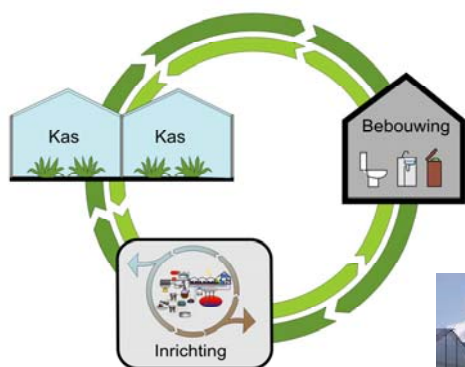


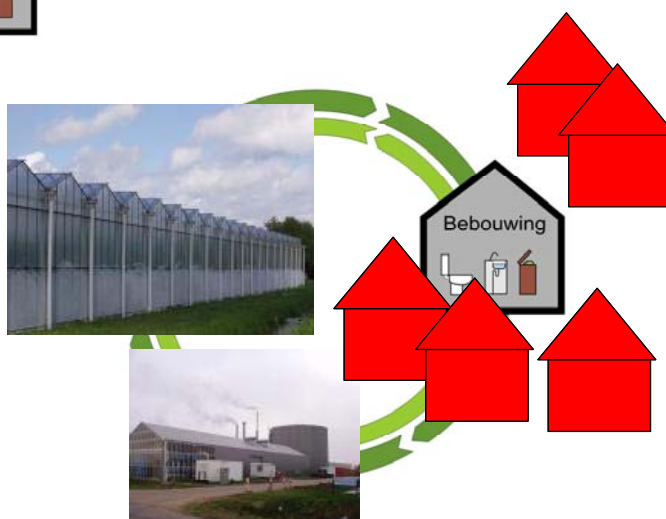
# Tweede tussenrapport

## Haalbaarheidsonderzoek Zonneterp Westland

van Zonneterp



naar Zonneterp Westland



## Inhoud

1	Introductie .....	3
2	Warmtelevering .....	4
2.1	Installatieconcept LT-warmtenet.....	6
2.2	Meer- en minderkosten in de woning.....	8
2.3	Ondergrondse koude- en warmteopslag.....	11
3	Elektriciteit .....	12
3.1	Lokaal elektriciteitstransportnet .....	13
3.2	Internet voor warmte- en elektriciteitsvoorziening.....	14
3.3	Energieweb .....	15
3.4	R&D visie EU.....	16
4	Water .....	17
4.2	Bronscheiding .....	18
4.3	Gecombineerde decentrale waterzuivering .....	19
4.4	Infrastructuur .....	21
4.5	De vergister en WKK.....	23
4.6	Baten.....	24
4.7	Wie gaat het uitvoeren? .....	25
4.8	Waterberging.....	27
5	Energietransitie.....	28
5.1	Gebruik van CO <sub>2</sub> .....	29
5.2	Brandstofcel .....	30
5.3	Afvalstoffenkringloop.....	32
5.4	De woning.....	33
5.5	Drinkwaterzuivering.....	34
5.6	Zon, wind en waterstof .....	35
	Colofon.....	37

## 1 Introductie

Dit is het tweede tussenrapport in het haalbaarheidsonderzoek 'Zonneterp Westland'.

In het eerste tussenrapport werden de uitgangspunten en contouren geschetst voor het haalbaarheidsonderzoek. In dit tweede rapport wordt op deelonderwerpen de stand van zaken aangegeven.

We veronderstellen kennis van het voorafgaande. In het bijzonder het rapport 'Zonneterp – Een grootschalig zonproject' en het 1<sup>e</sup> tussenrapport Zonneterp Westland d.d. 1 maart 2006.

Achtereenvolgens komen aan de orde: warmtelevering, elektriciteit, water en energietransitie.

Warmtelevering aan woningen (of andere gebouwen) vanuit de glastuinbouw is het startpunt. Warmte is een restproduct en bovendien in de glastuinbouw in overmaat aanwezig. De lokale warmtevoorziening in het Westland is een kwestie van oogst, opslag en allocatie. Drijvers van het warmteoverschot zijn de kassen zelf en de elektriciteitsproductie.

Er is voor gekozen niet puur uit te gaan van de energieproducerende kas als duurzame warmtebron. Het project zou daarmee te afhankelijk worden van de daadwerkelijke vestiging van dergelijke kassen. Zonder die kassen is er ook al de nodige warmte beschikbaar. Gestreefd wordt derhalve naar een lokale warmte-infrastructuur waarin woningen direct warmte van de glastuinbouw kunnen ontvangen én waarop energieproducerende kassen op termijn kunnen worden ingeschakeld.

Elektriciteit is in het lokale energiesysteem de 'money-maker'. Met warmtelevering wordt niet echt geld verdiend. Met elektriciteitsproductie wel. Door de lokale elektriciteitsproductie te helpen worden vele doelen bereikt: vermindering van kans op (nationale) elektriciteitstekorten, stabiliteit van het elektriciteitsnet, beschikbaarheid van warmte daar waar deze benut kan worden en extra verdienste voor de tuinders.

De elektriciteitsproductie is nog sterk georiënteerd op fossiele brandstoffen. Maar dit kan veranderen. Juist voor kleinschalige, gedistribueerde energiesystemen wordt het denkbaar dat op afzienbare termijn wordt overgeschakeld op duurzame energiebronnen.

De aanpak van de Zonneterp is gericht op haalbare systeemveranderingen, die de voorwaarden scheppen om op langere termijn (5 – 10 jaar) volledig duurzaam te zijn. In de eerste drie hoofdstukken wordt ingegaan op die systeemveranderingen die op korte termijn realiseerbaar zijn. In het vierde hoofdstuk 'Energietransitie' wordt het perspectief geboden van de verdere ontwikkelingen die dan mogelijk worden. In hoofdzaak gaat het om vervolmaking van de lokale afval → energie kringlopen.

Typisch voor de systemen die in die transitie betrokken zijn, is dat ze geen bijzonder voordeel hebben van de grote industriële schaal. Het optimum wordt juist bereikt op een midden schaalniveau. Net groot genoeg om een duurzame business te draaien. Maar niet zo groot dat logistieke- en transportproblemen een aanslag plegen op duurzaamheid en omgevingskwaliteit.

Kernwoorden voor de energietransitie zijn: duurzaam en decentraal. Dat leidt tot hogere efficiency, grotere stabiliteit, minder transport en nuttige activiteiten voor het lokale MKB. Je zou kunnen zeggen: zodra de eerste zonneterpen zijn gecreëerd begint de energietransitie pas goed. Zonneterpen zijn broedplaatsen voor verdere wenselijke ontwikkelingen.

In dit tussenrapport worden bewust nog geen eindconclusies getrokken. Het rapport dient de collectieve gedachtevorming en dialoog.

## 2 Warmtelevering

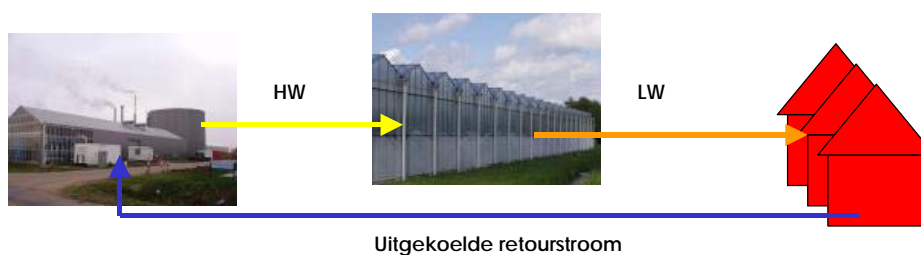
Hoofdscenario's voor warmte;

1. **Energieproducerende kas / zonnewarmte uit aquifer (KWO).** Levering van 'zeer laagwaardige warmte' door de 'energieproducerende kas'. De woningen worden verwarmd op basis van zonnewarmte. Warm tapwater bereiding moet apart worden voorzien. Ontwikkeling van kas en woningen worden op elkaar afgestemd. Ontwikkeling voor bijzondere doelgroepen.
2. **Stadsverwarming.** Levering van 'hoogwaardige warmte' van lokale WKK-inrichting. Vergelijk: warmtelevering in Nieuwveen door een rozenkweker (aan ca 80 woningen, te ontwikkelen door Vestia Ceres).
3. **LT-warmtenet.** Warmtecascade: levering van '2<sup>e</sup> hands' laagwaardige warmte aan woningen. Rendementsverbetering van het gehele energiesysteem. Zekerheid en comfortverbetering voor bewoners. Het LT-warmtenet is een methode voor energietransitie. De woningen worden geschikt gemaakt voor diverse (duurzame) warmtebronnen. In eerste instantie 2<sup>e</sup> hands warmte uit de glastuinbouw. Later eventueel ook zonnewarmte (hybride warmtenet).

Verwarming op basis van glastuinbouw hoeft niet te wachten op energieproducerende kassen (1.). Ook nu al zijn er diverse warmtestromen binnen het glastuinbouwgebied die benut kunnen worden. Het rendement van de energievoorzieningen in het glastuinbouwgebied neemt dan toe. Bovendien wordt er aan de afnemende kant brandstof bespaard. Indien wordt ingestoken op laagwaardige warmte (3.) kan op termijn de energieproducerende kas (1.) in het warmtesysteem worden betrokken.

We onderscheiden verwarming met hoogwaardige (2.) en laagwaardige warmte (3.).

Laagwaardige warmte naar woningen



Hoogwaardige warmte naar woningen



*Bestaande mogelijkheden voor warmtelevering vanuit de glastuinbouw: warmtecascade (boven) of stadsverwarming (onder).*

Voordeel van het leveren van hoogwaardige (HT) warmte (2.) is dat de warm tapwatervoorziening met de warmtelevering kan worden gedekt. Dit systeem is vergelijkbaar met conventionele stadsverwarming. Het levert (forfaitair) een bijdrage van 10% aan de energieprestatie (EPC) van de woningen. De warmte wordt meestal geleverd tegen een tarief dat 'niet meer dan anders' (nmda) bedraagt. Het komt erop neer dat de totale kosten voor de consument niet omlaag gaan (maar zelfs hoger kunnen uitpakken).

Bij levering van laagwaardige (LT) warmte (3.) zullen er aanvullende oplossingen moeten komen voor bereiding van warm tapwater. Dit is een reden waarom de marktwaarde van laagwaardige warmte een stuk lager ligt. Toch heeft het gebruik ervan de nodige voordelen:

- hoger opwekkingsrendement;
- beter uitgangspunt voor seizoensopslag;
- minder energieverlies bij warmtetransport;
- betrouwbaarder warmtenet door minder thermische werking;
- uitkoeling van koelwater, wat voor de tuinders doorgaans gunstig is; en
- verhoogd verwarmingscomfort in de woningen.

Bij gebruik van LW-warmte wordt het denkbaar dat op termijn niet (alleen) WKK-restwarmte voor het warmtenet zal worden gebruikt, maar ook zonnewarmte uit energieproducerende kassen.

Toepassing van LW-warmte betekent hergebruik van warmte. De warmte wordt eerst benut in de kas. De retourstroom wordt vervolgens gebruikt voor woning- en tapwaterverwarming. In het ideale geval komt uiteindelijk een diep uitgekoelde stroom (ca 12°C) retour bij de centrale. Er is sprake van een 'warmtecascade':

kasverwarming → woningverwarming → warm tapwater bereiding → koelte.

De ratio van deze cascade is niet zozeer om met warmte geld te verdienen (de marktwaarde van laagwaardige warmte is kleiner dan die van hoogwaardige warmte). Maar om de efficiency van het lokale energiesysteem te vergroten. Natuurlijk moet de aanleg en exploitatie van zo'n LT-warmtenet wel worden terugverdiend.

Een vraagpunt is op welke wijze de warmtecascade mag worden gewaardeerd in de energieprestatie (EPC) van de woning. Aangenomen dat de warm tapwaterbereiding gebeurt op basis van 'vrije warmte' kan dit systeem een EPC-winst opleveren van 27%.<sup>1</sup> Dit tegen meerkosten t.o.v. de HR combiketel van ca € 1.700,-- per woning, derhalve ca € 60,-- per marginaal EPC-punt. Aangenomen mag worden dat met deze EPC-winst ruimschoots aan de norm (0,8) is voldaan. Aanvullende investeringen in de woning zijn dan niet meer nodig.

Ter vergelijking: indien wordt uitgegaan van conventionele stadsverwarming mag rekening worden gehouden met een EPC-winst van 10%. Deze verbetering gaat gepaard met substantiële minderkosten t.o.v. de HR combiketel van ca € 1.600,-- per woning (vanaf de meter). Wel moeten nog extra investeringen worden gedaan om aan de energieprestatienorm te voldoen.

---

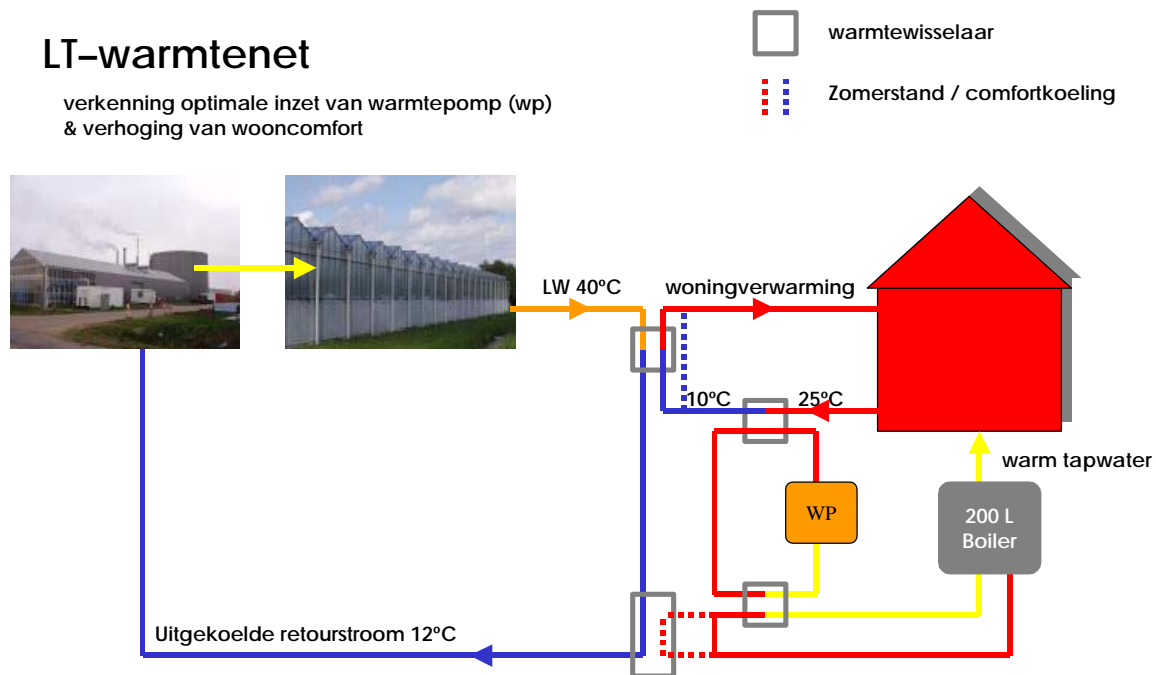
<sup>1</sup> Vergeleken met een HR 107 combi ketel CW3. Waarden indicatief en ontleend aan doorrekening van voorbeeldwoning 1, programma NEN NPR 5129:2005, voor bouwaanvragen na 1 januari 2006, gebaseerd op NEN 5128:2004.

Installatieconcept conform uitwerking in paragraaf 2.1 'Installatieconcept LT-warmtenet'. In de berekening is geen rekening gehouden met vrije zomerkoeling en vermindering van warmteverlies. Indien dat wel gebeurt is de EPC-winst nog groter.

## 2.1 Installatieconcept LT-warmtenet

Voor concept 3. (levering van laagwaardige warmte) is in samenwerking met klimaatsystemen leverancier Itho een schets gemaakt voor systeemconfiguratie in de woning. Er is daarbij sprake van een zomer- en wintersituatie (koelen en verwarmen). De woning wordt uitgerust met een warmtepomp. Primair voor warm tapwater bereiding. De warmtepomp kan echter ook worden gebruikt om piekvraag op te vangen voor de ruimteverwarming en om zomerkoeling te bieden.

Dit concept illustreert de verschillende eigenschappen die het LT-warmtenet kan hebben.



- Retourwater LT-warmtenet uitgekoeld tot ca 12°C
- Warmteafgifte in woning middels vloer- (en/of wand-)verwarming
- Retourwater woningverwarming is warmtebron voor de warmtepompboiler (warm tapwater)
- Comfortkoeling in de zomer middels warmtepompboiler (bijgevolg grote boiler / CW6)
- Huishoudelijke hot-fill apparaten aanbevolen

*Dedicated ontwerp voor de energievoorziening van een woning gekoppeld aan het LT warmtenet. Ontwerp gemaakt i.s.m. klimaatsystemen leverancier Itho.*

*Merk op: zomersituatie = gestippeld*

Voor **ruimteverwarming** wordt gebruik gemaakt van de aangevoerde laagwaardige warmte. Deze warmte kan direct worden gebruikt. In uitzonderlijke gevallen kan de warmtepomp ook bijspringen voor de ruimteverwarming.

Het **warm tapwater** wordt bereid middels een warmtepomp. Deze betreft de bronwarmte van het ruimteverwarmingscircuit. In de winter is dat restwarmte uit het glastuinbouwgebied. In de zomer is dat zonnewarmte uit de woning. In de zomer zorgt de warmtepompboiler derhalve voor koeling.

In de winter wordt het verwarmingswater door de warmtepomp diep uitgekoeld. Dit levert een **rendementsverbetering aan de energieproductiezijde**. In totaal kan bij een uitkoeling door het LT-warmtenet (van 45°C naar 12°C;  $\Delta T = 33^\circ\text{C}$ ) een rendementsverbetering van ca 10% aan de productiekant worden verwacht. Het is echter de vraag of een constante

uitgekoelde retourstroom kan worden gerealiseerd. In werkelijkheid zal de opwekkingsrendementsverbetering beperkter zijn.

De woning levert een bijdrage aan duurzaamheid en is tegelijkertijd extra comfortabel:

- Lage temperatuur verwarming
- Koeling in de zomer
- Hoogste CW-klasse<sup>2</sup>

De *grote warm tapwater capaciteit* (hoge CW-klasse) helpt de woning te koelen en het opwekkingsrendement in de energiecentrale te verbeteren. Bovendien zijn huishoudelijke hot-fill apparaten aan te raden. Met het ontbreken van de inefficiënte verwarmingselementen in (af-)wasmachines wordt elektriciteit bespaard.

Deze besparing telt niet mee voor de energieprestatie van de woning, maar levert wel een besparing op de energierekening. Wat de warmterekening voor de bewoners betreft zou het prijsprincipe kunnen worden gehanteerd: *levering tegen minimaal 10% 'minder dan anders'*.<sup>3</sup>

Verwachte eigenschappen van deze uitvoeringsvorm van concept 3:

- Verbetering van de energieprestaties van de woningen
- Verbetering van het rendement van het energienet
- Verlaging van de energielasten van bewoners
- Verhoging van het wooncomfort
- Betrouwbaar warmtenet

Voorgaand ontwerp dient de gedachtevorming. Het is uitdrukkelijk geen gedimensioneerd ontwerp. Het systeem zal nog grondig moeten worden doorgerekend. De regeling voor de woninginstallaties zullen speciaal moeten worden ontworpen.

---

<sup>2</sup> Comfort warm water klasse. Een indeling voor de warm water capaciteit in een woning. Gebruikelijke klassen van 3 (normaal) tot 6.

<sup>3</sup> Vergelijk het 'niet meer dan anders' principe (nmda) waarmee (hoogwaardige) warmteleveranciers het warmtetarief binnen zekere grenzen beogen te maximaliseren.

## 2.2 Meer- en minderkosten in de woning

In deze paragraaf worden de woninginstallaties voor Stadsverwarming en 2 uitvoeringsvormen van een LT-warmtenet onderling vergeleken, en afgezet tegen de situatie met HR-combiketel. Indicatieve berekeningen zijn gemaakt op basis van voorbeeldwoning 1, programma NEN NPR 5129:2005, voor bouwaanvragen na 1 januari 2006, gebaseerd op NEN 5128:2004.

### Stadsverwarming

Bij stadsverwarming (2.) is rekening gehouden met de forfaitaire EPC-verbetering van 10%. Aanvullende maatregelen zijn nodig om een EPC van 0,8 te bereiken. Te denken valt aan opvoering van de isolatie en douche WTW. Toepassing van balansventilatie is ook een optie. De EPC komt dan indicatief op 0,67. De isolatiewaarden kunnen dan aanzienlijk worden teruggeschroefd.

### LT-warmtenet

Bij lage temperatuurverwarming zijn 2 configuraties met een warmtepomp bekeken. De ene is gemaakt in samenwerking met klimaatsystemen leverancier Itho (concept 2). Deze variant is in de voorgaande paragraaf beschreven. Een andere variant maakt gebruik van een warmtepompboiler met als bron de ventilatielucht (concept 5).<sup>4</sup>

Concept 2 is speciaal voor een LT-warmtenet ontworpen. Het installatieconcept kan worden opgebouwd uit bestaande hardware, maar heeft nog wel aanpassing van meet- en regeltechniek. Concept 5 is direct te installeren.

Concept 5 levert een indicatieve EPC-winst van 17%.

Concept 2 levert een indicatieve EPC-winst van 27%.

Indicatieve verkenning van de investeringen *in de woningen* levert het volgende beeld.

	Stadsverwarming	concept 2	concept 5
<b>Vermeden investering in de woning (concept 1 - 5)</b>			
Vervallen HR kombi ketel (gehele inrichting vanaf de gasmeter)	€ 3.153,00-	€ 3.153,00-	€ 3.153,00-
<b>Meerkosten in de woning (concept 1 - 5)</b>			
Stadsverwarmingsinstallatie incl. warm tapwater	€ 1.559,00		
Stadsverwarmingsinstallatie excl. warm tapwater		€ 891,00	€ 891,00
Warmtepompboiler met water 40°C als bron		€ 3.000,00	
Indirect gestookte boiler incl. regeling			
Warm tapwater via stadsverwarming			
Warmtepompboiler met lucht 20°C als bron			€ 2.500,00
Meerkosten LT-warmteafgifte (vloerverwarming)		€ 1.000,00	€ 1.000,00
<b>Meer- of minderkosten t.o.v. HR combiketel</b>	<b>€ 1.594,00-</b>	<b>€ 1.538,00</b>	<b>€ 1.238,00</b>

Stadsverwarming levert een besparing in de woning. LT-warmtenet levert weliswaar meerkosten, maar ook meer EPC-winst op. Wanneer deze wordt meegenomen (zie volgende overzicht) vallen alle varianten positief uit.

<sup>4</sup> Nummer is wat vreemd omdat er in de berekeningen meerdere concepten zijn gebruikt, die hier – voor de eenvoud - echter verder niet worden genoemd.



Merk op:

- *Geen rekening is gehouden met de aansluitkosten gas en/of warmte.*
- *Het gaat hier louter om de investering 'vanaf de voordeur'. De investeringen voor warmteproductie en levering zijn daarbij niet betrokken. Evenmin de opbrengsten daarvan.*
- *De prijs van de warmtepomp in concept 2 is hoger dan in concept 5. Er is rekening gehouden met een andere inregeling van de warmtepomp, en aanpassingen van de meet- en regeltechniek.*
- *Bij projectmatige aanleg kunnen de meerkosten aanzienlijk lager uitvallen.*

### EPC-voordeel

In onderstaand overzicht wordt voor iedere % EPC-verbetering EUR 100,-- gerekend. Dat levert de onderstaande investeringsruimte per woning.

	Stadsverwarming	concept 2	concept 5
<i>Meer- of minderkosten t.o.v. HR combiketel</i>	€ 1.594,00-	€ 1.538,00	€ 1.238,00
<i>EPC besparingen t.o.v. HR 107 kombi ketel CW 3</i>			
Besparing HT stadsverwarming incl. warm tapwater	10%		
Besparing LT stadsverwarming incl. warm tapwater		12%	12%
Warmtelevering warmtepomp		15%	
WP boiler op afvoerlucht ventilatie			5%
Geschatte EPC-besparing	10%	27%	17%
Vermeden EPC-investeringen (100 euro per %)	€ 1.000,00-	€ 2.700,00-	€ 1.700,00-
<i>Meer-/minderkosten + vermeden EPC-investeringen</i>	€ 2.594,00-	€ 962,00-	€ 462,00-

In concept 2 is uitgegaan van 'vrije warmte' voor de input van de warmtepomp. Er is (nog) geen rekening gehouden met vrije koeling en beperking van het warmteverlies in het LT-transportnet.

Ten aanzien van de doorwerking van het LT-warmtenet in de EPC bestaat nog enige onzekerheid. Gewerkt is op basis van aannames. Er zijn nog geen vastgestelde normen. Hierover wordt nader overleg gevoerd met SenterNovem en TNO. TNO toonde inmiddels belangstelling voor het LT-warmtenet + bijbehorend installatieconcept in de woning.

### (Vermeden) investeringen

Bij verschillende projectomvang bedragen de vermeden investeringen:

	Stadsverwarming	Concept 2	Concept 5
250 woningen	€ 648.500,00	€ 240.500,00	€ 115.500,00
500 woningen	€ 1.297.000,00	€ 481.000,00	€ 231.000,00
750 woningen	€ 1.945.500,00	€ 721.500,00	€ 346.500,00

Geen rekening is gehouden met schaalvoordelen. Toch mag worden verwacht dat b.v. de warmtepomp (in concept 2 en 5) bij inkoop van honderden stuks aanzienlijk goedkoper zal zijn. Ook is het de vraag of er bij projectmatige ontwikkeling wel sprake is van meerkosten bij aanleg van vloerverwarming. Al met al mogen bovenstaande vermeden investeringen voor concept 2 en concept 5 als conservatief worden beschouwd.

Concept 2 heeft een grote innovatiewaarden en maakt o.i. grote kans op substantiële subsidie.

Bij alle concepten kan worden overwogen geen gasnet in de wijk aan te leggen.

### **Aanleg LT-warmtenet**

Bij aanleg van een LT-warmtenet voor 750 woningen, op ca 1,5 km afstand van de warmteproductie eenheid worden de kosten als volgt ingeschat.

- Kosten van de transportleiding: 500.000 – 700.000 Euro.
- Kosten van het distributienet in de wijk worden geschat op 1,1 – 1,2 mln Euro.

Daarbij is ervan uitgegaan dat passering van kunst- en waterwerken beperkt blijft.

### **Kosten voor warmte**

Nuon rekent voor een HT-warmtenet aansluitkosten van ca EUR 4.000,-- (referentie Rijnmond). Huishoudens betalen ca EUR 900,-- per jaar (vastrecht + 30 GJ aan warmte). Door toepassing van het nmda principe wordt het voordeel van stadsverwarming toegerekend aan het energiebedrijf.

Voor een LT-warmtenet zijn geen referentiegegevens beschikbaar. In dit haalbaarheidsonderzoek koersen we erop aan dat de voordelen evenredig worden verdeeld over (coöperatief) energiebedrijf, ontwikkelaar en bewoners.

### *2.3 Ondergrondse koude- en warmteopslag*

De temperatuur van het grondwater op een diepte van 5 – 100 meter is stabiel en ca 11°C. Dit water kan als koelte worden gebruikt. En met warmtepomp is het ook op te werken tot warmte (wat in sommige woningbouwprojecten ook gebeurt).

Het grondwater kan ook worden gebruikt om warmte op te slaan. Zo kan zomerwarmte in de bodem worden gebufferd, om in de winter te worden gebruikt. Hetzelfde systeem kan in de zomer voor koelte zorgen.

De watervoerende lagen waarin opslag van koude en warmte mogelijk is worden aquifers genoemd. Het systeem van koude- en warmteopslag wordt wel afgekort met KWO.

De energieproducerende kas maakt gebruik van KWO, en alternatieven zijn niet goed denkbaar. Het gaat om grote volumes water. Een bovengrondse opslag zou enorm groot worden. Ondergronds is een KWO ook groot. Mogelijk groter dan het glastuinbouwbedrijf dat erop staat. Dat levert meteen een probleem op: de coördinatie van de KWO's van diverse bijeen liggende bedrijven.

In een energiecluster ligt een collectieve oplossing voor de hand. De Provincie Gelderland doet thans onderzoek naar de coördinatie van de ondergrondse KWO.

De ondergrondse KWO moet in balans worden gehouden. Dat wil zeggen: hij mag op de lange termijn per saldo niet worden opgewarmd. Tegenover de opgeslagen warmte (warme bron) komt dan ook een koude bron te staan. In het basisontwerp van de Zonneterp wordt deze gevoed door een koeltoren. In de praktijk wordt veelal een warmtepomp als oplossing gebruikt. Met deze warmtepomp wordt de laagwaardige warmte opgewaardeerd (voor buisverwarming). Tegelijkertijd wordt koelte geproduceerd voor de koude bron.

Koelte is niet alleen van belang om de KWO in balans te houden. Koelte is ook nodig om de energieproducerende kas te koelen c.q. de zonnewarmte te oogsten. Eigenlijk is koelte binnen het glastuinbouwgebied schaarser dan warmte. Voor koelte zullen derhalve nog creatieve oplossingen moeten worden gevonden.

Een oplossing die kan bijdragen is het ontwerp voor LT-warmtetoepassing in de woning. De warmtepompen in de woningen dragen bij aan het uitkoelen van de retourstroom, en in het ideale geval zelfs aan de productie van koelte.

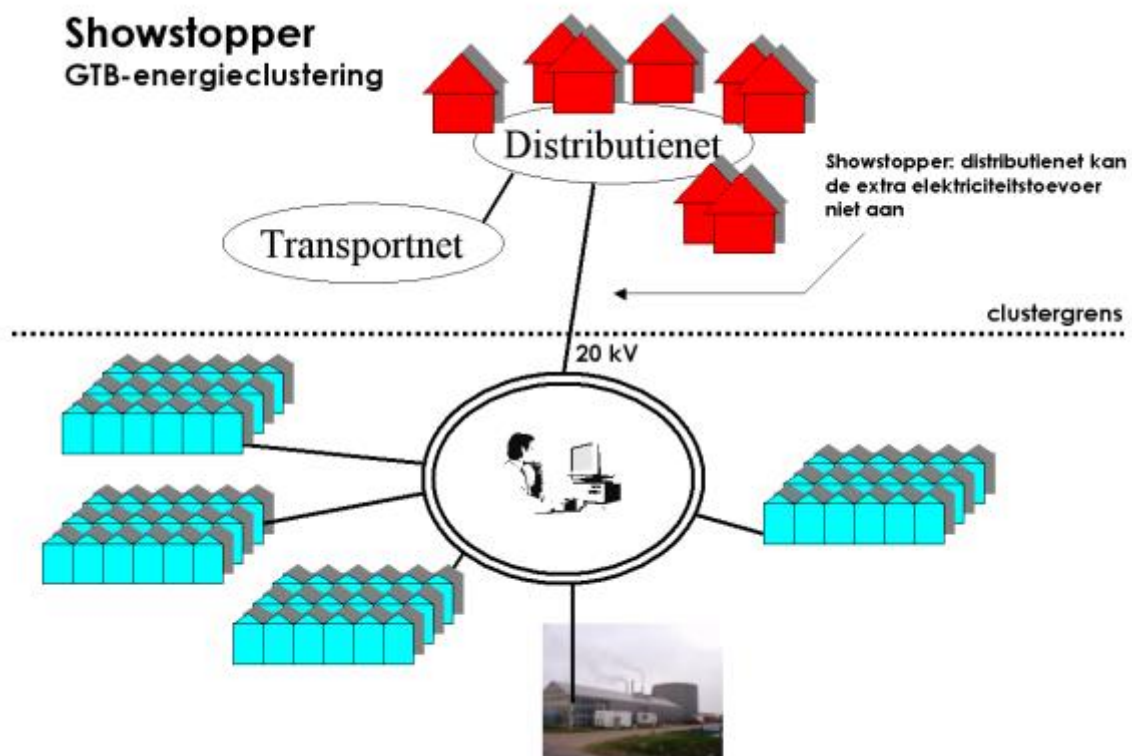
Andere oplossingen die nadere bestudering verdienen zijn:

- o gebruik van koelte uit infiltratiewaterplassen.
- o gebruik van koelte uit regenwater in najaar en winter.

### 3 Elektriciteit

In een energienet is warmte eigenlijk een restproduct. Elektriciteit is de 'money maker'. Hoe verder het koelwater van de elektriciteitscentrale kan worden uitgeoeld, hoe hoger het rendement. Het LT-warmtenet levert dus een bijdrage aan de rendementsverhoging in de energiecentrale.

Showstopper voor de elektriciteitsproductie door tuinders is dat zij hun elektriciteit niet (altijd) kwijt kunnen. Dit komt door beperkte opnamecapaciteit van de lokale elektriciteitsdistributeur.



Het Nederlandse elektriciteitsnet kenmerkt zich door een grote mate van decentralisatie. Een groot deel van de nationale elektriciteitsvoorziening (ca 25%) wordt verzorgd door kleiner decentraal opgesteld vermogen. De glastuinbouw levert hieraan een substantiële bijdrage.

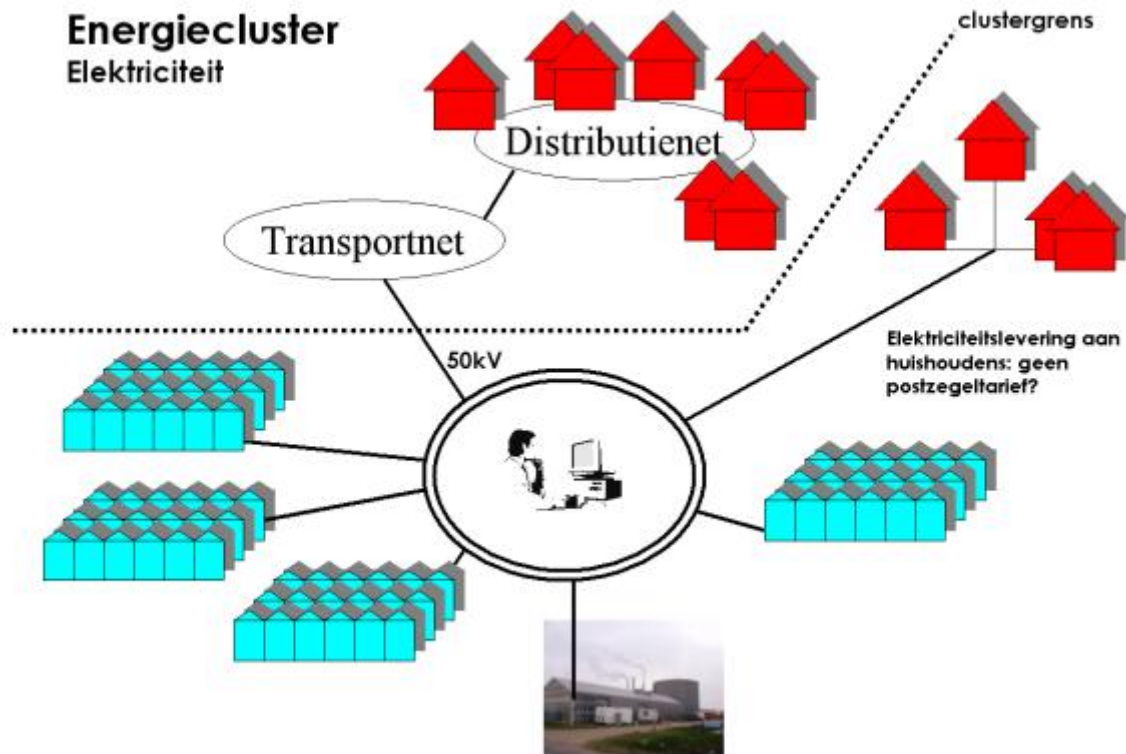
In de kranten leest men voornamelijk over de planning van grote centrales (van meer dan 1000 MWe). Deze worden op locaties geprojecteerd waar de warmte - in zee - kan worden weggekoeld (Maasvlakte en Eemshaven). Minder vaak leest men dat een duurzaam energiebeleid echter vraagt om decentraal opgesteld vermogen. Hierbij wordt de warmte niet weggekoeld maar benut.<sup>5</sup> Een van de transitiepaden richting een duurzame energievoorziening is dan ook de decentrale co-generatie van warmte en kracht<sup>6</sup> (elektriciteit). Door de capaciteit te spreiden en op te stellen waar de vermogens nodig zijn, worden bovendien de transportkosten en -verliezen beperkt.

<sup>5</sup> Benutting van de warmte verhoogt niet alleen het rendement. Het voorkomt ook opwarming van rivierwater (door grote elektriciteitscentrales).

<sup>6</sup> Ook wel 'warmte kracht koppeling' genoemd, ofwel WKK of kortweg WK.

### 3.1 Lokaal elektriciteitstransportnet

Voor lokale energiekringlopen is het belangrijk dat de bottleneck van de beperkte teruglever opname capaciteit wordt opgelost. Voor het gemak noemen we dat: de aanleg van een 50 kV transportnet, met als doel dat tuinders ruime WKK-capaciteit kunnen plaatsen.



Vergroting van de lokale teruglever- en transportcapaciteit zou een snelle bijdrage kunnen leveren aan de dreigende elektriciteitstekorten in Nederland. Zeker tijdens hittegolven, wanneer grote centrales moeite hebben hun energieproductie op peil te houden.

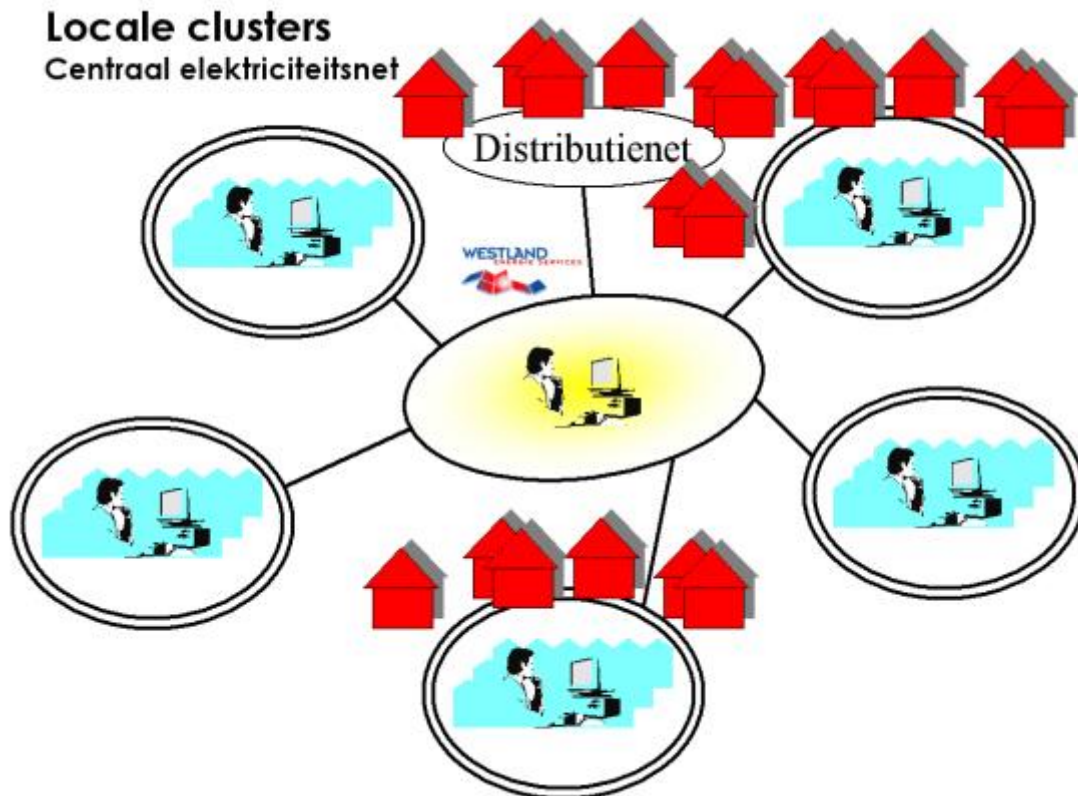
Het levert bovendien een bijdrage aan een groter rendement uit brandstoffen.

#### Rendementen van elektriciteitsproductie:

Stopcontactrendement	42% (kolencentrales trekken het rendement omlaag)
Rendement aardgascentrale	56%
WKK-rendement glastuinbouw	90% (42% elektrisch en 48% thermisch)

### 3.2 Internet voor warmte- en elektriciteitsvoorziening

In de glastuinbouw is de warmtekracht koppeling (WKK) de afgelopen jaren op grote schaal toegepast. Tuinders voorzien zo zelf in hun behoefte aan warmte, elektriciteit en CO<sub>2</sub>. Bovendien vinden ze in teruglevering van elektriciteit aan het net, enige compensatie voor de hoge gasprijzen. Vergroting van de opname capaciteit van het lokale elektriciteitsnet zou deze ontwikkeling kunnen ondersteunen en versterken. Er ontstaat dan een soort internet van de elektriciteitsproductie (vele kleinschalige sites). Bovendien is warmte verspreid in het gebied beschikbaar. Een integraal warmtenet voor het Westland wordt overbodig. De warmte infrastructuur is relatief kostbaar, terwijl de waarde van warmte beperkt is.



*De clusters (of grote tuinders) proberen in hun cluster de stromen voor warmte, koelte, CO<sub>2</sub> en energie te optimaliseren (blauw). Voor Westland Energie zou een rol kunnen zijn weggelegd voor de onderlinge coördinatie van de clusters en afstemming met de nationale elektriciteitsvoorziening (geel).*

Deze gedecentraliseerde en vernetwerkte vorm van elektriciteitsproductie komt de stabiliteit van de elektriciteitsvoorziening ten goede. Vraag en aanbod moet op een elektriciteitsnet voortdurend in balans worden gehouden. Toenemend gebruik van windenergie brengt echter onbalans. De windenergie is puur aanbod gedreven. Om het elektriciteitsnet acuut te kunnen stabiliseren onderhoudt de landelijke netbeheerder (TenneT) de onbalansmarkt.

Onbalans in vraag en aanbod wordt opgevangen door bij- en afschakelbaar vermogen. Het decentrale WKK-vermogen van de glastuinbouw kan hieraan als geen ander bijdragen. Wanneer de vraag op de onbalansmarkt toeneemt, kunnen tuinders hun assimilatiebelichting doven, en elektriciteit leveren aan het net. Indien het aanbod op het net te groot is kunnen tuinders juist goedkope stroom afnemen, en de eigen elektriciteitsproductie staken.

Dit zijn activiteiten van algemeen nut waaraan tuinders bovendien een aardige bijverdienste kunnen hebben.

### 3.3 Energieweb

Voorgaande visie op elektriciteit neigt naar een energieweb. Belangrijke eigenschappen van zo'n web zijn:

- Aanbieders en afnemers van energieproducten vormen samen een cluster;
- Binnen dit cluster wordt de energievoorziening gecoördineerd; de overschotten van de één worden door de ander benut;
- Deelnemers in het cluster participeren actief in de centrale coördinatie voor afstemming van vraag en aanbod.

De essentiële hard- en softwarematige componenten van een energieweb zijn:

- Collectief en/of individueel opwekvermogen voor warmte, elektriciteit, CO<sub>2</sub>, en koelte.
- Netwerken voor fysieke distributie;
- Collectieve opslagvoorzieningen;
- Intelligente centrale regeling voor de afstemming van vraag en aanbod (centrale server).<sup>7</sup>

Het energieweb beoogt een efficiënt energiegebruik. Het is bovendien een ideale voedingsbodem voor innovatie. Door de geclusterde en gecoördineerde aanpak kunnen nieuwe ontwikkelingen op het gebied van duurzame energie relatief eenvoudig worden aangekoppeld.



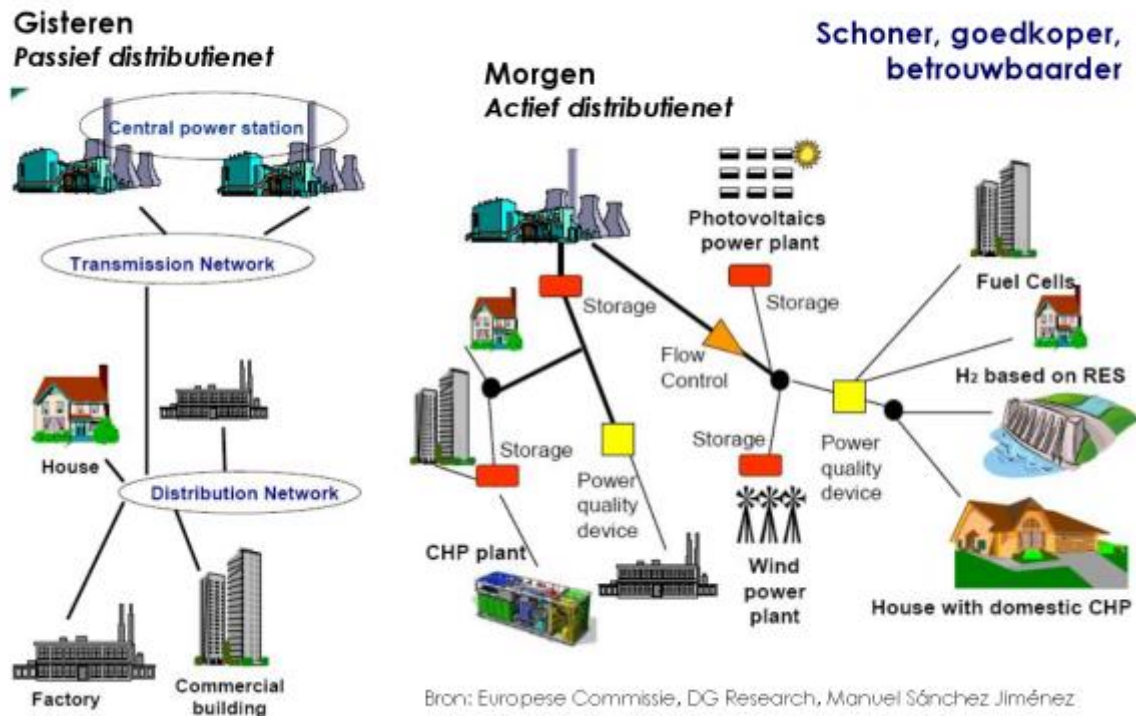
*Schematische voorstelling van een energieweb*

<sup>7</sup> Bron: Innovatieprogramma Energieweb, juni 2005, KEMA, SIGnum, in opdracht van Innovatienetwerk en SIGN.

### 3.4 R&D visie EU

Het idee van een 'internet van de elektriciteitsvoorziening' of energieweb stemt overeen met de innovatievisie van de Europese Unie. Daarin wordt ingezet op toename van de lokale elektriciteitsvoorziening, slimmere energienetten en opslag van elektriciteit.

## Evolutie van elektriciteitsnetwerken



Door de EU worden ontwikkelingen gewenst die decentrale (WKK) elektriciteitsopwekking beter inpasbaar maken in de lokale energiedistributie. De huidige passieve éénrichtingsverkeer netten maken dan plaats voor intelligente meer-richtingsverkeer netten.

Nederland heeft voor decentrale opwekking een comparatief voordeel t.o.v. andere landen. Dit wegens het fijnvertakte elektriciteits- en gasnet. De glastuinbouw kan de nodige professionaliteit en schaalgrootte brengen. Ook daar is Nederland met haar grote en innovatieve glastuinbouwsector in het voordeel. De agrarische decentrale energiewebs leveren de ideale bakermat voor ontwikkeling van duurzame energiebronnen op zon en biomassa.

### CO<sub>2</sub>-emissiehandel

Vanaf 2008 gaat de glastuinbouw meedraaien in het systeem voor CO<sub>2</sub>-emissiehandel. Op welke wijze dat precies gebeurt is nog niet geheel duidelijk. Wel wordt op deze plek de zorg uitgesproken dat de emissiehandel de grote bestaande CO<sub>2</sub>-inefficiënte installaties kan bevoordelen. Dit ten koste van de CO<sub>2</sub>-emissie-reducties die door de kleinschalige lokale energiewebs kunnen worden gerealiseerd. Het is denkbaar dat op termijn moet worden vastgesteld dat het CO<sub>2</sub>-emissiebeperkingsregime de status quo in de energiewereld in stand houdt en een hindernis oplevert voor belangrijke emissie-beperkende decentrale innovaties.

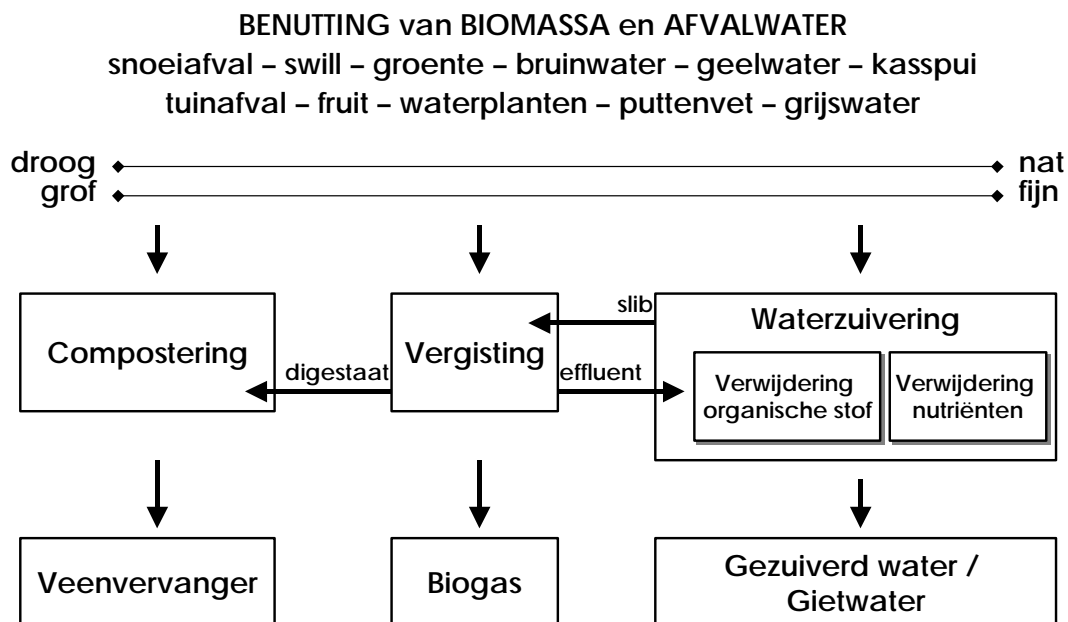


## 4 Water

Het onderzoek van LeAF / Wageningen UR voor de Zonneterp Westland bevindt zich in de afrondende fase. De hoofdlijnen van het voorgestelde watersysteem zijn:

1. Bronscheiding van – in ieder geval – grijs- en zwartwater vanuit de woningen.
2. Gecombineerde decentrale zuivering van grijswater en kasspui.
3. Vacuümriolering voor vergistbare afvalstromen
4. Co-vergistingsinstallatie met WKK
5. Verdere ontwikkelingen:
  - a. Afzonderlijke behandeling van geelwater / nuttig gebruik van geelwater
  - b. Hergebruik van zuiveringseffluent grijswater en kasspui
  - c. Nuttig toepassing van vergistingresiduen

De systemen zijn globaal verkend op basis van beperkte clusters van 250, 500 en 750 woningen.



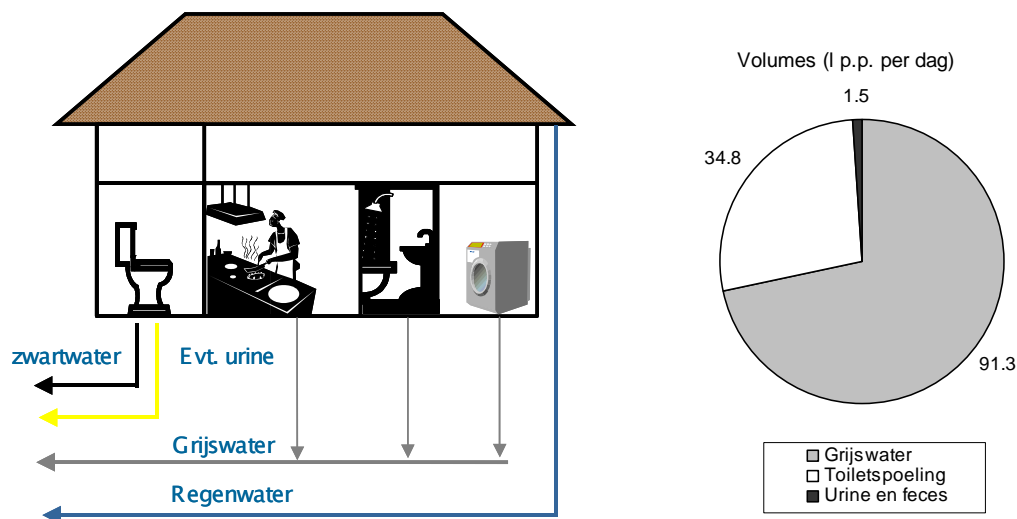
*Benutting van biomassa en afvalwater*

## 4.2 Bronscheiding

Om gebruik te maken van de kwaliteiten van afvalwater moet worden voorkomen dat de verschillende nuttige stromen worden vermengd. Bij nieuwbouw is het inmiddels gebruikelijk dat schoon regenwater niet wordt vermengd met het vuile rioolwater (afkoppeling). In de Zonneterp gaat de bronscheiding echter verder:

- Variant 1: zwartwater van het toilet blijft gescheiden van het overige huishoudelijke afvalwater (grijswater).
- Variant 2: middels scheidingstoiletten wordt ook het geelwater (urine) gescheiden gehouden van het bruinwater (fecaliën).

In beide varianten wordt een vacuümriool gebruikt om met zo weinig mogelijk spoelwater toe te kunnen. Dit om het vergistingsproces niet nadelig te beïnvloeden.



Er is toenemende aandacht voor verwijdering van hormonen en medicijnresten uit het afvalwater. De zuivering hiervan is een probleem voor de algemene rioolwaterzuiveringsinrichtingen (AWZI's). De verwachting is dat de brongescheiden lokale waterzuivering van de Zonneterp de verwijdering van medicijnresten en hormonen wel aan kan. Daarmee wordt een belangrijke bijdrage geleverd aan de oplossing van een toenemend ecologisch probleem.

### 4.3 Gecombineerde decentrale waterzuivering

Door de afvalwaterstromen gescheiden te houden wordt het niet alleen mogelijk om energie en nutriënten terug te winnen uit de afvalwaterstromen. Het zuiveringsrendement kan ook aanzienlijk omhoog. De verwachting is dat *gecombineerde zuivering* van huishoudelijk grijswater en kasspui de kwaliteit van de waterzuivering sterk verbetert.

Het afvalwater afkomstig uit kassen is rijk aan nitraat. Denitrificatie verloopt moeizaam bij gebrek aan organische stof in het kasspui. Grijs water afkomstig van huishouden bevat juist veel organische stof. Een goed gebalanceerde combinatie van beide afvalwaterstromen zou het zuiveringsrendement kunnen optimaliseren.

Vuistregel voor de onderlinge dimensionering van kas en woningen voor gecombineerde decentrale grijswaterzuivering:

→ 1 huishouden (van gem. 2,5 personen) is goed voor zuivering van 4 kg stikstof per jaar.



Aandachtspunt is het grote verschillen van de samenstelling van de kasspui per teelt. 1 ha komkommers of tomaten kan toe met 2 – 3 woningen. 1 ha rozen behoeft 68 woningen.

De stichtingskosten van de decentrale zuiveringsinrichting worden als volgt ingeschat:

Aantal woningen en kasoppervlak	Schaalgrootte		
	250 en 2,5 ha	500 en 5 ha	750 en 7,5 ha
<b>Specificaties systeem</b>			
Afvalwaterdebiet (m <sup>3</sup> /dag)	68	136	204
Reactorvolume (m <sup>3</sup> )	12,5	25	40
Slibproductie (kg d.s. / dag)	6	13	19
Energieverbruik beluchting (kWh / dag)	7	14	21

Haalbaarheidsonderzoek Zonneterp Westland  
Tweede tussenrapport (concept)

<b>Installatiecomponenten</b>			
Voedings pomp	€ 160	€ 160	€ 160
Reactor (polyester)	€ 9,000	€ 14,000	€ 19,000
Membraanfiltratie-eenheid	€ 38,400	€ 44,800	€ 51,200
Randapparatuur membraanfiltratie-eenheid	€ 10,000	€ 10,900	€ 11,800
Electrische meet en autom. controle apparaat	€ 10,050	€ 11,090	€ 12,130
Beluchtingssysteem	€ 650	€ 1,050	€ 1,400
<b>Totaal (exclusief omzetbelasting)</b>	<b>€ 68,260</b>	<b>€ 82,000</b>	<b>€ 95,690</b>

De jaarkosten worden (exclusief arbeid) geschat op:

<b>Aantal woningen en kasoppervlak</b>	<b>Schaalgrootte</b>		
	<b>250 en 2,5 ha</b>	<b>500 en 5 ha</b>	<b>750 en 7,5 ha</b>
Afschrijving (10% per jaar)	€ 8,123	€ 7,666	€ 10,120
Rente (4,5%)	€ 3,655	€ 4,391	€ 5,124
Onderhoud (2,5% investering)	€ 1,707	€ 2,050	€ 2,392
Stroomverbruik (à € 0,076 per kWh)	€ 195	€ 391	€ 586
<b>Totaal (inclusief omzetbelasting)</b>	<b>€ 10,746</b>	<b>€ 19,531</b>	<b>€ 27,076</b>

#### 4.4 Infrastructuur

Uitgegaan wordt van een grijswater- en een vacuümriool.  
De stichtingskosten hiervan worden – voor 250 woningen - geschat op € 427.000.

Kosten per m vacuümleiding à € 50-70 per meter, inclusief ingraven	€ 231.000
Meerkosten € 20 per m grijswaterleiding	€ 66.000
Vacuümstation voor 625 personen <sup>8</sup>	€ 70.000
Meerkosten voor inzameling grijswater	€ 30.000
Gebouw voor vacuümstation	€ 30.000
Totale kosten voor het vacuümrioleringsysteem <sup>1</sup>	€ 427.000

De woningen worden uitgerust met vacuümtoiletten (vergelijk de toiletten in een vliegtuig) en insinkerators in de keuken (voor afvoer van organisch keukenafval). Al met al mag worden gerekend op verbetering van het wooncomfort, die gepaard gaat met een milieuvriendelijke zuiveringsmethode en die per saldo energie oplevert.



*Vacuümpompstation en vacuümtoilet (Panesar en Lange, 2003)*



*Verkleiner voor organisch keukenafval (foto: Insinkerator) met aansluiting op een vacuümrioleringsstelsel (foto: Roediger)*

<sup>8</sup> In het geval van een schaalgrootte van 250 en 500 huizen (respectievelijk 1250 en 1875 personen) bedragen de kosten voor het vacuümstation respectievelijk € 90.000 en € 110.000.

De meerkosten per woning worden geschat op EUR 2.800,--.

2 vacuümtoiletten per stuk à € 600	€ 1.200
2 x installatie vacuümtoiletten à € 600 per installatie	€ 1.200
Keukenafvalverkleiner, inclusief aansluiting op vacuumriolering	€ 1.200
Besparing: 2 x conventionele WC à € 400 (inclusief installatie)	- € 800
Totale meerkosten per woning	€ 2.800

Het vacuümriool kan naast huishoudens ook bedrijven bedienen. Zo kunnen kassen hun vergistbare biomassa via het vacuümriool bij de vergister aanleveren. Ook supermarkten zouden zich via het vacuümriool kunnen ontdoen van vergistbare biomassa die over datum is.

Door het Waterschap Hunze en Aa's is in 2004 een haalbaarheidsonderzoek uitgevoerd naar de toepassing van een vacuümriool voor het nieuwbouwproject Meerstad.<sup>9</sup> Vastgesteld is dat een dergelijk project technisch haalbaar is. Het kan worden uitgevoerd op basis van bestaande technieken. Per saldo levert het systeem groene energie op. Alle kosten en baten meegewogen hoeft het systeem niet duurder te zijn dan een conventioneel riool. Wegens de nieuwheid werd wel rekening worden gehouden met grotere kwetsbaarheid van het systeem en een onzekerheidsmarge in de kostencalculaties (van 20%).

---

<sup>9</sup> Meerstad, een afvalwatersysteem met mogelijkheden, oktober 2004, mmv Grontmij, DHV en Waterschap Hunze en Aa's.

#### 4.5 De vergister en WKK

Voor het vergistingsproces wordt gedacht aan extra aanvoer van biomassa.

Eerste inventarisatie van biomassastromen in de provincie Zuid-Holland levert:

Biomassastroom	Hoeveelheid in Zuid-Holland (ktonw)
Bermgras	50 kton
Residuen glastuinbouw	133 ton
GFT	268 kton
Frituurvet	120 ton
Rundermest	3.337 kton

Uitgegaan wordt van een verhouding zwartwater : externe biomassa van 1 : 2,3 (in m<sup>3</sup>/dag).

De investeringskosten voor de vergister met WKK worden als volgt ingeschat.

Vergister	400 m <sup>3</sup>	800 m <sup>3</sup>	1200 m <sup>3</sup>	Afschrijving	Onderhoud	Rente
Silo	€ 75.100	€ 101.400	€ 116.200	5,0%	2,5%	4,5%
Roerwerk	25.000	25.000	25.000	12,5%	5,0%	4,5%
Verwarming	4.800	6.700	8.200	12,5%	5,0%	4,5%
Isolatie	13.500	19.100	23.300	5,0%	2,5%	4,5%
Overdrukbeveiliging	800	800	800	12,5%	5,0%	4,5%
Sub-totaal	€ 119.200	€ 153.000	€ 173.500			
WKK	100 kW	200 kW	300 kW	Afschrijving	Onderhoud	Rente
Aggregaat	€ 75.000	€ 150.000	€ 225.000	20,0%	5,0%	4,5%
Geluidsomkasting	1.200	1.200	1.200	5,0%	2,5%	4,5%
Olievulinstallatie	800	800	800	12,5%	5,0%	4,5%
Overig	30.000	30.000	30.000	12,5%	5,0%	4,5%
Gaszak	60.000	60.000	60.000	10,0%	2,5%	4,5%
Sub-totaal	€ 167.000	€ 242.000	€ 317.000			
<b>Slibcentrifuge</b>	€ 75.000	€ 75.000	€ 75.000	10,0%	5,0%	4,5%
<b>Totale investering</b>	€ 361.200	€ 470.000	€ 565.500			

#### 4.6 Baten

Rekening wordt gehouden met de volgende – potentiële – baten:

<b>Aantal woningen</b>	250	500	750
------------------------	-----	-----	-----

##### Per jaar

##### *Heffingen (woningen)*

Verontreinigingsheffing (3 v.e. per woning)	€ 165,00	€ 41.250,00	€ 82.500,00	€ 123.750,00
Rioolrecht	€ 104,00	€ 26.000,00	€ 52.000,00	€ 78.000,00
		<u>€ 67.250,00</u>	<u>€ 134.500,00</u>	<u>€ 201.750,00</u>

##### *Vergister met WKK*

Elektriciteitsopbrengsten		€ 57.000,00	€ 114.000,00	€ 171.000,00
MEP subsidie		€ 72.750,00	€ 145.500,00	€ 218.250,00
		<u>€ 129.750,00</u>	<u>€ 259.500,00</u>	<u>€ 389.250,00</u>

##### *Omzet per jaar*

	<u>€ 197.000,00</u>	<u>€ 394.000,00</u>	<u>€ 591.000,00</u>
--	---------------------	---------------------	---------------------

##### Eenmalig

Rioolaansluitingskosten	€ 4.250,00	€ 1.062.500,00	€ 2.125.000,00	€ 3.187.500,00
-------------------------	------------	----------------	----------------	----------------

Niet uitgesloten wordt dat er nog andere baten worden gevonden. Te denken valt aan:

- EPC-winst door energiewinning uit de woningen. Mogelijke EPC winst wordt geschat op 0,04 EPC-punt.
- Afzet van het vergistingsdigestaat (als meststof).
- Afzet van het vergistingseffluent (voor 'enten' van het gietwater)
- Bemestingswaarde van urine

Vermijding van riool- en zuiveringsheffingen is overigens geen vanzelfsprekendheid. Daarvoor zijn afspraken nodig met gemeenten en waterschap. Leidend is het reële zuiveringsrendement en de kostenbesparing van waterschap en gemeente.

Het is denkbaar dat alleen het vacuümriool en de vergister worden aangelegd. En dat de gecombineerde kasspui en grijswaterzuivering achterwege wordt gelaten. In plaats daarvan wordt op de gebruikelijke wijze geloosd op riool of oppervlaktewater. Dit betekent wel dat er nauwelijks (of geen) vermindering van riool- en zuiveringsheffingen te verwachten is. De aanleg en exploitatie moet dan volledig worden gedekt uit het vergistingsrendement.

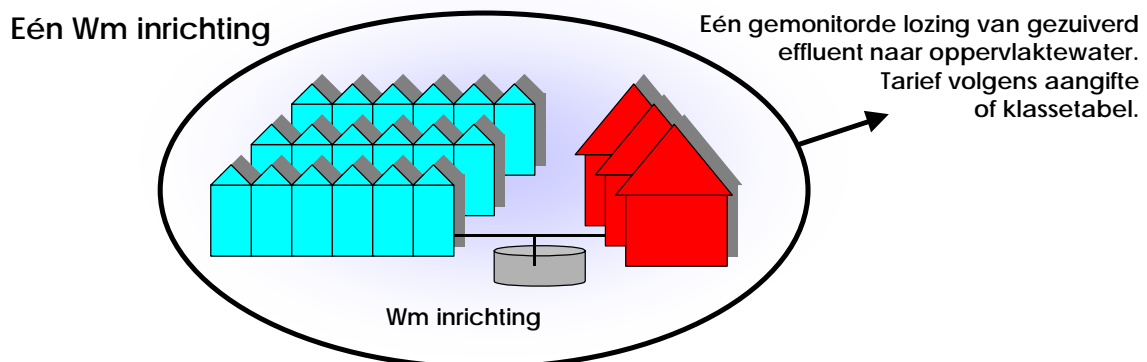


#### 4.7 Wie gaat het uitvoeren?

Het waterschap is normaal de partij die voor waterzuivering zorgt. De gemeente zorgt voor riolering.

Plannen voor vacuümriool en gedoseerde waterzuivering lopen voor waterschap en gemeente nog voor de muziek uit. Sterker nog: gebruik van insinkers (shredders) voor organisch keukenafval is niet toegestaan. Het is voor gemeente en waterschap niet doenlijk om binnen de bestaande afvalwaterinfrastructuur de gebalanceerde zuivering van de Zonneterp te beproeven. Het 'eilandsysteem' van de Zonneterp is daarvoor veel beter geschikt.

Aangenomen wordt dat gemeente en waterschap geen belangstelling hebben om een apart vacuümrioolstelsel en decentrale waterzuivering te beheren. Het collectief van tuinders en andere gebruikers (bewoners en bedrijven) zou het zelf ter hand moeten nemen. Vanuit de waterzuivering gezien zou de riolering, zuivering en vergisting dan één inrichting zijn in de zin van de Wet milieubeheer (Wm). Deze inrichting moet dan voor het geheel van woningen en bedrijven voldoen aan door het waterschap gestelde lozingsseisen. In de reguliere situatie kan alleen sprake zijn van lozing op het oppervlaktewater. Alleen voor noodsituaties is er een aansluiting op het openbaar riool.



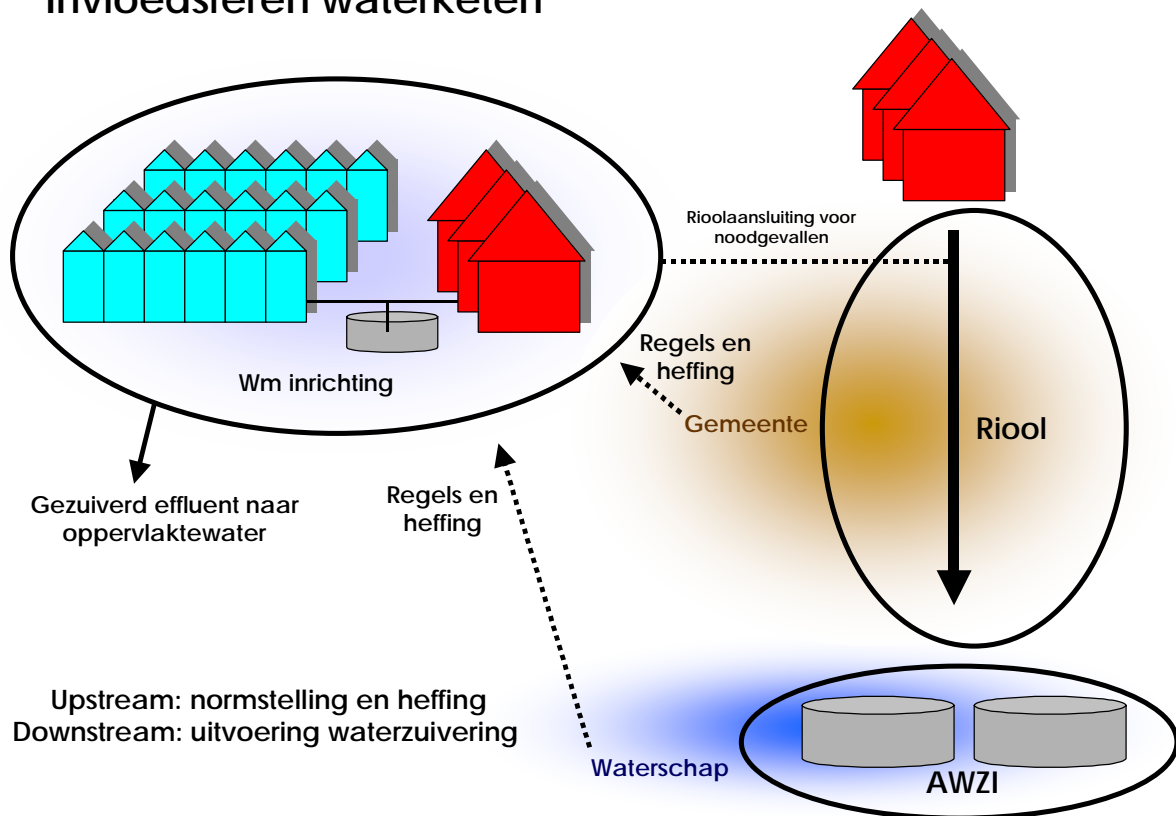
*Het geheel van kas en woning vormt één inrichting in de zin van de Wet milieubeheer (Wm inrichting) Het gezuiverd effluent wordt gemonitord en geloosd op het oppervlaktewater.*

Voor bedrijven is een eigen waterzuivering niet ongebruikelijk. Bedrijven worden aangeslagen voor de hoeveelheid afvalwater en vervuiling die ze uiteindelijk op het oppervlaktewater of riool lozen. Hoe beter ze het afvalwater weten te zuiveren en hergebruiken, hoe lager de heffingen die ze moeten betalen.

Voor woningen geldt in principe een aansluitplicht op het openbaar riool. De gemeente is verantwoordelijk voor de doelmatige inzameling en het transport van afval- en hemelwater op haar grondgebied. Een afzonderlijk rioolstelsel voor de Zonneterp (combinatie van kassen en woningen) vraagt dan ook bijzondere afspraken met – in de eerste plaats – de gemeente.

Vanuit het waterbeheer wordt tot dusver geen weerstand ondervonden tegen het idee om de riolering en waterzuivering lokaal en privaat ter hand te nemen. Er is eerder bijval en erkenning dat het brongescheiden lokale zuiveringsysteem een verbetering is ten opzichte van de huidige situatie. Van belang is wel de continuïteit en kwaliteit van de bedrijfsvoering.

## Invloedsferen waterketen



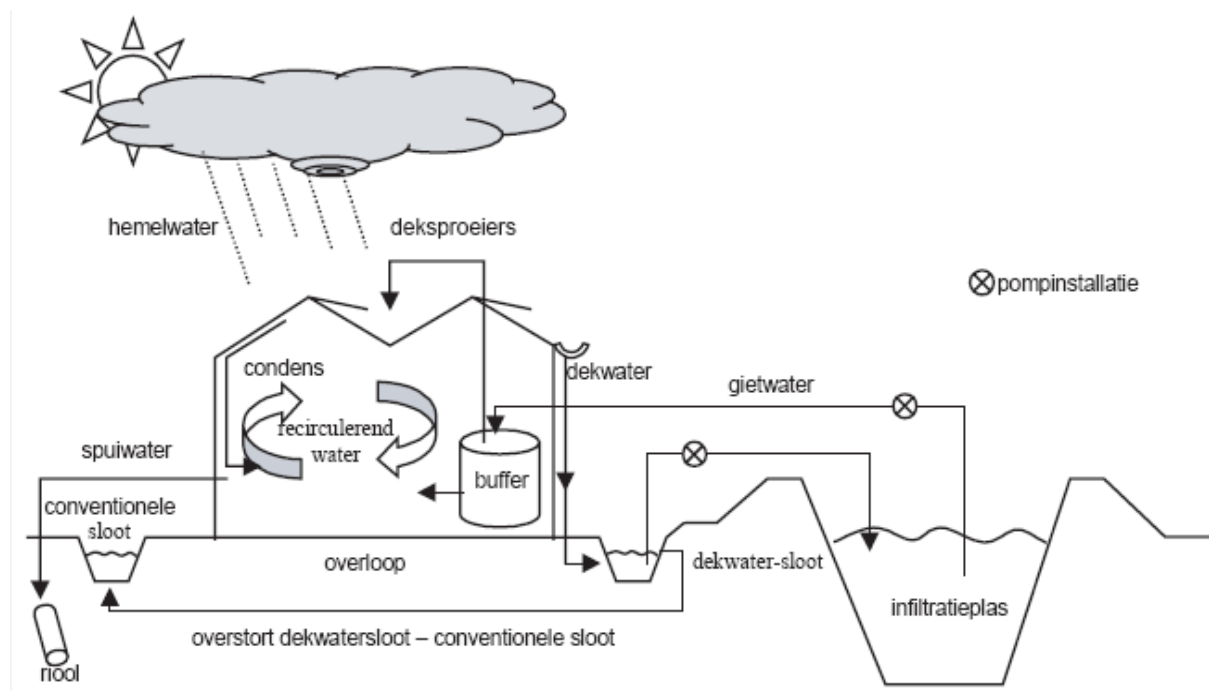
*Voor noodgevallen wordt een aansluiting voorzien op het algemene riool. De gemeente stelt hierbij regels. Het waterschap stelt regels t.a.v. de kwaliteit van de zuivering en de lozing op het oppervlaktewater. Water mag niet systematisch vanuit de Wm-inrichting op het riool worden geloosd.*

Stel dat het lokale (private) zuiveringsbedrijf ophoudt te functioneren. Dan zal er een alternatieve voorziening moeten worden getroffen voor de riolering. Dit betekent o.a. dat insinkers moeten worden verwijderd (deze zijn op het openbaar riool verboden).

## 4.8 Waterberging

Waterberging is een andere belangrijke watertaak. Zeker in glastuinbouwgebieden met veel verhard (glazen) oppervlak. Het water kan door de verharding niet in de ondergrond dringen. Retentie van hemelwater vormt een vast onderdeel van de projectontwikkeling.

Glastuinbouw heeft belang bij gietwater met laag zoutgehalte. Hoe lager dit gehalte hoe langer het water kan worden gerecirculeerd binnen het bedrijf. En hoe minder de spui naar riool en/of oppervlaktewater. Wegens het lage zoutgehalte gebruiken tuinders bij voorkeur hemelwater. Een collectieve infiltratieplas voorziet in meerdere behoeften: waterberging, infiltratie en gietwatervoorziening.



*Collectieve hemelwater → gietwaterberging in 15 meter diepe infiltratieplas te Bergerden (Illustratie uit Ideeënboek duurzame inrichting glastuinbouwgebieden, Glami, 2002).*

Op andere glastuinbouwlocaties gebruikt men ook wel een ondergrondse hemelwater → gietwateropslag. Het hemelwater wordt dan naar een watervoerende laag (aquifer) gepompt. Wanneer het als gietwater weer nodig is, wordt het weer opgepompt.

De infiltratieplas en de ondergrondse opslag zouden kunnen worden benut als bron van koelte. Door het koude regenwater in najaar en winter naar de koude bron van de ondergrondse KWO te pompen, zou dit zelfs kunnen bijdragen om de KWO in balans te houden. (zie hoofdstuk: Ondergrondse koude- en warmteopslag).

Aandachtspunt in het Westland voor ondergrondse opslag is het zoutgehalte van het grondwater en de opgevoerde grondwaterstroming (door DSM in Delft).

## 5 Energietransitie

De zonneterp introduceert een werkwijze en infrastructuur waarin een lokale afval → energie kringloop ontstaat. In het begin zal aardgas nog een hoofdrol spelen in de lokale energievoorziening. Maar de uitgangssituatie is gecreëerd voor een verder transitiepad dat - indien het de noodzakelijke steun krijgt - op termijn van 5 – 10 jaar kan leiden tot volledige duurzame lokale kringlopen.

Een lokale coöperatief ondernemende omgeving vormt de optimale broedplaats voor opname van de duurzame technieken van morgen. Daarbij worden comfort en betrouwbaarheid vergroot en werkwijzen gebruikt die zijn gefundeerd op een duurzame (biologische) basis.

Het gaat hierbij om systemen die geen baat hebben bij opschaling tot grote industriële proporties. Het zijn juist systemen die de hoogste energie-efficiency leveren wanneer ze op lokale decentrale schaal worden toegepast.

In dit hoofdstuk wordt een tour d'horizon gegeven van onderwerpen die in de toekomstige lokale afval → energie kringlopen een rol zullen gaan spelen.

## 5.1 Gebruik van CO<sub>2</sub>

Planten gebruiken CO<sub>2</sub> om te groeien. In de glastuinbouw wordt dan ook veel CO<sub>2</sub> toegepast. Een bron van CO<sub>2</sub> is het gezuiverde rookgas van de WKK-installaties. Deze installaties werken nu veelal op aardgas. De technologie voor rookgaszuivering is inmiddels gemeengoed in de glastuinbouw.

Anders wordt dat wanneer geen aardgas maar biogas wordt gebruikt. Biogas ontstaat na vergisting van biomassa. Aan gebruik van biogas kleeft het nadeel dat de rookgassen nog niet goed in de tuinbouw zijn te gebruiken. Tuinders zullen dan nog andere bronnen zoeken voor hun CO<sub>2</sub> vraag. Verschillende oplossingsrichtingen worden overwogen:

- Biogas bijmengen bij het aardgas, en bezien in welke mate dit kan zonder dat lopende processen worden verstoord.
- Aparte biogasturbines gebruiken waarvan de rookgassen kunnen worden gebruikt. De beschikbare turbines hebben echter een (te) laag elektrisch rendement (ca 28%) en een (te) klein vermogen (64 kW).
- Aparte biogasturbines gebruiken waarvan de rookgassen niet kunnen worden gebruikt. Het elektrisch rendement is dan wel op niveau.

Voor volledige overschakeling op biogas is het nu nog kiezen tussen rendabele elektriciteit of CO<sub>2</sub>. Technologische innovatie wordt hier gewenst. Ofwel op het vlak van rookgasreiniging, bij gebruik van biogas. Ofwel in de vorm van andere energieomzettingstechnieken zoals de brandstofcel.



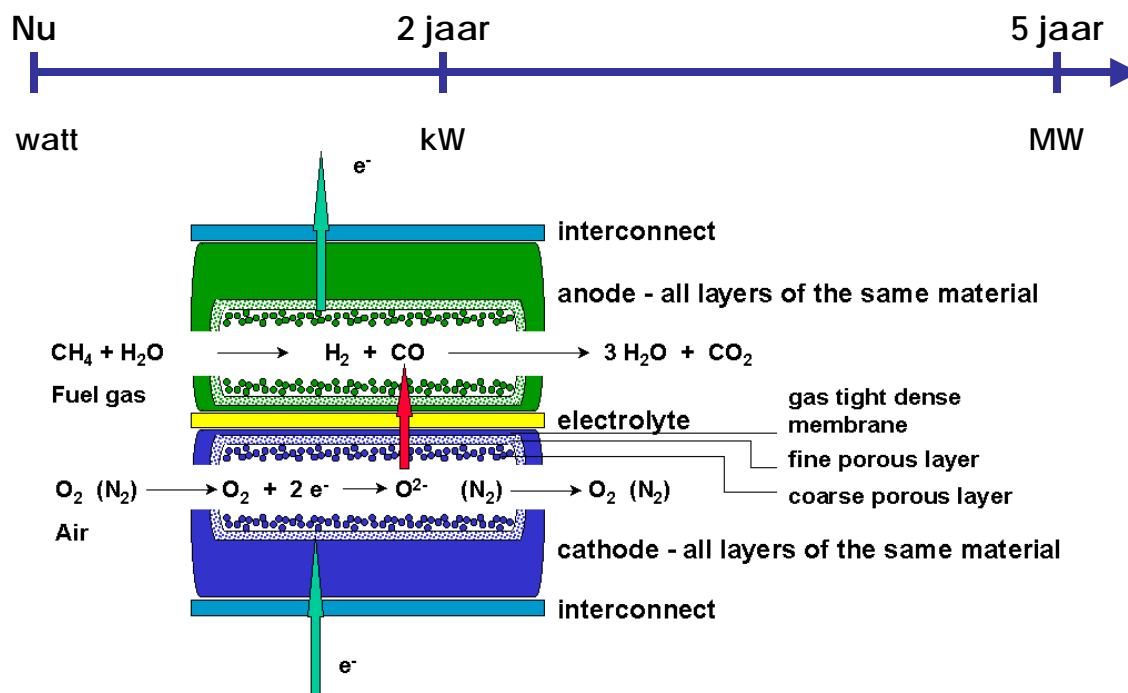
*Batterij Capstone microturbines voor gebruik van biogas en CO<sub>2</sub>.*

## 5.2 Brandstofcel

Elektriciteit wordt veelal verkregen uit verbrandingsprocessen. Feitelijk zijn dat wilde chemische processen, die door hun kracht een mechaniek in werking zetten waarmee de elektriciteit wordt opgewekt. Reeds lang is bekend dat elektriciteit ook direct uit een chemische reactie kan worden betrokken. Dit gebeurt in een brandstofcel.<sup>10</sup>

Deze techniek is veruit te verkiezen boven de gebruikelijke technologieën. Het rendement van een brandstofcel is hoog, en de uitstoot van de cel kan zelfs volledig schoon zijn. Meest bekend is de brandstofcel die waterstof gebruikt en water uitstoot. Er zijn echter ook brandstofcellen die (ook) met koolwaterstoffen werken. Om kringlopen te sluiten moeten we ons op die brandstofcellen richten. Want de afval- → energieketen is vooral een koolstofkringloop.

### Energietransitie Omnivore SOFC Brandstofcellen



*Verwachte ontwikkeling van de Solid Oxide Fuel Cell (SOFC), volgens patenthouder.*

Het meest kansrijke type brandstofcel - als onderdeel van de koolstofkringloop - is de Solid Oxide Fuel Cell (SOFC). Deze brandstofcel werkt op hoge temperatuur en kan - tegelijkertijd - verschillende soorten koolwaterstoffen verwerken. Bijvoorbeeld biogas en biodiesel. De uitlaatgassen zijn relatief schoon: Een zuiver lucht/CO<sub>2</sub> mengsel dat goed in de glastuinbouw kan worden toegepast.

De SOFC opent de weg naar grootschalige toepassing van biobrandstoffen. Bovendien is hij bijzonder geschikt voor de 'gesloten kas' die extra gevoelig is voor (NO<sub>x</sub>) verontreinigingen. De gassen verlaten de brandstofcel onder hoge temperatuur en druk. Deze kunnen binnen

<sup>10</sup> De brandstofcel is in 1839 uitgevonden door Sir William Grove.

het energieweb verder worden benut. Bijvoorbeeld voor transport van de gassen en extra energieopwekking.

De SOFC vindt al toepassing vanaf kleine vermogens (> 50 watt). De patenthouder verwacht op termijn van 2 – 3 jaar cellen productierijp te hebben die kW vermogen kunnen leveren. Dit zou voldoende zijn voor aandrijving van (warmte-)pompen van gesloten kassen. Nog iets verder in de toekomst ligt de toepassing van brandstofcellen op MW-vermogen. Deze brandstofcellen zouden de kern kunnen gaan vormen van de lokale decentrale energievoorziening. Dit met een ongeëvenaard hoog elektrisch rendement (75%) en met volledig gebruik van duurzame brandstoffen, dan wel met vergaande benutting van lokale reststromen.

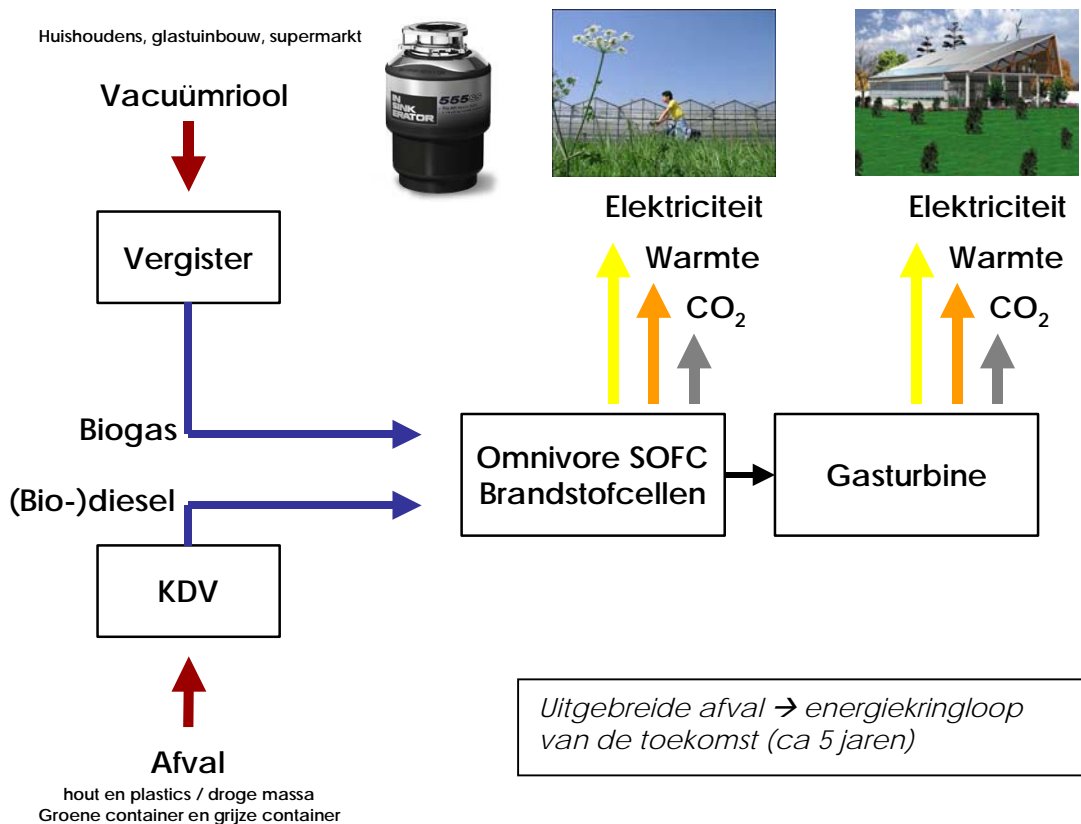
Bijkomende bruikbare eigenschap is de uitwisselbaarheid van thermisch en elektrisch vermogen. Hierdoor wordt het brandstofcelgeoriënteerde energieweb extra stuur- en balanceerbaar.

Om de SOFC-techniek beschikbaar te krijgen zullen nog wel de nodige investeringen moeten worden gedaan. Een stimuleringsbeleid op dit vlak zou de snelheid van gebruikrijpheid kunnen vergroten. Aandachtspunten die in het algemeen met betrekking tot brandstofcellen worden genoemd zijn gevoeligheid voor vervuiling, ontbreken van ervaringsgegevens met duurproeven, efficiënte productiemethoden en de levensduur.

### 5.3 Afvalstoffenkringloop

Het basisontwerp van de Zonneterp bevat een afvalstoffenkringloop van 'de groene container'. De vergistbare biomassa wordt omgezet in biogas. De meer structuurrijke en droge biomassa wordt gecomposteerd. Met bestaande technologieën is de kringloop echter uit te breiden en te verfijnen. De droge biomassa kan via een katalytisch proces worden verwerkt tot biodiesel. Datzelfde proces kan bovendien ook andere koolstofrijke stoffen verwerken zoals afgewerkte olie en plastics. Daarmee wordt de energiekringloop uitgebreid met 'de grijze container'. De lokale afvalstoffenkringloop wordt zo verder gecompleteerd.

Onderstaand een schematisch overzicht van de uitgebreide afvalstoffen → energiekringloop.



KDV staat voor een katalytisch verolieproces waarin hout, plastics en afgewerkte olie worden verwerkt tot diesel. Er is sprake van bestaande technologie, die al op korte termijn kan worden toegepast.<sup>11</sup>

Centraal in het schema staat de SOFC brandstofcel (zie vorig paragraaf). Deze kan – tegelijkertijd – het biogas en de (bio-)diesel uit de afvalverwerkende processen gebruiken.

De uitlaatgassen van de brandstofcel worden in het schema als inlaat gebruikt van een gasturbine. Hierdoor wordt het elektrisch rendement opgevoerd tot 75%.

<sup>11</sup> <http://www.alphakat.de/>



## 5.4 De woning

In de paragraaf 'Installatieconcept LT-warmtenet' is sprake van een warmtepomp die bijdraagt aan de koelproductie in de Zonneterp. Om die mogelijkheid te optimaliseren zouden verdere stappen kunnen worden overwogen, waarin de installaties van de woningen gaan functioneren in afstemming met de rest van het energieweb. Daarvoor moeten extra kabels worden gelegd (naast het LT-warmtenet). Het gaat dan om datakabels en elektriciteitskabels.

Middels de datakabels kunnen de woninginstallaties feedback geven aan de centrale server van het energieweb. Zo weet het energieweb welke warmte- en/of koeltevraag er is. Indien er veel warmtevraag is, zou de server meer warmte kunnen sturen. Wanneer er een grote koeltevraag is, zou ook koelte naar de woningen kunnen worden gestuurd. In die gevallen hoeft de warmtepomp minder arbeid te verrichten, wat elektriciteit bespaart. Ook zou de centrale server de bereiding van het warm tapwater kunnen spreiden, om een constante gekoelde retourstroom te verkrijgen.

In nieuwbouwwoningen gebeurt elektrische warm tapwater bereiding zoveel mogelijk in de nacht. De elektriciteitstarieven zijn dan lager. Wanneer het cluster direct elektriciteit zou leveren aan de woningen zou dit dag/nacht onderscheid niet hoeven te worden gemaakt. In plaats daarvan wordt de retourwaterstroom geoptimaliseerd waarmee het rendement van de elektriciteitsproductie wordt verhoogd. Nederlandse huishoudens betalen overdag hoge elektriciteitstarieven, omdat bedrijven dan grote hoeveelheden elektriciteit opnemen. In de Zonneterp zou in wezen altijd tegen het lage (nacht) tarief kunnen worden geleverd. Voordeel voor het energieweb is dat het overall rendement van de energie-installaties kan worden geoptimaliseerd. Bijkomende voordelen zijn dat transport- en distributietarieven niet hoeven te worden afgedragen. Hierdoor kan de interne elektriciteitsprijs structureel lager zijn, dan de reguliere prijzen.

### ZLTV-woning

Een van de uitdagingen van de Zonneterp is om de ruimteverwarming van woningen louter te baseren op de energieproducerende kas. Derhalve op zonnewarmte. Dit vergt wel dat de warme bron van de ondergrondse KWO op de maximale temperatuur (van 26°C) wordt gehouden. En dat vergt weer dat de temperatuur in de kas hoog mag oplopen. De woningen worden dan verwarmd met water van ca 22°C. Er is slechts een gering verschil tussen de temperatuur van het verwarmingswater en de ruimteverwarming. We spreken van 'zeer lage temperatuurverwarming' (ZLTV).

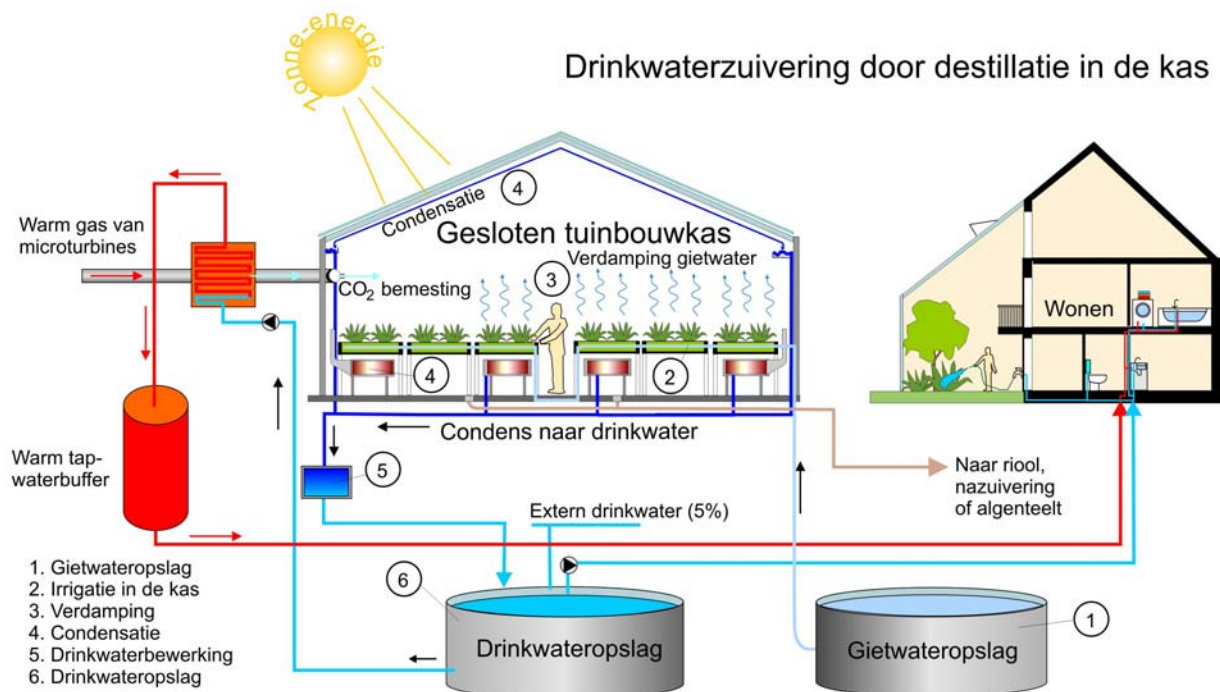
In de woning moeten ook bijzondere voorzieningen worden getroffen. De radiatoren voor warmteafgifte moeten met hoge dichtheid worden uitgelegd. Er zal niet alleen sprake zijn van vloerverwarming, maar van vloer-, wand- en eventueel zelfs plafondverwarming.

Door SenterNovem is het afgelopen jaar subsidie gegeven voor de ontwikkeling van het ademend raam. Dit is een decentraal ventilatiesysteem dat de warmte uit de ventilatielucht terugwint. Anders dan de thans gebruikelijke ventilatiesystemen gebruikt het geen centrale ventilator en ventilatiekanalen. Het ademend raam maakt gebruik van dezelfde techniek voor warmtewisseling als de energieproducerende kas.

Vanuit deze technologie zijn ook ruimteverwarmingsapparaten in ontwikkeling, waarmee ruimtes in een ZLTV-woning versneld kunnen worden opgewarmd. De verwachting is dat de ZLTV-woning niet alleen duurzaam kan worden verwarmd, maar ook licht en goedkoop kan worden gebouwd.

## 5.5 Drinkwaterzuivering

Een verdergaande ambitie van de Zonneterp is volledige sluiting van de waterketen. Van drinkwater tot afvalwater en weer terug. De energieproducerende kas biedt daartoe de mogelijkheid.



Planten nemen via hun wortel water op. Via het blad zweten ze dat weer uit. Het komt als waterdamp in de kasatmosfeer. Bij de kasklimatisering condenseert de waterdamp weer. Het gedestilleerde water wordt opgevangen en voor hergebruik afgevoerd. In theorie is dit water schoner dan drinkwater. Zelfs te schoon om als drinkwater te worden gebruikt. Er zullen mineralen moeten worden toegevoegd. In de praktijk ligt het iets gecompliceerder. Voor een veilig hergebruik van het water zal in de kas niet mogen worden gespoten. Dit om te voorkomen dat de kasatmosfeer ongewenste stoffen bevat die in het gezuiverde water terecht komen. Ook moet worden gedacht aan schimmelsporen in de kasatmosfeer, en daarmee in het teruggewonnen water.

Op dit vlak is nog het nodige onderzoek gewenst.

### Internationaal perspectief

De gesloten waterketen van de Zonneterp biedt perspectief voor warme droge landen. Daar waar water schaars is, kan het in de energieproducerende kas worden gerecicleerd. Slechts een klein deel van het water ontsnapt naar de atmosfeer.

Het is zelfs denkbaar dat de kas wordt gebruikt voor zoutwaterculturen, waarbij zoet water als bijproduct wordt geoogst.



## 5.6 Zon, wind en waterstof

In een lokaal energieweb kunnen technieken voor duurzame energie worden gecombineerd. Windenergie en PV-zonnecellen passen hier bij.

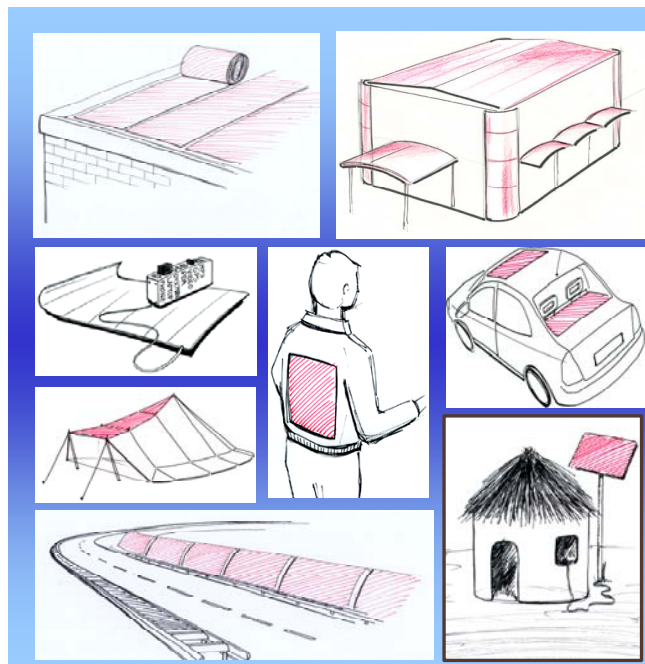
Nadeel van windenergie is dat het grillig is en aanbod gedreven. Dit terwijl vraag en aanbod op een elektriciteitsnet real-time in balans moeten zijn. Tegenover een windmolen moet aan- en afkoppelbaar vermogen worden gezet ter stabilisering van het elektriciteitsnet. Een glastuinbouw energieweb kan dat als geen ander (zie hoofdstuk 'Elektriciteit'). Een andere oplossing is dat de windenergie wordt opgeslagen.

Een verwachte ontwikkeling is de opslag van windenergie in de vorm van waterstof (waterstof elektrolyse). De waterstof kan op een later tijdstip in een brandstofcel worden omgezet in elektriciteit. In dat geval kan de energie meer gelijkmatig en op het moment dat er vraag is beschikbaar worden gemaakt.<sup>12</sup>

Opslag van windenergie kan het best lokaal (decentraal) worden opgezet. Er hoeft dan geen infrastructuur voor transport van waterstof te worden aangelegd. De wind zelf zorgt al voor het transport van de energie. En de molen zet deze energie om, daar waar het nodig is.

Een andere vorm van energie die van nature breed gedistribueerd beschikbaar is, is zonne-energie. De Zonneterp drijft al op zonnewarmte (de kas is een grote zonnecel). Van zonlicht kan bovendien ook elektriciteit worden gemaakt (PV-stroom). De bottleneck hierbij is tot dusver de kostprijs van de photo voltaïsche zonnecellen (PV-cellen),

### Flexibele zonnecellen Nuon - Helianthos



Helianthos, een produkt van Akzo Nobel, onlangs overgenomen door Nuon, geeft nieuw perspectief aan zonnestroom. De onbreekbare en flexibele zonnefolie kan op allerlei dakoppervlakken worden gelamineerd. De kostprijs van de folie is stukken lager dan de tot

<sup>12</sup> Waterstof levert zelf ook weer opslagvragen. In combinatie met de vergister zou waterstof kunnen worden omgezet in methaan. Dat laat zich makkelijker opslaan, en evengoed in de WKK of brandstofcel voor elektriciteitsproductie gebruiken.

nu toe bekende zonnecellen. Naar verwachting zal de folie in 2008 concurrerend zijn en inzetbaar voor grootschalige toepassing.

Ook de Helianthos zonne-energie kan lokaal in de vorm van waterstof worden opgeslagen (middels waterstof elektrolyse).

Aardige bijkomstigheid van de pv-zonnecellen is de combinatie met de energieproducerende kas. Wanneer de zon schijnt is daar de meeste elektriciteit nodig voor de warmteogst (pompen en ventilators). Hier is het natuurlijke (grillige) elektriciteitsaanbod al afgestemd op de mee veranderende vraag. De zon zorgt voor warmte én voor de elektriciteit om deze te oogsten.

De inzet van zon en wind is een verdere aanvulling op de volledige verduurzaming van de Zonneterp. De geproduceerde waterstof is binnen het energie- en waterzuiveringsweb van de Zonneterp op vele manieren aan te wenden. Het kan dienen als primaire (volledig schone) brandstof, worden bijgemengd in de koolstofkringloop (afval → energie) en worden gebruikt in de processen voor vergisting en waterzuivering.

Tegen de tijd dat deze technieken binnen het energieweb kunnen worden toegepast, wordt het zelfs denkbaar dat Zonneterpen worden aangelegd in bestaande (renovatie) wijken.

## Colofon

Opdrachtgevers:

Gemeente Westland  
InnovatieNetwerk

Teksten: mr Edgar Wortmann, Elannet BV

Projectteam:

*Mr Edgar Wortmann, Elannet BV, coördinatie*  
*Dr ir Adriaan Mels en dr ir Grietje Zeeman; Lettinga Associates Foundation*  
*Dr Ir Noor van Andel en ir Eur van Andel; Fiwihex BV*  
*Prof. ir Jón Kristinsson en ir Daan Josee; Architecten- en ingenieursbureau Kristinsson*  
*Ing. Jan Fransen, Lek/Habo Groep*  
*Ir Stijn Schlatmann MBES, Cogen Projects*  
*Ir Diederik Jaspers MBA, SOFC-HELP fuel cells*  
*Arie Boxhoorn, Energieadviesbureau EPN*  
*Martin Eillebrecht, Woord en Daad*