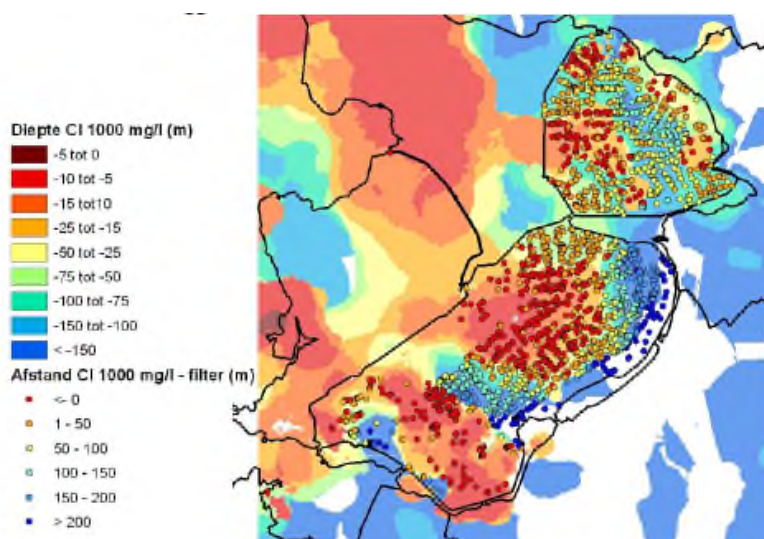
FIGUUR VIII-5 ISOHYPSEN WVP 1 (TNO, 2002B)



FIGUUR VIII-6 ISOHYPSEN IN WVP 2 EN 3 (TNO, 2002B)

Grondwater kwaliteit

Omdat Flevoland voorheen zee was ligt het zoet-zout grensvlak in grote delen van de polder zeer ondiep. Ter plaatse van OMAA ligt het 1000 mg/l grensvlak op circa NAP -7m, Figuur VIII-7. Dit betekent dat zowel WVP 1 als 2 zout grondwater bevatten. Uit de chloride concentraties in oppervlakte water rondom Lelystad Airport blijkt ook dat er in het gebied kwel vanuit het eerste watervoerend pakket zorgt voor een flux van chloride naar het oppervlakte water. In het gebied zijn geen grondwatervoorraden die worden aangemerkt als potentieel winbaar t.b.v. drinkwaterwinning (OudeEssink et al., 2008).



FIGUUR VIII-7 DIEPTE 1000 CL MG/L GRENSVLAK (OUDEESSINK ET AL., 2008)

Ter plaatse van Lelystad Airport zijn op verschillende diepten grondwatermonsters geanalyseerd. De geanalyseerde parameterwaarden zijn opgenomen in Tabel VIII-2. De waargenomen EC waarden bevestigen de hoge zout concentratie echter niet.

TABEL VIII-2 GRONDWATERKWALITEIT ANALYSE TER PLAATS VAN LELYSTAD AIRPORT GEMIDDELDE WAARDEN VAN 4 METINGEN (1977, 1990, 1997, 2003)

	CO ₂	DCV	EC	ETU	Fe	MCP	MEVP
	[mg/l]	[ug/l]	[uS/cm]	[ug/l]	[mg/l]	[ug/l]	[ug/l]
WVP1	1991	7,3	17,4	555	10,7	93	1,5
SDL1	1568	3,2	19,0	312	7,9	48	2,6
WVP2	1914	1,3	16,2	222	11,3	50	1,4
	Mg	NH ₄	NH ₄ -ORG	NO ₂	NaHCO ₃	SO ₄	SiO ₂
	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]
WVP1	5	0	<,02	869	0	11,0	0,54
SDL1	1	0	<,02	487	0	11,0	0,17
WVP2	3	1	<,02	632	0	11,0	0,13

Grondwater temperatuur

De temperatuur in de bovenste meters van de bodem volgt de seizoensmatige temperatuurschommeling. Dit effect neemt daar de diepte toe steeds verder af, op grotere diepte dan circa 10 m -mv is de weersinvloed verwaarloosbaar klein (MMB, 2012). Door de hoge temperatuur in het binnenste van de aarde neemt de temperatuur vanaf het aardoppervlak van de aarde naar het middelpunt toe. De gradiënt waarmee dit gebeurd is in Nederland circa 1 graad per 100m (MMB, 2012), dit betekent dat de natuurlijke grondwatertemperatuur over de dikte van WVP 1 en 2 met circa 2 graden toeneemt, bovenin WVP 1 circa 11°C en onderin WVP 2 circa 13°C.

Overige belangen in de bodem

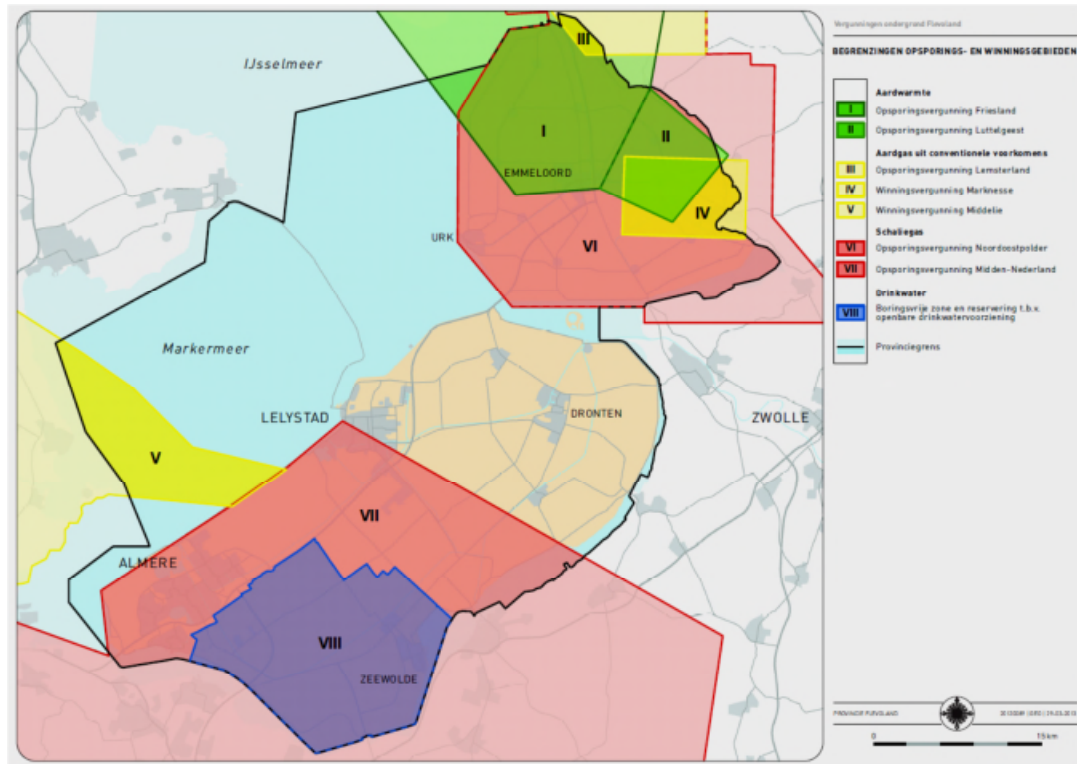
Ter plaatse van Lelystad Airport zijn er geen andere belangen zoals EHS, archeologische of aardkundige waarden, Figuur VIII-8.



FIGUUR VIII-8, ARCHEOLOGISCHE EN AARDKUNDIGE WAARDEN (FLEVOLAND, 2006; RCE, 2015)

Potentie Geothermie

Winning van olie of gas mag alleen als wordt aangetoond dat ze geen negatief effect hebben op derden (Flevoland, 2013). Er is ook een opsporingsvergunning verleend voor Schaliegas ter plaatse van OMALA en LA (Flevoland, 2013). Recentelijk is Flevoland ook door EZ aangewezen als een potentiële locatie voor het winnen van Schaliegas (Kamp, 2015). De ontwikkeling van zowel de diepe aardwarmte als schaliegas staat in Nederland in de kinderschoenen, de eerste pilot locaties moeten nog worden gerealiseerd. Het is gezien de publieke weerstand en potentiële risico's echter niet aannemelijk dat er op korte termijn naar schaliegas wordt geboord in Flevoland.



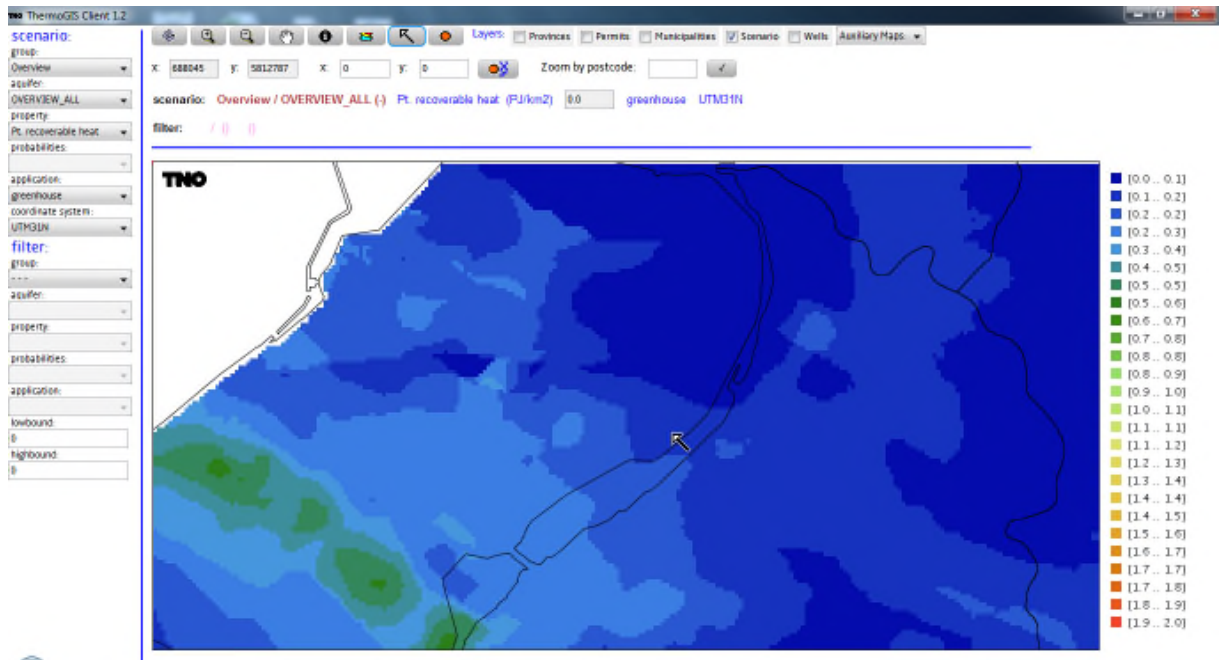
OVERZICHT VAN DE BORINGSVRIJE ZONE EN DE AANGEVRAAGDE EN VERLEENDE OPSPORINGS- EN WINNINGSVERGUNNINGEN IN FLEVOLAND (FLEVOLAND, 2013)

De potentie van aardwarmte (geothermie) is beperkt ter plaatse van OMALA en LA, het is niet aannemelijk dat er naar geothermie geboord gaat worden in het plangebied (zie toelichting in volgende paragraaf). Dat blijkt ook de verleende opsporingsvergunningen voor aardwarmte.

Geen van de mogelijke diepe functies zijn (op korte termijn) aan de orde en de functies hebben beperkte invloed op de beschikbare ruimte in de ondiepe lagen. Er wordt daarom geen rekening gehouden met functies in de ondergrond die vallen onder de Mijnbouwwet

QuickScan potentie Geothermie

Voor de QuickScan is gebruik gemaakt van ThermoGIS (TNO, 2015), de database van TNO waarin voor verschillende geologische formaties op basis van temperatuur, diepte, dikte en permeabiliteit de potentie voor geothermie inzichtelijk wordt gemaakt.



FIGUUR VIII-9, POTENTIEEL WINBARE HOEVEELHEID WARMTE (TNO, 2015)

Potential recoverable heat: 0,1 PJ/km² → 100 MJ/m²

diepte: 2400m

temp: 75°C

dikte: 30-100 m

permeabiliteit: 5 mD

Aquifer: Rotliggend upper

Diepe Geothermie

Delen van Flevoland zijn mogelijk geschikt voor het benutten van zeer diepe geothermie (4 km of dieper). Transmark heeft recent twee opsporingsvergunningen aangevraagd voor zeer diepe geothermie in grote gebieden. Eén ervan ligt in Friesland/Flevoland (4125 km²), de ander in Noord-Brabant (3694 km²). Doel ervan is het winnen van aardwarmte ten behoeve van het opwekken van elektriciteit. Transmark vraagt grote gebieden aan vanwege de grote onzekerheid van de structuren van de diepe ondergrond en de eigenschappen van de ondergrond. Transmark is voornemens om na het eerste jaar ten minste 50% van de totale concessie terug te geven. De effecten van met name zeer diepe geothermie zijn nog onbekend (Flevoland, 2013).

Referenties

- AHN, 2015. Actueel hoogte bestand Nederland.
- Flevoland, 2006. Omgevingsplan Flevoland 2006-2015, in: Flevoland, P. (Ed.).
- Lopik, J.H., Hartog, N., Zaadnoordijk, W.J., Cirkel, D.G., Raof, A., 2015. Salinization in a stratified aquifer induced by heat transfer from well casings. *Advances in Water Resources* 86, 32-45.
- MMB, 2012. Meer met Bodemenergie Rapport 8 – Autonome opwarming Autonome ontwikkeling Bodemtemperatuur in: ondergrond, S.d.o. (Ed.), Gouda
- OudeEssink, G., de Louw, P., van Vliet, M., van Baaren, E., 2008. Zoet-zout studie Provincie Flevoland. Deltares, Utercht.
- RCE, 2015. Indicatieve kaart archeologische waarden (IKAW) Archeologische MonumentenKaart (AMK), in: erfgoed, R.v.h.c. (Ed.).
- TNO, 2002a. Boringen uit Dinoloket, digitale grondwaterkaart, Utrecht.

- TNO, 2002b. Grondwaterkaart van Nederland Utrecht.
- TNO, 2002c. REGIS, Utrecht.
- Zuiderzeeland, 2015. interactieve peilvak-kaart geraadpleegd.

Bijlage IX Resultaten scenario's ordeningsplannen

Energievraag scenario		1		Kosten	Recovery	Benutting		Doelmatigheid		
type br.	Bronontwerp	Balans?	afstand	verandering %	efficiency %	Thermisch %	Claim %	Ton CO2/m2		
vrij	Qmax	balans	3 x Rth	0,00	0,77	0,64	1,49	1,5		
			2,5 x Rth	0,02	0,74	0,64	1,03	1,5		
		flexibel	2 x Rth	1,5 x Rth	0,01	0,69	0,64	0,67	1,5	
				1,5 x Rth	0,01	0,63	0,64	0,67	1,5	
	3 x Rth		3 x Rth	0,04	0,77	0,49	1,17	3,4		
			2,5 x Rth	0,04	0,74	0,49	0,81	3,4		
	op basis van V	balans	2 x Rth	2 x Rth	0,03	0,69	0,49	0,55	3,4	
				1,5 x Rth	0,03	0,63	0,49	0,54	3,4	
		flexibel	3 x Rth	3 x Rth	0,20	0,83	0,15	0,33	5,2	
				2,5 x Rth	0,20	0,80	0,15	0,23	5,2	
	mono			2 x Rth	0,19	0,75	0,15	0,16	5,2	
				1,5 x Rth	0,18	0,69	0,15	0,16	5,2	
flexibel				3 x Rth	3 x Rth	0,22	0,83	0,11	0,25	12,3
					2,5 x Rth	0,21	0,80	0,11	0,17	12,3
doublet			2 x Rth	0,21	0,75	0,11	0,15	12,3		
			1,5 x Rth	0,20	0,69	0,11	0,14	12,3		
			3 x Rth	3 x Rth	0,06	0,83	0,12	0,27	14,8	
				2,5 x Rth	0,06	0,80	0,12	0,19	14,8	
Gesloten			2 x Rth	0,06	0,75	0,12	0,12	14,8		
			1,5 x Rth	0,06	0,69	0,12	0,12	14,8		
			3 x Rth	3 x Rth	0,27	0,83	0,24	0,54	7,4	
				2,5 x Rth	0,24	0,80	0,24	0,37	7,4	
nvt			2 x Rth	0,21	0,75	0,24	0,24	7,4		
			1,5 x Rth	0,18	0,69	0,24	0,24	7,4		
			3 x Rth	3 x Rth	0,42	0,77	0,04	0,16	38,12	
				2,5 x Rth	0,42	0,77	0,04	0,16	38,12	

Energievraag scenario		2		Kosten	Recovery	Benutting		Doelmatigheid		
type br.	Bronontwerp	Balans?	afstand	verandering %	efficiency %	Thermisch %	Claim %	Ton CO2/m2		
vrij	Qmax	balans	3 x Rth	0,00	0,77	0,69	1,61	1,5		
			2,5 x Rth	0,02	0,74	0,69	1,12	1,5		
		flexibel	2 x Rth	1,5 x Rth	0,01	0,69	0,69	0,72	1,5	
				1,5 x Rth	0,01	0,63	0,69	0,72	1,5	
	3 x Rth		3 x Rth	3 x Rth	0,04	0,78	0,51	1,21	3,8	
				2,5 x Rth	0,04	0,75	0,51	0,84	3,8	
	op basis van V	balans	2 x Rth	2 x Rth	0,03	0,70	0,51	0,57	3,8	
				1,5 x Rth	0,03	0,64	0,51	0,56	3,9	
		flexibel	3 x Rth	3 x Rth	0,20	0,83	0,17	0,36	4,9	
				2,5 x Rth	0,19	0,80	0,17	0,25	4,9	
	mono			2 x Rth	0,18	0,75	0,17	0,17	4,9	
				1,5 x Rth	0,18	0,69	0,17	0,17	4,9	
flexibel				3 x Rth	3 x Rth	0,21	0,83	0,12	0,27	13,2
					2,5 x Rth	0,21	0,80	0,12	0,18	13,2
doublet			2 x Rth	0,20	0,75	0,12	0,16	13,2		
			1,5 x Rth	0,20	0,69	0,12	0,15	13,3		
			3 x Rth	3 x Rth	0,05	0,83	0,13	0,29	15,8	
				2,5 x Rth	0,05	0,80	0,13	0,21	15,8	
Gesloten			2 x Rth	0,05	0,75	0,13	0,13	15,8		
			1,5 x Rth	0,05	0,69	0,13	0,13	15,8		
			3 x Rth	3 x Rth	0,26	0,83	0,26	0,59	7,9	
				2,5 x Rth	0,23	0,80	0,26	0,40	7,9	
nvt			2 x Rth	0,19	0,75	0,26	0,26	7,9		
			1,5 x Rth	0,16	0,69	0,26	0,26	7,9		
			3 x Rth	3 x Rth	0,43	0,77	0,04	0,17	37,31	
				2,5 x Rth	0,43	0,77	0,04	0,17	37,31	

Energievraag scenario		3		Kosten	Recovery	Benutting		Doelmatigheid
type br.	Bronontwerp	Balans?	afstand	verandering %	efficiency %	Thermisch %	Claim %	Ton CO2/m2
vrij	Qmax	balans	3 x Rth	0,00	0,77	0,70	1,64	1,8
			2,5 x Rth	0,02	0,74	0,70	1,14	1,8
			2 x Rth	0,01	0,69	0,70	0,73	1,8
			1,5 x Rth	0,01	0,63	0,70	0,74	1,8
	flexibel	3 x Rth	0,04	0,77	0,56	1,30	3,6	
		2,5 x Rth	0,04	0,74	0,56	0,91	3,6	
		2 x Rth	0,03	0,70	0,56	0,62	3,6	
		1,5 x Rth	0,03	0,63	0,56	0,61	3,6	
	op basis van V	balans	3 x Rth	0,20	0,83	0,17	0,35	6,0
			2,5 x Rth	0,20	0,80	0,17	0,25	6,0
			2 x Rth	0,19	0,75	0,17	0,17	6,0
			1,5 x Rth	0,19	0,69	0,17	0,17	6,0
flexibel		3 x Rth	0,22	0,83	0,13	0,28	12,9	
		2,5 x Rth	0,22	0,80	0,13	0,19	12,9	
		2 x Rth	0,21	0,75	0,13	0,16	12,9	
		1,5 x Rth	0,21	0,69	0,13	0,15	12,9	
mono			3 x Rth	0,03	0,83	0,14	0,31	15,3
			2,5 x Rth	0,03	0,80	0,14	0,22	15,3
			2 x Rth	0,03	0,75	0,14	0,14	15,3
			1,5 x Rth	0,03	0,69	0,14	0,14	15,3
doublet			3 x Rth	0,25	0,83	0,27	0,62	7,7
			2,5 x Rth	0,21	0,80	0,27	0,42	7,7
			2 x Rth	0,18	0,75	0,27	0,27	7,7
			1,5 x Rth	0,15	0,69	0,27	0,27	7,7
Gesloten			nvt	0,43	0,77	0,04	0,17	39,41

Energievraag scenario		4		Kosten	Recovery	Benutting		Doelmatigheid
type br.	Bronontwerp	Balans?	afstand	verandering %	efficiency %	Thermisch %	Claim %	Ton CO2/m2
vrij	Qmax	balans	3 x Rth	0,00	0,77	0,55	1,30	1,2
			2,5 x Rth	0,02	0,73	0,55	0,90	1,2
			2 x Rth	0,01	0,69	0,55	0,58	1,2
			1,5 x Rth	0,01	0,62	0,55	0,57	1,2
	flexibel	3 x Rth	0,04	0,77	0,42	1,02	2,8	
		2,5 x Rth	0,04	0,74	0,42	0,71	2,8	
		2 x Rth	0,03	0,69	0,42	0,48	2,8	
		1,5 x Rth	0,03	0,63	0,42	0,47	2,8	
	op basis van V	balans	3 x Rth	0,20	0,83	0,12	0,28	4,8
			2,5 x Rth	0,19	0,80	0,12	0,19	4,8
			2 x Rth	0,19	0,75	0,12	0,13	4,8
			1,5 x Rth	0,19	0,69	0,12	0,13	4,8
flexibel		3 x Rth	0,21	0,83	0,09	0,22	11,4	
		2,5 x Rth	0,21	0,80	0,09	0,15	11,4	
		2 x Rth	0,21	0,75	0,09	0,12	11,4	
		1,5 x Rth	0,20	0,69	0,09	0,11	11,4	
mono			3 x Rth	0,11	0,83	0,10	0,22	13,3
			2,5 x Rth	0,11	0,80	0,10	0,16	13,3
			2 x Rth	0,11	0,75	0,10	0,10	13,3
			1,5 x Rth	0,11	0,69	0,10	0,10	13,3
doublet			3 x Rth	0,29	0,83	0,20	0,45	6,7
			2,5 x Rth	0,27	0,80	0,20	0,31	6,7
			2 x Rth	0,24	0,75	0,20	0,20	6,7
			1,5 x Rth	0,22	0,69	0,20	0,20	6,7
Gesloten			nvt	0,42	0,77	0,03	0,15	38,10

Energievraag scenario:		nieuw profiel		Kosten	Recovery	Benutting		Doelmatigheid		
type br.	Bronontwerp	Balans?	afstand	verandering %	efficiency %	Thermisch %	Claim %	Ton CO2/m2		
vrij	Qmax	balans	3 x Rth	0,00	0,77	0,66	1,55	1,45		
			2,5 x Rth	0,02	0,74	0,66	1,07	1,45		
			2 x Rth	0,01	0,69	0,66	0,69	1,45		
		flexibel	1,5 x Rth	0,01	0,63	0,66	0,69	1,46		
			3 x Rth	0,04	0,77	0,50	1,18	3,46		
			2,5 x Rth	0,04	0,74	0,50	0,83	3,46		
	op basis van V	balans	2 x Rth	0,03	0,70	0,50	0,56	3,47		
			1,5 x Rth	0,03	0,63	0,50	0,55	3,48		
			3 x Rth	0,21	0,83	0,16	0,35	4,78		
		flexibel	2,5 x Rth	0,20	0,80	0,16	0,24	4,78		
			2 x Rth	0,20	0,75	0,16	0,17	4,78		
			1,5 x Rth	0,19	0,69	0,16	0,17	4,79		
mono		balans	3 x Rth	0,23	0,83	0,12	0,26	11,94		
			2,5 x Rth	0,22	0,80	0,12	0,18	11,94		
			2 x Rth	0,22	0,75	0,12	0,15	11,95		
		flexibel	1,5 x Rth	0,21	0,69	0,12	0,14	11,95		
			3 x Rth	0,15	0,83	0,13	0,28	14,94		
			2,5 x Rth	0,15	0,80	0,13	0,20	14,94		
	doublet		balans	2 x Rth	0,15	0,75	0,13	0,13	14,94	
				1,5 x Rth	0,15	0,69	0,13	0,13	14,94	
				3 x Rth	0,31	0,83	0,25	0,57	7,47	
		Gesloten		nvt	2,5 x Rth	0,29	0,80	0,25	0,39	7,47
					2 x Rth	0,26	0,75	0,25	0,25	7,47
					1,5 x Rth	0,24	0,69	0,25	0,25	7,47
				0,45	0,77	0,04	0,17	37,91		

Bijlage X Monitoringsvoorschriften uit BUM

4.1 Er wordt een registratie bijgehouden van de per maand onttrokken en in de bodem teruggebrachte hoeveelheden grondwater en het maximale uur debiet per maand.

4.2 Er wordt een registratie bijgehouden van de maximale en gemiddelde temperatuur per maand van het in de bodem opgepompte grondwater en van de gemiddelde temperatuur per maand van het in de bodem teruggebrachte grondwater.

4.3 Er wordt een registratie bijgehouden van de hoeveelheden warmte en koude die in iedere maand aan de bodem zijn toegevoegd, van de SPF over ieder kalenderjaar en van de metingen die daaraan ten grondslag liggen. Deze hoeveelheden warmte en koude die aan de bodem zijn toegevoegd worden berekend conform Bijlage 2.4. De SPF wordt gemeten en berekend conform ISSO-publicatie 39.

4.4 De registraties als genoemd in de voorschriften 4.1, 4.2 en 4.3, worden gebaseerd op momentane metingen tijdens de bedrijfsvoering, met een nauwkeurigheid van ten minste 95 %²⁰ en een frequentie van tenminste een maal per 15 minuten, van: 1. de hoeveelheden grondwater die worden onttrokken 2. de hoeveelheden grondwater die in de bodem worden teruggebracht danwel als spui worden afgevoerd, en 3. de temperaturen van het onttrokken en in de bodem teruggebrachte grondwater.

4.5 De verzamelde gegevens als bedoeld in de voorschriften 4.1, 4.2 en 4.3 worden uiterlijk binnen drie maanden na afloop van ieder kalenderjaar aan GS opgegeven met gebruikmaking van de meetstaat die door het bevoegd gezag beschikbaar is gesteld. De gegevens als bedoeld bij voorschrift 4.3 worden tevens gesommeerd vanaf de datum van ingebruikneming van het bodemenergiesysteem. De gegevens over de hoeveelheden warmte en koude die in iedere maand aan de bodem zijn toegevoegd worden voor de periode van de voorgaande 5 kalenderjaren in een grafiek weergegeven conform het voorbeeld in Bijlage 2.7, waarmee wordt onderbouwd of de inrichting voldoet aan voorschrift 3.6. Tevens wordt het koude- of warmte-overschot vanaf de datum van ingebruikneming van het systeem berekend conform Bijlage 2.5 ²⁰ De metingen zelf hebben minimaal een nauwkeurigheid van 95 %. De waarden van te registreren gegevens die worden verkregen door een berekening op basis van de meetwaarden kunnen een lagere nauwkeurigheid hebben. ²¹ De meetstaat wordt opgesteld naar de model-meetstaat in Bijlage 2.7.

4.6 Ter vaststelling van de invloed van de inrichting op de chemische samenstelling van het grondwater wordt aan het einde van het warme of koude seizoen waarin de inrichting 2 jaar in werking is geweest, het grondwater in het bepompte pakket bemonsterd en geanalyseerd op de stoffen zoals in Bijlage 2.3 is aangegeven. Daarbij wordt het grondwater bemonsterd bij één van de bronnen waarbij tijdens de referentiesituatie het grondwater is bemonsterd (voorschrift 2.4) en die in het afgelopen seizoen grondwater heeft geïnjecteerd. Het analyserapport wordt als Bijlage bijgevoegd bij de monitoringsrapportage over het kalenderjaar waarin de bemonstering heeft plaatsgevonden, met een beschouwing van de invloed van de inrichting op de chemische samenstelling van het grondwater.

4.7 Indien de gegevens als genoemd in de voorschriften 4.5 en 4.6 afwijkingen vertonen, kan het bevoegd gezag aanvullend onderzoek eisen naar de effecten daarvan op de bij het grondwater betrokken belangen.

4.8 Nadat de inrichting twee volledige kalenderjaren in gebruik is, en na iedere periode van vijf kalenderjaren die daar op volgen, overlegt de vergunninghouder een evaluatierapport waarin in ieder geval het volgende is opgenomen: - De hoeveelheden warmte en koude die per maand aan de bodem zijn toegevoegd, inclusief een beschouwing van maatregelen die genomen zijn of worden om aan voorschrift 3.6 te voldoen; - Voorgedane calamiteiten of ongewone voorvallen; - De SPF van het bodemenergiesysteem gedurende de afgelopen periode, inclusief een beschouwing van maatregelen die genomen zijn of worden om aan voorschrift 3.10 te voldoen.