



Agriport A7

Onderwerp Koude / warmte opslag
Project Agriport
Bladzijde 1/31
Datum 17/03/2009

17/03/09
2009-95

Grondwateronttrekking voor het klimaat en de energievoorziening van Agriport A7

Ontwikkeling energievarianten



Uitgevoerd door:



Energy Quest
Consultancy
Spechtlaan 39
2261 BA Leidschendam
06 48073749

Maart 2008

Samenvatting

De glastuinbouwbedrijven op Agriport A7 -verenigd in de coöperatieve vereniging van eigenaren glastuinbouw Wieringermeer (VVE)- hebben gemeend dat Koude Warmte-opslag (KWO) belangrijk gaat worden in de nabije toekomst. Om deze reden hebben ze besloten een ontwerp voor plaatsing van bronnen te willen hebben en een gezamenlijke vergunning hiervoor. Met deze aanpak kan de benutting van de ondergrond het grootst worden, zitten ze elkaar niet in de weg en kunnen ze na een individueel besluit KWO te willen toepassen dit snel realiseren.

IF-technology heeft de opdracht gekregen voornoemde ontwerp te maken en vergunning aan te vragen.

IF-technology en de VVE hebben EnergyQuest gevraagd om een overzicht van de reeds bestaande kassen die gebruik maken van KWO en de ontwikkelingen hierin. Voor de MER-procedure is vooral van belang het potentiële energievoordeel, de combinatie met overige kassen en de hoeveelheid, debiet en temperatuur van het te verpompen grondwater.

Dit zijn de belangrijkste uitgangspunten voor het MER "Grondwateronttrekking voor de klimaat en gietwatervoorziening Agriport A7". Dit Rapport beoogt hier een antwoord op te geven.

In het rapport zijn de belangrijkste principes en onderdelen van kassen met KWO toegelicht. Tevens worden praktijkvoorbeelden en ontwikkelingen aangehaald. Vervolgens zijn enkele modelberekeningen met verschillende configuraties gemaakt. Deze zijn samengevat in drie scenario's voor de toepassing van KWO, met de hierbij behorende debieten, hoeveelheden waterverplaatsing en potentiële energiebesparing.

Naar aanleiding van de berekeningen zijn enkele algemene conclusies getrokken over KWO-kassen ten opzichte van de referentiekas met WKK. Het blijkt dat het gasverbruik van KWO-kassen lager is dan van de referentiekas. Het elektraverbruik is echter beduidend hoger en voor de beoordeling van de totale duurzaamheid is het van doorslaggevend belang waar deze elektra vandaan komt (hoe duurzaam deze is).

In het laatste hoofdstuk zijn vervolgens het VA (voorkeursalternatief) en het MMA (Meest Milieuvriendelijk Alternatief) vanuit energetisch perspectief gegenereerd.

Als voorkeursalternatief, is voor verdere beschouwingen in de m.e.r. gekozen voor een semi gesloten kas met een wkk capaciteit van 0,3 MW per ha. Hier is 35% van het glasoppervlak gesloten. Het al dan niet inkopen van duurzame elektriciteit zal afhangen van de verdere ontwikkelingen op dit gebied, maar is in deze variant vastgelegd op maximaal 15%. Onderstaande tabel geeft hiervoor de belangrijkste parameters.

Als meest milieuvriendelijke alternatief, is gekozen voor een semi gesloten kas met LED verlichting met een energieverbetering van 50%, een gesloten deel van 65%, geen wkk vermogen, en de inkoop van minimaal 45% duurzaam geproduceerde elektriciteit. Onderstaande tabel geeft hiervoor de belangrijkste parameters.

Item	Referentie	Voorkeurs alternatief (VA)	Meest Milieuvriendelijke variant (MMA)
Wkk aandeel	0,6 MW/ha	0,3 MW/ha	0,0 MW/ha
Aardgasverbruik	556 * 10 ⁶ m ³	273 * 10 ⁶ m ³	41 * 10 ⁶ m ³
Elektriciteitsverbruik	1,0 * 10 ⁹ kWh	1,3 * 10 ⁹ kWh	1,1 * 10 ⁹ kWh
Energiebesparing	0 %	36 %	74 %
CO2 macro emissie	392.000 ton	665.000 ton	436.000 ton
CO2 emitterende schoorstenen	990.000 ton	487.000 ton	74.000 ton
Water hoeveelheid	0 m ³	102 * 10 ⁶ m ³	191 * 10 ⁶ m ³
Debiet	0 m ³ /u	21.578 m ³ /u	72.131 m ³ /u

Een kas kan in principe meer warmte oogsten als hij nodig heeft. Het meest logisch is dat de tuinder dit zelf gebruikt voor een aangrenzende kas. Als hij dit zelf niet kan gebruiken dan is de vraag waarom een glastuinder meer warmte zal oogsten. Dit kan twee doelen hebben, enerzijds omdat hij voor zijn teelt graag wil koelen en anders omdat hij deze warmte aan een derde kan verkopen. Uitgaande van zijn eigen positie is het eerste het meest waarschijnlijk. Door gebruik te maken van KWO kan hij zo energiezuinig koelen, door koude in de winter te oogsten en in de zomer te gebruiken. Een voorbeeld hiervan is de aircokas. Samenwerking met de omgeving voor de benutting van laagwaardige warmte is van vele factoren afhankelijk en uit een eerste beoordeling van het LEI niet als kansrijk naar voren gekomen en is daarom niet in het MMA opgenomen. Dit wil evenwel niet zeggen dat de mogelijkheid uitgesloten wordt.

Afhankelijk van de technologische, energie- en groentemarkt ontwikkelingen kunnen de gegeven tijdsce­nario's (2010-2040) sneller, langzamer of slechts gedeeltelijk doorlopen worden. De debieten en waterhoeveelheden hierbij behorend zullen hiermee in gelijke tred veranderen.

Inhoudsopgave

1	Inleiding	4
2	Basisprincipes KWO-kassen	6
2.1	Warmte/koude overdracht in de kas.....	7
2.2	Extra koeling.....	8
2.3	Ontvochtiging.....	8
2.4	Warmteafzet	9
2.5	CO ₂ afgifte	9
2.6	Elektra	10
2.7	Back up/ piekverwarming.....	10
2.8	Kastype	11
3	Ontwikkeling KWO-kassen.....	12
3.1	Programma Kas als Energiebron	12
3.2	Praktijkvoorbeelden Kassen met KWO	12
3.3	Onderzoek en ontwikkeling kassen met KWO	12
3.3.1	Geslotenkas.....	12
3.3.2	Semi geslotenkas.....	12
3.3.3	Kas zonder gas	12
3.3.4	FiWiHex kas of energieproducerende kas	12
3.3.5	De Airco kas.....	12
3.3.6	De elektriciteit producerende kas	12
3.3.7	Relatie tot ander duurzame technieken.....	12
3.3.8	Productie	12
3.4	Ontwerpwedstrijd Energieproducerende Kas.....	12
4	Beschrijving van de keuzes.....	12
4.1	Referentie	12
4.2	Oppervlakte KWO-kassen.....	12
4.2.1	<100 ha KWO-kas (2010-2020)	12
4.2.2	200-300ha KWO kas (2020-2030)	12
4.2.3	>500ha (2030-2040).....	12
4.3	Type Koude Warmte Opslag.....	12
4.3.1	Semi gesloten kas ΔT 13.....	12
4.3.2	Semi geslotenkas ΔT 19.....	12
4.3.3	Semi gesloten kas ΔT 13 LED.....	12
4.3.4	Gesloten kas ΔT 19.....	12
4.3.5	Aircokas.....	12
4.3.6	Kas zonder gas	12
4.4	Berekeningen.....	12
4.5	Conclusies	12
5	Keuze Alternatieven	12
5.1	Voorkeursalternatief (VA).....	12
5.2	Meest Milieu vriendelijke Alternatief (MMA).....	12
5.3	Overige facetten KWO-kas	12
5.3.1	Elektravoorziening	12
5.3.2	CO ₂ bron.....	12
5.3.3	Warmteafzet.....	12
5.3.4	Back-up warmte.....	12
5.3.5	Kastype.....	12
Bijlage 1	Tomaat.....	12
Bijlage 2	Paprika	12
Bijlage 3	Overig.....	12

1 Inleiding

De glastuinbouwbedrijven op Agriport A7 -verenigd in de coöperatieve vereniging van eigenaren glastuinbouw Wieringermeer (VVE)- hebben gemeend dat Koude Warmte-opslag (KWO) belangrijk gaat worden in de nabije toekomst. Om deze reden hebben ze besloten een ontwerp voor plaatsing van bronnen te willen hebben en een gezamenlijke vergunning hiervoor. Met deze aanpak kan de benutting van de ondergrond het grootst worden, zitten ze elkaar niet in de weg en kunnen ze na een individueel besluit KWO te willen toepassen dit snel realiseren.

IF-technology heeft de opdracht gekregen voornoemde ontwerp te maken en vergunning aan te vragen. Onderdeel hiervan is een MER-procedure. In september 2007 is de startnotitie MER ter visie gegaan en januari 2008 zijn de richtlijnen voor het MER door het bevoegd gezag, de provincie Noord-Holland, vastgesteld.

IF-technology en de VVE hebben EnergyQuest gevraagd om een overzicht van de reeds bestaande kassen die gebruik maken van KWO en de ontwikkelingen hierin. Voor de MER-procedure zijn met name van belang het potentiële energievoordeel, de combinatie met overige kassen en de hoeveelheid, debiet en temperatuur van het te verpompen grondwater.

Onderstaand worden de vragen welke dit rapport beoogd te beantwoorden herhaald.

In het tweede hoofdstuk worden de bassinprincipes van KWO en basisonderdelen van kassen met KWO toegelicht. In hoofdstuk drie worden de praktijkvoorbeelden en belangrijkste ontwikkelingen aangehaald en in hoofdstuk vier volgen enkele modelberekeningen op basis van verschillende configuraties. In hoofdstuk vijf worden drie scenario's voor KWO gegeven met de hierbij behorende debieten, hoeveelheden waterverplaatsing en potentiële energiebesparing.

Vraagstelling

Voor het maken van de energievisie en varianten met betrekking tot KWO zijn een aantal zaken van belang. Allereerst is dit het onderzoeksplan zoals vastgelegd in de startnotitie MER, vervolgens de richtlijnen voor het opstellen van het MER en tot slot enkele overige randvoorwaarden. Voor zover deze documenten relatie hebben met energievraagstukken worden deze onderstaand opgesomd.

Startnotitie MER

In de startnotitie MER wordt aangegeven dat in het MER inzicht gegeven zal worden in:

- In het MER wordt inzicht verschaft in de positieve energetische effecten van het energiesysteem met opslag in termen van te bereiken energiebesparing ten opzichte van de referentie en de systeemprestatie (geleverde koude en warmte ten opzichte van het elektriciteitsverbruik van het systeem) met de onzekerheden daarin (hfst 4.4.1).
- In het MER zal niet worden ingegaan op het gehele top-down energiesysteem, aangezien dat door de snelle ontwikkelingen in de techniek en de diversiteit van de bedrijven in product, teeltwijze en bedrijfsvoering een bijna continu achterhaalde exercitie zou zijn die ook nog eens zeer veel onnodige inspanning vergt. Er zal worden volstaan met een overzicht van kasconcepten in combinatie met ondergrondse energieopslag en welke isen dit stelt aan de ondergrondse energieopslag (hfst 4.4.1).

Richtlijnen MER

De onafhankelijke Commissie MER heeft op basis van de startnotitie, de zienswijzen hierop en overige relevantie informatie adviesrichtlijnen voor het MER opgesteld. De provincie Noord-Holland heeft deze overgenomen en vastgesteld. Onderstaand worden de belangrijkste punten op het gebied van energie herhaald.

Het MER moet inzicht verschaffen in:

1. De positieve energetische effecten van het energiesysteem met opslag in termen van te bereiken energiebesparing, de systeemprestatie (geleverde koude en warmte ten opzichte van het elektriciteitsverbruik van het systeem) en met de onzekerheden daarin. Tevens moet het inzicht geven in mogelijke energetische lekverliezen en de gevolgen ervan voor de omgeving (hfst 1)
2. Bij de energetische optimalisatie dient het gehele energiesysteem in beschouwing genomen te worden: ook extra bouwkundige en/of installatietechnische maatregelen kunnen daarvoor nodig zijn (hfst 1)
3. Een principeschema met daarbij de belangrijkste parameters van het systeem, zoals de opslag- en afgiftetemperaturen, capaciteiten van de onttrekkings- en infiltratieputten, ontwerpvermogens (koeling, verwarming) van het opslagsysteem, de warmtepompen en de piekketels, het opgenomen vermogen en het jaarlijkse energieverbruik van deze onderdelen, de energiestromen in het systeem, en de eventuele regeneratie (hfst 3.1);

4. De beoogde injectietemperaturen voor de opslag (laden en ontladen), zowel de gemiddelde als de maximale temperatuur (hfst 3.1);
5. De wijze waarop in het systeemontwerp rekening wordt gehouden met onzekerheden en variaties in de warmte- en koudevragen (hfst 3.1);
6. Verhoging van de robuustheid van het systeem: voorzieningen die het mogelijk maken de energiebalans in de bodem te handhaven, zonder de energetische prestaties van het systeem aan te tasten. Te denken valt aan voorbereiding van het systeem op (toekomstige) voorzieningen voor regeneratie van de bodem met oppervlaktewater, asfaltcollectoren, koeltorens en dergelijke met het oog op afwijkingen in de toekomstige warmte- en koudevraag (3.3 MMA);
7. Verhoging van de energetische prestatie van het totale energiesysteem, bijvoorbeeld door extra bouwkundige en/of installatietechnische maatregelen op gebouwniveau of door onderlinge uitwisseling van warmte en/of koude tussen bedrijven of omringende bebouwing, waarbij de effecten op het grondwater gelijk blijven of zelfs verminderen (3.3 MMA);

Voorts wordt in de richtlijnen aangegeven dat als referentiesituatie voor het beoordelen van de energieprestatie uitgegaan dient te worden van een kas met luchtramen, WKK en ketel (in feite wat er nu op Agriport staat). Bij het vergelijken van het energieverbruik dient het primair brandstofverbruik en de CO₂-uitstoot per eenheid product de leidraad te zijn. Hierbij is het dus ook belangrijk de (meer)productie in ogenschouw te nemen. Tot slot dient de wijze en oorsprong van CO₂ bemesting aandacht te krijgen (hfst 3.4).

In paragraaf 4.2 van de richtlijnen staan de belangrijkste zaken samengevat.

Bereken voor elk van de alternatieven en voor de referentie:

- het jaarlijkse energieverbruik in m³ aardgas en kWh elektriciteit voor het conditioneren van de kas en de productie van CO₂ ten behoeve van bemesting;
- het bijbehorende jaarlijkse primaire energiegebruik en de bijbehorende netto uitstoot van CO₂ per eenheid product, zoals toegelicht in paragraaf 3.2.2.

Vermeld hierbij de gehanteerde uitgangspunten.

Geef voor de alternatieven bovendien:

- de absolute en relatieve energiebesparing ten opzichte van de referentie;
- de wijziging in het gebruik van primaire energie per eenheid product ten opzichte van de referentie;
- de energieprestatie van het opslagsysteem, gedefinieerd als de jaarlijks geleverde warmte en koude (GJth) gedeeld door het jaarlijkse gebruik van primaire energie (GJ_{primair}) van het energiesysteem.

Ga in op de gevoeligheid van de berekende energiebesparing en energieprestatie voor:

- niet voorziene warmte- en koudevragen (omvang en patronen);
- afwijkingen in de afgiftetemperaturen van de gebouwinstallaties;
- wijzigingen in de meeropbrengst bij een (semi-)gesloten kas;
- andere systeemeigenschappen van het energiesysteem met opslag dan nu voorzien.

Randvoorwaarden

Voor dit rapport zijn een aantal randvoorwaarden van belang deze zijn:

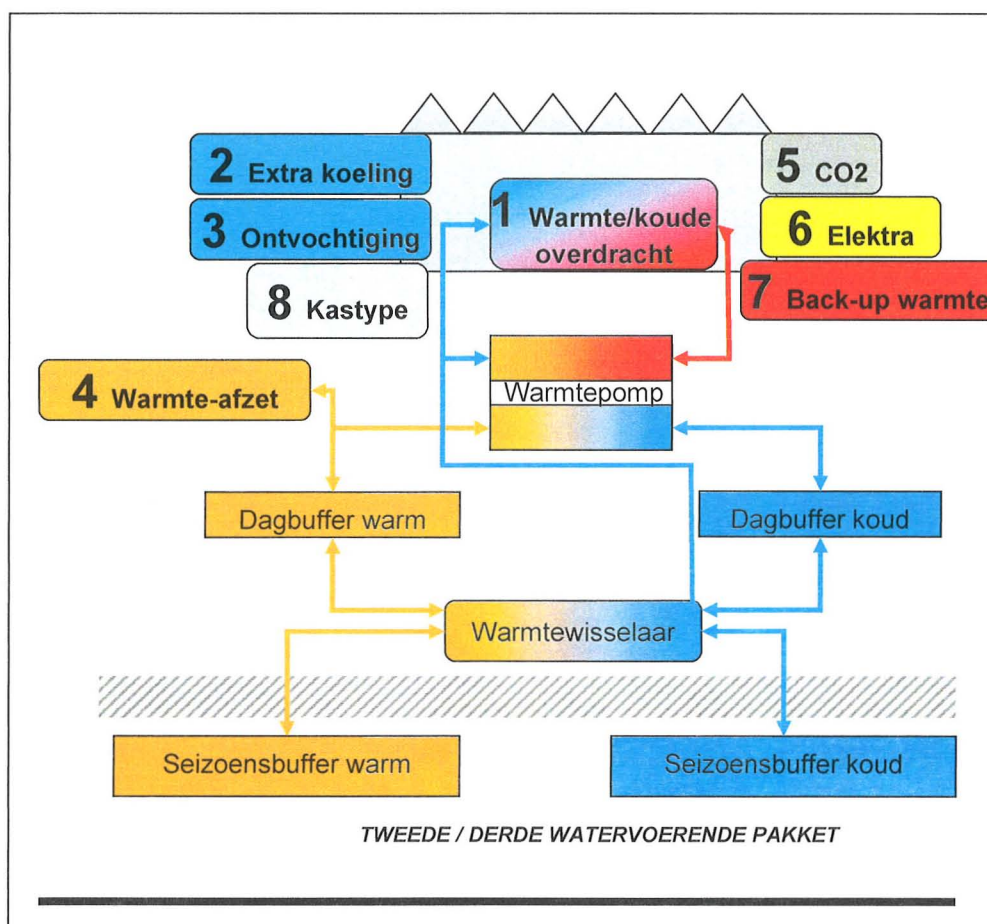
- De temperatuur van het te infiltreren water mag gemiddeld niet hoger zijn dan 28 °C en niet lager dan gemiddeld 5 °C. de absolute maximale infiltratietemperatuur bedraagt 30 °C
- De provincie Noord-Holland hanteert over het algemeen de volgende voorwaarden voor het energieverlies in de bodem. De inrichting dient in energetisch evenwicht te zijn en mag:
 - In een periode van 5 jaar maximaal 10% afwijken
 - En in een periode van 10 jaar maximaal 5% afwijken

2 Basisprincipes KWO-kassen

Voor de glastuinbouw wordt al een aantal jaren gewerkt aan de ontwikkeling van de (semi) gesloten kas. In principe komt dit erop neer dat in de zomerperiode een mogelijkheid wordt geïntroduceerd voor het koelen van de kas, waardoor niet of in beperkte mate behoefte te worden gelucht. Dit brengt nieuwe teeltmogelijkheden met zich mee, maar de oorspronkelijke drijfveer voor de ontwikkeling is het potentiële energievoordeel.

Het basisprincipe van een kas met KWO is dat deze in de zomer zijn ramen (meer) dicht houdt. Het zou in de kas dan enorm warm worden als niet zou worden ingegrepen. Door koud grondwater op te pompen en de koude hiervan af te geven aan de kas, kan de kas gekoeld worden. Dit grondwater wordt daarmee op en wordt weer opgeslagen in de bodem. Dit warme grondwater kan in de winter weer gebruikt worden om de kas op te warmen. Dit noemen we KWO. Als de ramen het jaarrond dicht blijven kan zelfs meer warmte geoogst worden als nodig is. Zo kan de kas een warmteleverancier worden.

Toepassing van KWO kent onafhankelijk van de leverancier, of het exacte systeem een aantal basisonderdelen. Op die basisonderdelen wordt gevarieerd door diverse partijen. Om een helder beeld te kunnen geven van de ontwikkelingen met betrekking tot KWO worden daarom eerst de basisonderdelen besproken, zodat daarna aangegeven kan worden hoe de verschillende praktijkvoorbeelden of onderzoekskassen hiermee omgaan. In onderstaande figuur worden de basisonderdelen gevisualiseerd.



Figuur: basisonderdelen kassen met KWO

Een warmtewisselaar tussen het grondwater en het systeem in de kas behoort tot de standaarduitrusting van een kas met KWO. De warmtewisselaar beschermt het grondwater tegen mogelijk vervuiling vanuit de kas (in het bijzonder

voor het risico op zuurstof in het water en daarmee dichtslippen van de bronnen), maar waarschijnlijk nog belangrijker is dat deze ook de systemen in de kas beschermt tegen in de meeste gevallen zeer zout grondwater. De warmtewisselaar kent een typisch verlies van 1 a 2 graden.

Als niet gekozen wordt voor het oogsten van hoogwaardige warmte in de kas (>35 graden), dan is een warmtepomp ook noodzakelijk. Zonder een dergelijke pomp is de kas niet te verwarmen, omdat het water wat uit de grond komt daar simpelweg te koud voor is (je kunt geen kas verwarmen tot 25 graden met water van 25 graden). In onderstaande tabel wordt deze mogelijkheid wel genoemd (optie 3 bij onderdeel 1), maar in de praktijk is dit nog niet gerealiseerd. De moeilijkheid bij het oogsten van hoogwaardige warmte is dat het koelen moeilijker wordt. In potentie is dit wel een goede optie, omdat daarmee een belangrijke angel uit de KWO-kassen gehaald kan worden, namelijk het hoge elektraverbruik van de warmtepomp.

De dagbuffers zijn ook standaard. Hiermee kan voorkomen worden dat binnen één dag water naar de bodem en weer terug gepompt wordt. Met de dagbuffer kan zo het jaardebiet van de KWO verkleind worden. De debieten van de pompen kunnen hiermee tevens verkleind worden en het elektraverbruik van de pompen kan verlaagd worden.

Onderstaand worden de 8 punten waarop gevarieerd kan worden toegelicht met enkele voorbeelden. De lijst is niet compleet maar geeft wel een indruk van de mogelijkheden.

	Onderdeel	Optie 1	Optie 2	Optie 3
1	W/K overdracht	LBK met standard warmtewisselaar	Fiwihex- lucht warmtewisselaar	Waterfilm bovenin kas
2	Extra koeling	Ramen open	Geforceerde/ elektrische koeling	Water nevel
3	Ontvochtiging	LBK	Fiwihex	Ramen open/ buitenlucht
4	Warmte afzet	Ander deel van de kas	Koeltoren	Derden
5	CO2-gift	LBK	CO2-darmen	
6	Elektra	WKK	Inkoop uit net	Duurzame bron
7	Warmte back up	Gas Ketel / wkk	Biomassa ketel	Combinatie
8	Kasdek type	Venlokas	Gesloten kas	Zigzag dek

Tabel: Onderdelen KWO-kas en opties op onderdelen

W/K is warmte-koude, LBK= luchtbehandelingskast, WKK= Warmtekrachtkoppeling

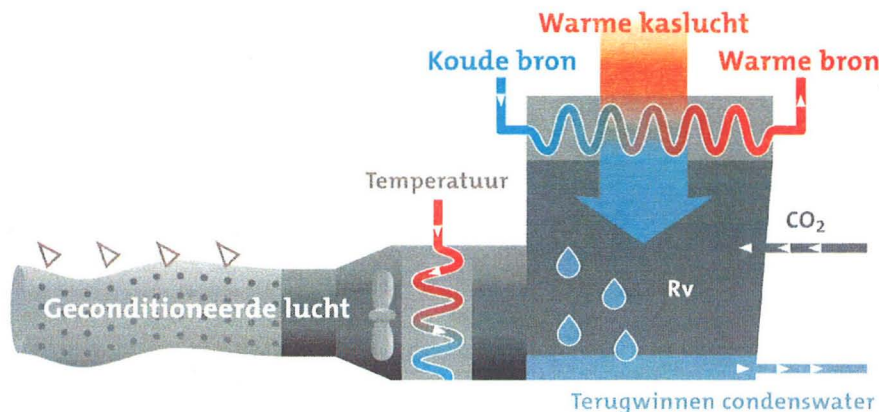
Met bovenstaande opties zijn een zeer groot aantal inrichtingen samen te stellen. Bij de behandeling van de voorbeelden zal hierop teruggekomen worden. In de volgende paragrafen worden de onderdelen van een KWO-kas verder toegelicht.

2.1 Warmte/koude overdracht in de kas

In traditionele kassen wordt gewerkt met een verwarmingsbuis en een hoge delta T tussen de buis en de kas. Bij een kas met KWO wordt ook gekoeld en is de Delta T daarmee beperkt tot circa 15-20 graden. Daarbij wordt gebruik gemaakt van laagwaardigere warmte en daarmee wordt ook de Delta T kleiner. Om deze reden moet het verwarmend oppervlak groter zijn. Dit kan ondermeer bereikt worden met een luchtbehandelingkast, of door bijvoorbeeld een waterfilm langs het kasdek.

Het water uit het aquifer wordt gebruikt als koelmedium in de zomer en warmtebron in de winter. Om vervuiling van de warmtewisselaars van de LBK's te voorkomen wordt het grondwater middels een warmtewisselaar gescheiden van het watersysteem dat door de LBK's loopt, zie ook het hiervoor geplaatste figuur met de onderdelen van het KWO.

Ter verduidelijking wordt onderstaand een schematische weergave van luchtbehandelingkast (LBK) gegeven.



Figuur: Luchtbehandelingkast

De LBK wordt gebruikt om de kas te verwarmen en te koelen. Tevens zorgt de LBK voor actieve ontvochtiging. Er kan gekozen worden voor grote LBK installaties in de gevels of meer kleinere in de kas, onder of tussen het gewas. Zomersituatie.

In de LBK stoomt het opgepompte water uit het aquifer door de koelelementen en de er langs geblazen lucht koelt af. Deze koude lucht wordt via lange lucht slangen met een grote diameter weer in de kas gebracht. Vocht in de kas slaat neer op de koelelementen en kan zo ook worden teruggewonnen. De terug geblazen afgekoelde lucht is hierdoor tevens ontvochtigd.

In de winter wordt het opgepompte water met een warmtepomp in temperatuur verhoogd en wordt de lucht geforceerd langs de verwarmingselementen geleid en weer via de luchtslangen de kas in geblazen.

Een Fiwihex warmtewisselaar is een alternatief voor bovenstaande LBK. Een Fiwihex is een warmtewisselaar met zeer fijne draadjes die in contact staan met fijne buisjes waar het water doorheen loopt. De op te warmen, of af te koelen lucht wordt hier door heen geblazen. Een Fiwihex kan ook bovenin de kas worden toegepast.

Indien niet gekozen wordt voor ramen die open kunnen in het kasdek is er sprake van een gesloten kas. Het nadeel hiervan is echter dat de koelcapaciteit van de LBK hiervoor enorm moet zijn. De investeringskosten hiervoor zijn hoog, evenals het energieverbruik. De potentiële energiebesparing wordt hiermee te niet gedaan en de meeropbrengst in kg product weegt ook niet op tegen de extra kosten. Om deze redenen wordt nu meer naar een semi-gesloten kas gekeken en is extra koeling noodzakelijk.

2.2 Extra koeling

Volledige koeling met Luchtbehandelingkasten is niet doelmatig (met de huidige techniek). Extra koeling is daarom noodzakelijk, dit kan ondermeer door de ramen te openen, gevelventilatie of buitenlucht via de luchtzakken naar binnen te blazen. In al deze gevallen wordt de warmte niet geoogst maar weg geventileerd. Een andere optie is om ook in de zomerperiode de warmtepomp in te zetten en hiermee een grotere ΔT te krijgen waardoor een grotere hoeveelheid warmte weggekoeld kan worden.

In enkele teelten, bijvoorbeeld bij fnesia's en Phalaenopsis, is actieve koeling al reeds vele jaren praktijk, hier worden ook wel elektrisch aangedreven koelinstallaties voor gebruikt. Zeker in deze gevallen kan KWO een grote energiebesparing geven.

2.3 Ontvochtiging

Een belangrijke klimaatfactor in de kas is de relatieve vochtigheid.

Planten kunnen pas goed groeien als er sprake is van een water transport, met voedingsstoffen, van de wortels tot in de bladen waarna de waterdamp aan de omgeving wordt afgegeven. Door een vocht accumulatie effect in een semi gesloten kas zal het vochtgehalte kunnen stijgen tot een onaanvaardbaar niveau waardoor het water transport in de plant stagneert, en dus de groei, en er een klimaat ontstaat waar in het bijzonder schimmels kunnen groeien.

In een semi geslotenkas kan vocht worden afgevoerd middels de luchtbehandelingkasten of bij een te hoog gestegen relatieve vochtigheid kunnen de ramen tijdelijk worden geopend.

2.4 Warmteafzet

De warmte die geoogst kan worden met een semi-gesloten kas wordt in de basis gebruikt om diezelfde kas te verwarmen. Als er echter meer gekoeld wordt dan dat er warmtebehoefte is dan kan het surplus aan warmte aan een derde geleverd worden. Het meest eenvoudig is de warmte te leveren aan een andere naastgelegen eigen kas, of van een buurman.

Er wordt veel gesproken over levering aan woningen of utiliteitsgebouwen. Dit laatste kent echter ook een groot aantal bezwaren. Voor Agriport is binnen het programma Kas als Energiebron, onderzoek naar de levering van warmte aan derden uitgevoerd door het LEI in samenwerking met TNO (van der Velden et al., januari 2008). Conclusie was dat zeker de levering van laagwaardige warmte weinig mogelijkheden biedt. Dit vooral door de enorme investeringen in infrastructuur, extra kosten in woningen voor LT-verwarming en koken, de voorzieningen voor warm tapwater (Hoge temp). Tot slot wordt de potentiële milieuwinst voor een groot deel te niet gedaan door het extra elektraverbruik in de woningen.

Als vanuit het perspectief van een woningbouwproject naar verschillende duurzame opties gekeken wordt en de levering van LT vanuit kassen slechts één van deze opties is, dan is dit geen gunstige optie. Dit omdat naast voornoemde in verhouding de (voor-)investeringskosten hoog zijn en organisatorisch de realisatie niet eenvoudig is. Tot slot mag de vraag gesteld worden, of kassen de beste zonne-oogsters zijn? Je kunt de zonne-energie ook oogsten in de woonwijk en KWO kan ook in woonwijk plaatsvinden. De synergie tussen woningen en kassen - het potentiële overschot aan warmte in kassen en te kort in woningen - met lage temperatuurwarmte is daarom moeilijk te benutten.

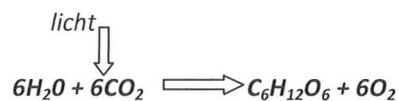
Alternatieven voor de afzet van laagwaardige warmte kunnen wellicht ook gevonden worden in de kweek van vissen of algen. Beide teelten staan steeds meer in de belangstelling en indien een dergelijk partij zich op Agriport zou willen vestigen zou deze de energiesamenwerking kunnen versterken.

Als laatste optie kan de overtollige warmte weg gekoeld worden met een koeltoren. De in de zomer geoogste warmte wordt in de winter en/of in de nacht met buitenlucht weg gekoeld met als doel om de bodem energetische weer in evenwicht te krijgen. Met een dergelijke aanpak is KWO een energiezuinige manier van koelen en moet dit als het hoofddoel gezien worden.

2.5 CO₂ afgifte

De buitenlucht bevat circa 350 ppm CO₂, koolzuur of koolstofdioxide. Dit is 350 mmol/kmol lucht. Dit is ongeveer 535 mg CO₂/kg lucht of te wel 640 mg CO₂ per m³ lucht.

In groene planten vind een zogenaamd fotosyntheseprocess plaats waar onder invloed van licht suikers worden gevormd. Met een wat vereenvoudigde scheikundige formule ziet dit er als volgt uit:



Dit betekent dus dat water en koolzuur onder invloed van licht door de plant wordt omgezet in suikers en zuurstof. Dit proces wordt ook wel assimilatie genoemd.

In een kas wordt onder invloed van de licht instraling veel CO₂ gebruikt door de daar aanwezige planten. Als er geen aanvulling plaats vindt zal het CO₂ niveau snel zakken en komt de groei van de plant snel tot stilstand. In het verleden werd daarom met een aardgas gestookte ketelinstallatie al de benodigde aanvulling op het CO₂ niveau geleverd door de rookgassen van de ketel naar de kas te leiden. De kwaliteit van de rookgassen was goed en stabiel. Met een CO beveiliging kon op deze manier eenvoudig CO₂ worden bij gesuppleerd. De laatste jaren is bij veel glastuinbouwbedrijven een wkk installatie geplaatst. Doordat in een wkk installaties de verbranding van aardgas anders plaatsvindt dan

in een ketel en bovendien residuen van smeermiddelen in de rookgassen aanwezig kunnen zijn is voor de CO₂ dosering altijd een rookgas reinigingsinstallatie noodzakelijk, ook voor het verlagen van het NO_x gehalte. Voor een semi-gesloten kas is schone CO₂ nog belangrijker. Dit heeft te maken met de hogere doseringen maar zeker indien er sprake is van een semi-gesloten kas. In een dergelijke kas is de ventilatiefout, doordat de ramen maar heel weinig worden geopend, erg klein. Hierdoor neemt over een jaar genomen de vraag naar CO₂ af omdat er minder door de ventilatiefout verloren wordt. Er ontstaat hierdoor echter wel een opstapeling van ongewenste gassen en andere stoffen uit de rookgassen. Voorwaarde voor het injecteren van CO₂ in een (semi) gesloten kas is dat de rookgassen zeer schoon zijn. Het verbeteren van de rookgasreinigers is dan ook een speerpunt van het programma kas als energiebron. Alternatieve vormen van CO₂ zijn ketelgassen, of externe aanvoer.

2.6 Elektra

Zoals ook onderkent in de tussenrapportage van de Energieproducerende kas (WUR, nota 491, nov. 2007) is het voor de berekening van de netto energie en primaire brandstof besparing van groot belang waar de elektriciteit vandaan komt die nodig is in de KWO-kas. Indien deze namelijk zijn oorsprong heeft in de gemiddelde Nederlandse elektriciteitscentrale van de nabije toekomst - welke haar warmte niet/ marginaal benut en voor een toenemend deel stookt op kolen- is de CO₂-uitstoot evenals het primair brandstofverbruik per KWh hoog. Voor de berekeningen van de duurzaamheid van de KWO-kas kom je dan negatief uit ten opzichte van de WKK-kas. Uitgangspunt is daarom dat de elektriciteit voor de KWO-kas middels een warmtekrachtkoppeling wordt gemaakt of nog duurzamer, zoals zonne-energie. Als de elektriciteit die bij een traditionele centrale vandaan komt doet de netto energiebesparing van de KWO-kas ten opzichte van een WKK-kas afnemen.



Figuur: De elektracombinatie voor de komende decennia. Kas met warmtebuffer en WKK's en windmolens op de achtergrond (zie ook: Energieraad, brandstofmix in beweging, januari 2008).

2.7 Back up/ piekverwarming

Met een KWO-kas is de elektriciteitsbehoefte vrij aanzienlijk. Indien de elektriciteit uitvalt zal er daarom, of een grote back-up generator moeten zijn om de pompen etc. aan te drijven of een piekketel op een brandstof. Deze laatste kan ook op extreem koude dagen extra warmte geven. Omdat een dergelijk installatie relatief weinig gebruikt zal worden is het vaker beter op (bio-)olie, hout of anderszins te stoken. Alles behalve aardgas is goed, omdat zo de vaste kosten voor het contract vermeden kunnen worden.

2.8 Kastype

Naast alle technieken in de kas kan er ook gevarieerd worden met het kastype zelf. Hierbij kan gedacht worden aan een venlokas met glazen ramen of een (breedkap) met een kunststof zigzagdek met een beter isolatiewaarde of een klimrekkas met een betere lichtdoorlatendheid. Ook onderscheidend is de gesloten kas, een kas zonder ramen die open dicht kunnen. Keuzen hierin hangen ook nauw samen met het te telen product en de ontwikkeling in de techniek.

3 Ontwikkeling KWO-kassen

In dit hoofdstuk wordt een beeld gegeven van de huidige stand van techniek ten aanzien van KWO-kassen. In 2005 is voor het MER van Agriport I deze beoordeling (zij het in een andere vorm) ook gemaakt. Toen is geoordeeld dat de ontwikkeling nog niet vergevorderd genoeg was om dit als een realistische optie in het MER op te nemen.

3.1 Programma Kas als Energiebron

In het beleid- en uitvoeringsprogramma *Kas als Energiebron* werken de sector, PT en LNV samen om de ambitie van de klimaatneutrale kassen bij nieuwbouw in 2020 te realiseren. Hiervoor worden de volgende instrumenten ingezet:

- 1 Onderzoek, haalbaarheidstudies, verkenningen;
- 2 Demoprojecten in de praktijk bij glastuinbouwondernemers;
- 3 Ontwerpwedstrijd Energieproducerende kas
- 4 Ondernemersplatforms;
- 5 Communicatie en voorlichting;
- 6 Financiële en organisatorische kaders en ondersteuning.

Binnen dit programma wordt de instrumenten in relatie tot de verschillende technieken en ontwikkelingsstadia als onderstaand ingezet.

3.2 Praktijkvoorbeelden Kassen met KWO

Enige jaren geleden is gestart met de gesloten kas waarin de eerste experimenten werden uitgevoerd om technisch en teelt technisch een oplossing te zoeken voor koeling, ontvochtiging, verticale temperatuur verschillen en verticale luchtstromen, in de hand houden van de relatieve vochtigheid, etc. Er zijn reeds vele projecten gestart om ervaring op te doen met KWO-kassen. Ongeacht of de projecten vanuit het programma *kas als energiebron* zijn ondersteund worden onderstaand de projecten genoemd die met KWO zijn gerealiseerd. In de volgende paragrafen worden deze verder toegelicht.

- 1 Semi geslotenkas
- 2 Kas zonder gas
- 3 Fiwihex kas of energieproducerende kas
- 4 Airco kas
- 5 Elektriciteit producerende kas
- 6 Sion Orchids, Phalaenopsis, De Lier
- 7 Kwekerij De Grevelingen, tomaat, Sirjansland (ook GMO-subsidie)
- 8 R. van Schie BV, AircoKas, biologische tomaat en paprika, Ens
- 9 De Groene Tuin, tomaat en paprika, Berlicum
- 10 G.J. van der Weijden, roos, Nieuwveen
- 11 Prominent. tomaat, Westland
- 12 Tas, tomaat, Nieuwerkerk
- 13 Hartman, vruchtgroenten, Sexbierum
- 14 Van der Lans, SunErgieKas, tomaat, Rilland
- 15 J. Raemaker, komkommer, Californië

3.3 Onderzoek en ontwikkeling kassen met KWO

3.3.1 Geslotenkas

In een gesloten kas zitten geen luchtramen. Hiermee is in eerste instantie geëxperimenteerd maar in een dergelijke kas moet zeer veel koelvermogen worden geplaatst om de maximale koelvraag, van circa 600 W/m^2 , weg te kunnen koelen. Ook de vochthuishouding is zeer moeilijk in de hand te houden. Daarom is dit principe grotendeels verlaten en wordt momenteel veelal gewerkt met de semi geslotenkas. Er wordt verwacht dat de semi gesloten kas ten opzichte van de geslotenkas meer perspectief heeft doordat de te bereiken besparing vrijwel gelijk is tegenover minder investeringskosten en een hogere productie.

3.3.2 Semi geslotenkas

In de (semi) gesloten kas wordt de ingestraalde zonne energie weggekoeld met behulp van een lucht circulatiesysteem op basis van LBK's. Pieken in de koelvraag kunnen worden opgevangen door de ramen zo beperkt mogelijk te openen. Het zelfde kan worden gedaan als de relatieve vochtigheid (RV) te hoog dreigt te worden. Om de energiebesparing te kunnen bereiken wordt als koelmedium grondwater gebruikt dat vervolgens opgewarmd weer wordt teruggepompt in de bodem. In de praktijk wordt een deel, circa 30 a 40%, van dit opgewarmde water in een buffer opgeslagen om 's-nachts te kunnen gebruiken voor opwarming en regulering van de vochthuishouding.

In de periode dat er een warmtevraag is kan vervolgens het warme water uit de grond worden gepompt en met behulp van een warmtepomp op de gewenste temperatuur gebracht. Het afgekoelde retourwater wordt vervolgens weer teruggepompt in de bodem. Deze techniek wordt genoemd de Koude / Warmte Opslag (KWO) met behulp van een aquifer.

Het water wordt uit de ondergrond gehaald met een temperatuur van 10 a 12°C en wordt met maximaal 25°C teruggevoerd in de grond. Momenteel kennen de meeste aquifer vergunningen een maximaal toegestaan opwarmniveau tot 25°C .

In een (semi) geslotenkas kan er, ten opzichte van een conventionele kas, eenvoudiger een hoog CO_2 gehalte worden gehandhaafd in de kas doordat er veel minder hoeft te worden afgelucht. Dit heeft uiteraard als voordeel dat ook minder CO_2 hoeft te worden gedoseerd. Er kleeft ook een nadeel aan doordat de verkleinde ventilatiefout een accumulatie van ongewenste sporen elementen uit de rookgassen tot gevolg kan hebben. Bij het gebruik van een wkk installatie is hierdoor de wens ontstaan voor de ontwikkeling van een betere rookgasreiniging installatie.

Een gemiddelde kas heeft een transmissieverlies van circa 900 MJ/m^2 per jaar, 250 kWh/m^2 . Als deze hoeveelheid in de zomer kan worden weggekoeld kan dus de gehele warmtevraag worden gerealiseerd met behulp van de WKO. Deze opslag vindt grotendeels plaats in aquifers en voor een beperkt deel in bovengrondse warmtebuffer voor de warmte die binnen een periode van 24 uur nodig is. Hierdoor kan een semi geslotenkas vrijwel volledig in zijn eigen warmtevraag voorzien. In de praktijk hebben veel tuinders echter ook nog warmtekracht installaties (wkk) staan voor de warmte- en elektriciteitsproductie en de CO_2 . Dit betekent dat zowel in de periode dat wordt gekoeld in de kas als in de periode dat er een warmtevraag is vanuit de wkk warmte wordt geleverd. Als er in de omgeving van de kas geen of onvoldoende warmteafnemers zijn zal, om warmtevernietiging te voorkomen, niet het gehele kasoppervlak gesloten kunnen worden uitgevoerd.

Een andere factor die van belang is bij de dimensionering van WKO is de belichting. Bij de huidige belichting, Son T lampen, wordt een groot deel van de elektriciteit omgezet in warmte die direct aan de omgeving wordt afgegeven. Dit fenomeen heeft uiteraard geleid tot een aanpassing van de teelttechniek en de wijze waarop verwarmd, geschermd en gelucht wordt. De introductie van koeling leidt uiteraard weer tot een noodzakelijke aanpassing van de teelttechniek. Maar bij de belasting van WKO moet uiteraard ook rekening worden gehouden met het belichting regime in de kas.

Het gebruik van een semi geslotenkas leidt daarom tot veel aanvullend onderzoek om goed om te kunnen gaan met koeling, relatieve vochtigheid, verticale luchtbeweging, etc.

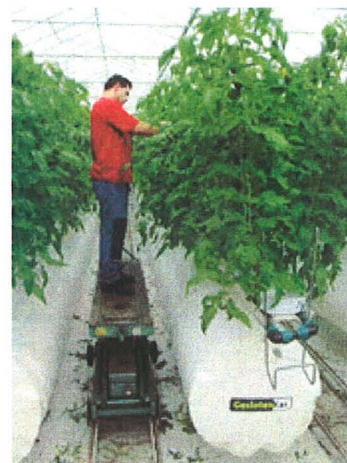


3.3.3 Kas zonder gas

De kas zonder gas is een variant op een semi gesloten kas. Daar waar bij de meeste telers een wkk zorgt voor het nodige gasverbruik en de warmte productie is in de kas zonder gas de gasaansluiting afwezig en staan er dus ook geen gas gestookte ketels en wkk's opgesteld.

Met behulp van de koeling moet ongeveer 900 MJ/m², de hoeveelheid weg te vangen warmte, via koeling aan warmte worden opgeslagen in het aquifer om deze, met behulp van een warmtepomp, in de periodes dat warmte noodzakelijk is nuttig te kunnen gebruiken. Dit betekent natuurlijk dat een behoorlijk elektrisch vermogen moet worden geïnstalleerd voor de warmtepomp, aquiferpompen en de LBK's om dit alles mogelijk te maken.

Indien CO₂ moet worden gedoseerd dan zal gebruik moeten worden gemaakt van de aanvoer van CO₂ van buiten het bedrijf in de vorm van zuivere vloeibare CO₂, een aansluiting op de Ocap leiding of de levering van CO₂ door een buurbedrijf. Bij deze kas moet bijzonder aandacht worden geschonken aan de systeemredundantie omdat bij het wegvallen van de elektriciteit ook de volledige verwarmingscapaciteit is verdwenen.



3.3.4 FiWiHex kas of energieproducerende kas

De FiWiHex kas is ook weer een variant op de semi gesloten kas. De firma Hydro Huisman uit Huissen is de eerste geweest die het nieuwe type LBK op basis van de FiWiHex dat staat voor Fine Wire Heat Exchange, technologie heeft toegepast. De warmtewisselaar bestaat uit dunne buisjes waar het water doorheen stroomt. Tussen de buisjes zijn koperdraadjes geweven. Door het grote oppervlak van de dunne draadjes wordt warmte gemakkelijk aan lucht afgegeven of andersom. Bij twee graden verschil wordt er al warmte uitgewisseld. Om de economische efficiëntie te bereiken is vijf graden verschil al voldoende.

De afwijking ten opzichte van de andere concepten is dat de kas tevens is uitgerust met een energiebesparend ZigZag polycarbonaat kasdek van General Electric.



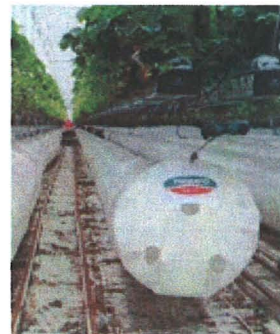
3.3.5 De Airco kas

De Aircokas is een variant op de semi-gesloten kas, waar een systeem van luchtkoeling wordt gecombineerd met verneveling, adiabatische koeling, en hiermee het klimaat wordt geoptimaliseerd. Bovenin de kas liggen de leidingen van waaruit het water in een dichte nevel de kas wordt ingespoten. Dit systeem biedt een alternatief voor de volledig gesloten kas met een grote elektrische koelcapaciteit die nodig is om de pieken in de ingestraalde zonnewarmte te verwijderen. In de Aircokas gaan de ramen minder snel open dan in een conventionele kas, waar de ramen open gaan

zodra het te warm is. Bij veel licht kan de CO_2 -concentratie in de Aircokas hoger zijn en daardoor neemt de productie toe. Bovendien kan hiermee een daling van de RV worden beperkt.

Door in de kas water te vernevelen daalt de temperatuur in de kas en daarmee de verdamping van de plant tot een niveau dat door de plant kan worden volgehouden. Bij een te hoge temperatuur kan de plant onvoldoende water aanvoeren ten behoeve van het verdampingsproces. Om uitdroging te voorkomen sluit de plant zijn huidmondjes en zal de temperatuur oplopen. Door een lagere temperatuur in de kas te realiseren kunnen de huidmondjes open blijven en kan de plant CO_2 op blijven nemen. Het adiabatische koelvermogen kan variëren tussen de 260 en 520 W/m^2 , waarbij een hoeveelheid water hoort van 400 tot 800 ml/m^2

Een probleem bij hoge gewassen zoals tomaat en komkommer is dat hierdoor ziekten, zoals Botrytis, een grotere kans krijgen.



3.3.6 De elektriciteit producerende kas

De elektriciteit producerende kas geeft een andere technische toevoeging aan een kas. Dit kan zowel in een conventionele als semi gesloten kas worden gebruikt. Deze techniek bevindt zich echter nog in het fundamentele research stadium. Doel van dit onderzoek is om dat deel van het spectrum van het invallende zonlicht dat niet nodig is voor de plantengroei direct om te zetten in hoogwaardige elektrische energie, doormiddel van het opdampen van een PV systeem op het glas.

Eveneens wordt gewerkt aan het verwerken van een PV systeem in schermdoek. Verwacht wordt dat het nog wel enige jaren zal duren voordat een dergelijke kas commercieel op de markt zal komen.

3.3.7 Relatie tot ander duurzame technieken

De toepassing van gesloten kassen heeft een ongunstig effect op het toepassen van andere duurzame opties. Het zal duidelijk zijn dat bij een hoog aandeel wkk het gesloten oppervlak slechts beperkt kan zijn. Dit komt vanwege de interne concurrentie van de geoogste zonne warmte en de door de wkk geproduceerde warmte.

Gegeven dit feit mag worden geconcludeerd dat ook de toepassing van geothermie op een bedrijf dat een deel van haar kassen semi gesloten wil uitvoeren eveneens concurrerend is. Het is simpelweg een keus voor de ene of de andere warmte bron of deze gebaseerd is op fossiele energiedragers of niet fossiele energiedragers maakt hierbij niet uit.

3.3.8 Productie

In de momenteel lopende proeven met semi gesloten kassen in al hun variëteiten wordt uiteraard ook gekeken naar de effecten op de teelt zowel kwalitatief als kwantitatief. Bij de start van de proeven met gesloten en semi gesloten kassen was de verwachting ten aanzien van de productie verbetering zeer hoog gespannen. Verwacht werd dat, doordat de klimaat factoren koeling en ont(be)vochtiging werden toegevoegd, de productie aanzienlijk zou toenemen. In de praktijk blijkt dit echter lang niet altijd. Bij sommige proeven is er zelfs geen enkele productieverbetering waarneembaar. Als we hier nog bij optellen de onzekerheid ten aanzien van de resistentie van diverse plantenziekten en de kwaliteit van de productie dan zal duidelijk zijn dat er nog een lange weg te gaan is voordat de teelttechniek aangesloten is op de ontwikkeling in de kas- en installatietechniek en duidelijk is wat het effect is van een semi gesloten kas op de productie.

Bekend is dat de glastuinbouw jaarlijks een behoorlijke groei van de productie per m^2 kent. Uit de Energiemonitor van de Nederlandse Glastuinbouw 2000 – 2006 van het LEI blijkt dat de fysieke productie in 2005, vergeleken met 1980 met 210% is gestegen. Dit betekent een jaarlijkse stijging van circa 4%. In hoeverre dit productie groeicijfer door de toepassing van semi gesloten kassen verder zal groeien is op dit moment nog onduidelijk.

In de verdere beschouwing rond de semi gesloten kas zal gezien de nog bestaande grote onzekerheid geen standpunt worden ingenomen over een mogelijke productie verbetering ten gevolge van de toepassing van een semi gesloten kas. Er is, gezien de huidige onzekerheid, voor gekozen geen relatie aan te geven tussen productie en energie- en water gebruik.

3.4 Ontwerpwedstrijd Energieproducerende Kas

De internationale Ontwerpwedstrijd van Kas als Energiebron moet een of meer innovatieve, werkbare oplossingen opleveren voor een energie leverende kas opleveren.

Voor de Ontwerpwedstrijd zijn internationale marktpartijen uitgenodigd om kasconcepten te ontwerpen die jaarrond onafhankelijk zijn van fossiele energie of zelfs energie kunnen leveren. In fase 1 mocht iedereen hun ideeën voor een kas die aan het vereiste zou voldoen indienen. De jury, onder leiding van Ruud Lubbers, heeft 10 inzenders geselecteerd die in fase 2 hun ideeën mochten uitwerken tot een demoproject.

In 2007 zijn de eerste drie ontwerpen door de selectie heen gekomen die vervolgens aan de derde fase van deze ontwerpwedstrijd mogen deelnemen en het ontwerp realiseren. Onderstaand zijn de eerste vijf van de beoordeelde ontwerpen uit fase 2 weergegeven:

- | | | | |
|---|-------------------------|------|------------------------------|
| 1 | De ZonWindKas, | van: | Thermotech |
| 2 | De ZoWaKas | van: | WUR, PRI en GGT |
| 3 | De ZonWinKas | van: | Benk Research |
| 4 | Flowdeck Energy Systems | van: | Climeco / Maurice Kassenbouw |
| 5 | Agrosphere – IV | van: | ir. A.H.H. Schmitz |

In al deze ontwerpen zitten fundamenteel nieuwe kastechnieken die de moeite waard zijn om verder uit te werken en in de praktijk uit te testen. Bij PPO van de WUR te Bleiswijk worden van de geselecteerde eerste drie een prototype van het kasontwerp gebouwd.

4 Beschrijving van de keuzes

In de vorige hoofdstukken is een overzicht gegeven van de onderdelen van een kas met KWO en de ontwikkelingen met betrekking tot KWO. In dit hoofdstuk worden enkele varianten op basis van verschillen in ΔT , elektravoorziening en KWO oppervlak beschreven. De energieprestatie en KWO behoefte van deze varianten zijn berekend en worden weer gegeven. Op basis hiervan wordt in het volgende hoofdstuk een keuze voor een VA en een MMA gemaakt. De overige facetten (CO_2 -gift, kastype, warmte-afzet, back-up warmte en het kastype) zijn van minder onderscheidend belang en worden daarom bij de toelichting op de gekozen varianten beschreven.

Bij de beschrijving en de beoordeling is met name het oppervlakte kas waarbij gebruik wordt gemaakt van KWO van belang. In dit hoofdstuk worden hiervoor drie fasen/ varianten aangegeven, namelijk <100ha, 200-300ha en >500ha. In de transitie naar een energiezuinige of leverende glastuinbouw zou je voor de mogelijke implementatie de volgende tijdschalen kunnen aanhouden 2010, 2020 en 2030. Deze tijdschaal is indicatief en kan tevens dienen als basis voor de beoordeling van de effecten bij gedeelte realisatie van de totale KWO-vergunningaanvraag. Het is afhankelijk van vele ontwikkelingen of dit sneller of langzamer gerealiseerd wordt.

4.1 Referentie

Als referentie is gekozen voor de situatie zoals deze beschreven is in "Referentie energievoorziening Agriport 1". Deze uitgangssituatie voldoet aan alle huidige eisen ten aanzien van energiebesparing, emissie en inzet duurzame energiedragers. In Agriport kennen we een drietal teelten, te weten tomaten, paprika's en overig.

Volgens de referentie voor Agriport 1 moet voor een tomatenteelt rekening worden gehouden met de volgende randvoorwaarden:

- Warmtevraag 46 Nm^3/m^2 ;
- Belicht oppervlak 75% van het totale oppervlak
- Belichtingsterkte 12.000 lux;
- Belichting tijd 2.200 uur
- Wkk vermogen 0,602 MW/ha:
- Draaiuren wkk 4.300 uur

Volgens de referentie voor Agriport 1 moet voor een paprikateelt rekening worden gehouden met de volgende randvoorwaarden:

- Warmtevraag 36 Nm^3/m^2 ;
- Belicht oppervlak 25% van het totale oppervlak
- Belichtingsterkte 5.200 lux;
- Belichting tijd 1.950 uur
- Wkk vermogen 0,593 MW/ha:
- Draaiuren wkk 4.200 uur

Volgens de referentie voor Agriport 1 moet voor een teelt "Overig" rekening worden gehouden met de volgende randvoorwaarden:

- Warmtevraag 42 Nm^3/m^2 ;
- Belicht oppervlak 50% van het totale oppervlak
- Belichtingsterkte 7.000 lux;
- Belichting tijd 2.000 uur
- Wkk vermogen 0,590 MW/ha:
- Draaiuren wkk 4.300 uur

4.2 Oppervlakte KWO-kassen

KWO en WKK zijn in grote mate substituten voor elkaar. In de volgende paragrafen worden de verschillende varianten in toepassing van WKK en KWO beschreven. Hierbij wordt ook ingegaan op de invulling van de elektriciteitsbehoefte en de duurzaamheid daarvan. Bij toepassing van meer KWO zal er minder WKK nodig zijn (uitgaand van de warmtevoorziening ipv de koudevraag). Dit kan gebeuren door vervanging van een "WKK-kas" door een "KWO kas," of door nieuwbouw van een KWO-kas zonder, of met minder WKK-vermogen.

4.2.1 <100 ha KWO-kas (2010-2020)

Dit is gelijk aan de referentiesituatie zoals hierboven is beschreven. Hierbij is het wkk vermogen voor alle teelten bijna 0,6 MW per ha.

In deze situatie kan circa 10% van het glasoppervlak semi gesloten worden uitgevoerd. Wordt het oppervlak groter dan neemt het warmteoverschot, gemiddeld over de zes verschillende kastypen, erg snel toe.

4.2.2 200-300ha KWO kas (2020-2030)

In deze situatie is het aandeel van wkk terug gebracht tot 0,3 MW per hectare. Hierbij wordt ervan uitgegaan dat circa 15% van de totale elektriciteitsvraag wordt ingevuld met elektriciteit afkomstig uit een duurzame niet fossiele bron zoals zon of wind. De effecten van de inzet van deze duurzame energiedragers is vooral terug te vinden in de CO₂ emissie. Voor deze duurzame elektriciteit wordt een emissie van 0 gr/kWh aangehouden.

Omdat het wkk vermogen hier is teruggebracht tot 0,3 MW/ha kan het percentage semi gesloten kas worden uitgebreid naar 35% van het glasoppervlak en wordt een warmteoverschot vermeden.

4.2.3 >500ha (2030-2040)

Er wordt vanuit gegaan dat de ontwikkeling van de productie van duurzame elektriciteit verder vooruitgang zal boeken waardoor het aandeel duurzame elektriciteit verder stijgt naar 40%. Hierdoor zal de capaciteit van wkk installaties verder worden teruggebracht naar 0 MW per hectare. De effecten van de inzet van deze duurzame energiedragers is vooral terug te vinden in de CO₂ emissie. Voor deze duurzame elektriciteit wordt een emissie van 0 gr/kWh aangehouden.

In deze situatie wordt geen warmtekracht vermogen geplaatst waardoor het aandeel van de gesloten kas kan stijgen naar 65% van het oppervlak.

4.3 Type Koude Warmte Opslag

Naast het oppervlakte KWO zijn ook de toegepaste technieken in de kas van belang voor de berekening van de energieprestatie en de effecten. In deze paragraaf worden de uitgangspunten voor de verschillende technieken gegeven welke gebruikt zijn voor de berekeningen.

De hier gebruikte gegevens ten aanzien van capaciteiten en energieverbruiken zijn samen met het advies bureau VEK uit 's-Gravenzande verzameld. Een opmerking past hier zeker nog bij, namelijk dat er momenteel een groot aantal uiteenlopende experimenten met semi gesloten kassen lopen die allemaal hun eigen karakteristieken hebben welke uiteraard ook weer zijn afgestemd op de teelt die in de betreffende kassen staat. Dit betekent dat er in de praktijk verschillen optreden ten aanzien van het opgestelde vermogen en de hoeveelheden energie die worden gebruikt. Bij de temperaturen is aangehouden een gemiddelde maximale invoer temperatuur van 25°C. In de praktijk kan deze temperatuur een paar graden hoger zijn maar uiteraard zijn er ook momenten dat de temperatuur waarmee het koelwater in de bodem wordt gebracht een aantal graden lager.

4.3.1 Semi gesloten kas ΔT 13

In deze kas wordt gekoeld met behulp van water uit de bodem en wordt de lucht in LBK afgekoeld en terug geblazen naar de kas. Bij deze optie is de maximale temperatuursprong over het aquifer 13°C. Dit betekent dus dat het water met 12°C wordt opgepompt en vervolgens met maximaal 25°C weer in de bodem wordt teruggebracht.

In deze kas worden de volgende vermogens gevraagd:

- Warmtepomp 29 W/m^2
- LBK 18 W/m^2
- Elektriciteit gebruik warmtepomp 50 kWh/m^2
- Elektriciteit gebruik LBK 70 kWh/m^2
- Koeling(warmte oogst) 450 kWh/m^2

4.3.2 Semi geslotenkas $\Delta T 19$

In deze kas wordt gekoeld met behulp van water uit de bodem en wordt de lucht in LBK afgekoeld en terug geblazen naar de kas. Dit betekent dat het water met 12°C wordt opgepompt, met de warmtepomp in temperatuur wordt verlaagd naar 6°C , en vervolgens met maximaal 25°C weer in de bodem wordt teruggebracht.

In deze kas worden de volgende vermogens gevraagd:

- Warmtepomp 29 W/m^2
- LBK 18 W/m^2
- Elektriciteit gebruik warmtepomp 90 kWh/m^2
- Elektriciteit gebruik LBK 70 kWh/m^2
- Koeling(warmte oogst) 450 kWh/m^2

4.3.3 Semi gesloten kas $\Delta T 13 \text{ LED}$

Voor zowel de kas als de opgestelde apparatuur kan verwezen worden naar 4.2. Het verschil zit vooral in de toegepaste belichting. Er wordt in deze variant belicht met LED verlichting met een energievraag beperking van 50%. Hierdoor is het goed in beeld te brengen

4.3.4 Gesloten kas $\Delta T 19$

Deze kas is volledig gesloten. Dat wil zeggen dat hier dan ook geen raam open kan. Er wordt gekoeld met behulp van water uit de bodem en wordt de lucht in LBK afgekoeld en terug geblazen naar de kas. Dit betekent dat het water met 12°C wordt opgepompt, met de warmtepomp in temperatuur wordt verlaagd naar 6°C , en vervolgens met maximaal 25°C weer in de bodem wordt teruggebracht.

In deze kas worden de volgende vermogens gevraagd:

- Warmtepomp 50 W/m^2
- LBK 21 W/m^2
- Elektriciteit gebruik warmtepomp 190 kWh/m^2
- Elektriciteit gebruik LBK 80 kWh/m^2
- Koeling(warmte oogst) 500 kWh/m^2

4.3.5 Aircokas

Deze kas is een variant op de semi gesloten kas met een ΔT van 13°C . Er wordt gekoeld met behulp van water uit de bodem en wordt de lucht in LBK afgekoeld en terug geblazen naar de kas. Dit betekent dat het water met 12°C wordt opgepompt en vervolgens met maximaal 25°C weer in de bodem wordt teruggebracht. In de zomer wordt een piek in de koelvraag opgevangen door bovenin de kas water te vernevelen en met deze zogenaamde "adiabatische" koeling kan worden bespaard op dure elektriciteit voor de warmtepomp. Hierdoor kan van de circa 600 kWh instralende zonne energie circa 100 tot 200 kWh worden afgevangen waardoor de ramen nog minder behoeven te worden geopend.

In deze kas worden de volgende vermogens gevraagd:

- Warmtepomp 20 W/m^2
- LBK 11 W/m^2

- Elektriciteit gebruik warmtepomp 47 kWh/m²
- Elektriciteit gebruik LBK 26 kWh/m²
- Koeling(warmte oogst) 325 kWh/m²

4.3.6 Kas zonder gas

Deze kas is een variant op de semi gesloten kas met een ΔT van 19°C. Er wordt gekoeld met behulp van water uit de bodem en wordt de lucht in LBK afgekoeld en terug geblazen naar de kas. Dit betekent dat het water met 12°C wordt opgepompt, met de warmtepomp in temperatuur wordt verlaagd naar 6°C, en vervolgens met maximaal 25°C weer in de bodem wordt teruggebracht.

Er zijn geen wkk installaties of ketels opgesteld zodat alle ingevangen warmte kan worden gebruikt voor het verwarmen van de kas in de winter. Aangezien de energiebalans in deze kas niet meer wordt beïnvloed door de inzet van wkk is in alle varianten ervan uitgegaan dat 50% van het kasoppervlak semi gesloten wordt uitgevoerd.

In deze kas worden de volgende vermogens gevraagd:

- Warmtepomp 75 W/m²
- LBK 17W/m²
- Elektriciteit gebruik warmtepomp 270kWh/m²
- Elektriciteit gebruik LBK 60 kWh/m²
- Koeling(warmte oogst) 600 kWh/m²

4.4 Berekeningen

Op basis van de uitgangspunten gegeven in de vorige paragrafen ten aanzien van de referentie, het percentage KWO toepassing en de specifieke techniek hierbij zijn onderstaand een aantal doorrekeningen gemaakt.

Met een model is voor de drie verschillende teelten per hectare de effecten van de verschillende kastypen berekend. In bijlagen 1 t/m 3 staan de modelberekening resultaten per teelt weergegeven.

Onderstaand de gegevens van de teelten gesommeerd over het gehele Agriport gebied, Agriport 1 350 en Agriport 2 472 hectaren netto glas, van 822 hectaren glas.

		Referentie	Semi gesloten kas, ΔT 13°C	Semi gesloten kas, ΔT 19°C	Semi gesloten kas, ΔT 13°C met LED (50% reductie)	Gesloten kas, ΔT 19°C	Alrco kas, ΔT 13°C	Kas zonder gas
KAS 2010								
Gasverbruik	m3	556.227.327	541.192.005	541.192.005	571.589.243	541.379.039	542.206.368	-
Elektriciteitsgebruik	kWh	1.026.565.800	1.125.205.800	1.158.085.800	631.128.850	1.248.505.800	1.119.451.800	2.382.865.800
Totale energie gebruik	kWh	5.915.804.006	5.882.283.527	5.915.163.527	5.655.398.295	6.007.227.554	5.885.445.777	2.382.865.800
Energie besparing in %	%		0,6%	0,0%	4,4%	-1,5%	0,5%	59,7%
Duurzaam	kWh	-	533.443.501	531.977.243	573.382.953	446.070.134	386.089.746	1.063.783.507
Aandeel duurzaam	%		9%	9%	10%	7%	7%	45%
Macro emissie CO ₂	kg	392.817.538	421.293.066	439.705.866	198.717.056	490.673.986	419.876.391	1.334.404.848
Emissie CO ₂ schoorstenen	kg	990.084.642	963.321.770	963.321.770	1.017.428.852	963.654.690	965.127.335	-
Emissie tov referentie	%		-7,2%	-11,9%	49,4%	-24,9%	-6,9%	-239,7%
Water debiet	m3		6.165	6.165	11.097	11.097	6.576	36.990
Totale watervraag	m3/jaar		29.406.846	23.473.886	29.406.846	19.822.392	21.238.278	134.136.490
KAS 2020								
Gasverbruik	m3	556.227.327	273.654.626	273.654.626	316.167.248	283.850.771	303.852.667	-
Elektriciteitsgebruik	kWh	1.026.565.800	1.371.805.800	1.486.885.800	877.728.850	1.803.355.800	1.269.466.800	2.382.865.800
Totale energie gebruik	kWh	5.915.804.006	3.777.229.965	3.892.309.965	3.656.838.958	4.298.404.074	3.940.331.740	2.382.865.800
Energie besparing in %	%	0,0%	36,2%	34,2%	38,2%	27,3%	33,4%	59,7%
Duurzaam	kWh	-	1.284.448.892	1.289.124.035	1.271.493.547	1.172.832.237	1.028.462.740	1.221.435.183
Aandeel duurzaam	%	0,0%	34,0%	33,1%	34,8%	27,3%	26,1%	51,3%
Macro emissie CO ₂	kg	392.817.538	562.100.956	618.278.476	442.955.340	801.234.252	565.895.602	1.134.244.121
Emissie CO ₂ schoorstenen	kg	990.084.642	487.105.235	487.105.235	562.777.701	505.254.372	540.857.747	-
Emissie tov referentie	%	0,0%	-43,1%	-57,4%	-12,8%	-104,0%	-44,1%	-188,7%
Water debiet	m3	-	21.578	21.578	38.840	38.840	23.016	36.990
Totale watervraag	m3/jaar	-	102.923.960	82.158.600	102.923.960	69.378.373	74.333.971	134.136.490
KAS 2030								
Gasverbruik	m3	556.227.327	1.023.030	1.023.030	41.958.029	29.600.713	66.747.092	-
Elektriciteitsgebruik	kWh	1.026.565.800	1.667.725.800	1.881.445.800	1.173.648.850	2.469.175.800	1.449.484.800	2.382.865.800
Totale energie gebruik	kWh	5.915.804.006	1.676.718.238	1.890.438.238	1.542.459.928	2.729.366.071	2.036.191.738	2.382.865.800
Energie besparing in %	%	0,0%	71,7%	68,0%	73,9%	53,9%	65,6%	59,7%
Duurzaam	kWh	-	1.097.697.352	1.226.015.968	1.044.779.337	1.544.567.012	1.069.743.442	1.536.738.535
Aandeel duurzaam	%	0,0%	65,5%	64,9%	67,7%	56,6%	52,5%	64,5%
Macro emissie CO ₂	kg	392.817.538	515.480.541	581.306.301	436.169.138	813.195.416	565.251.142	733.922.666
Emissie CO ₂ schoorstenen	kg	990.084.642	1.820.994	1.820.994	74.685.292	52.689.270	118.809.824	-
Emissie tov referentie	%	0,0%	-31,2%	-48,0%	-11,0%	-107,0%	-43,9%	-86,8%
Water debiet	m3	-	40.073	40.073	72.131	72.131	42.744	36.990
Totale watervraag	m3/jaar	-	191.144.498	152.580.257	191.144.498	128.845.550	138.048.804	134.136.490

In onderstaand overzicht is aangegeven per teelt en per jaar het percentage geoogste zonne-energie van de som van de hoeveelheid aardgas die is gebruikt plus de ingekochte hoeveelheid elektriciteit ten opzichte van de referentie.

Verhouding: geoogste zonne-energie / gas plus ingekochte elektriciteit						
	Semi gesloten kas, ΔT 13°C	Semi gesloten kas, ΔT 19°C	Semi gesloten kas, ΔT 13°C met LED (50% reductie)	Gesloten kas, ΔT 19°C	Alrco kas, ΔT 13°C	Kas zonder gas
Tomaat						
2010	8%	8%	7%	6%	5%	85%
2020	40%	38%	42%	29%	28%	85%
2030	109%	100%	120%	63%	69%	85%
Paprika						
2010	8%	8%	8%	7%	6%	151%
2020	52%	52%	52%	44%	34%	151%
2030	262%	212%	293%	104%	137%	151%
Overig						
2010	8%	8%	7%	6%	6%	126%
2020	50%	52%	45%	36%	31%	126%
2030	183%	158%	183%	80%	95%	126%

In onderstaande score tabel is aangegeven de prestaties van de verschillende kasttypen ten opzichte van de referentiesituatie.

Prestatie ten opzichte van de referentie

	<i>Semi gesloten kas, ΔT 13°C</i>	<i>Semi gesloten kas, ΔT 19°C</i>	<i>Semi gesloten kas, ΔT 13°C met LED (50% reductie)</i>	<i>Gesloten kas, ΔT 19°C</i>	<i>Alrco kas, ΔT 13°C</i>
KAS 2010					
Gasverbruik	+	+	-	+	+
Elektriciteitsgebruik	-	-	+	-	-
Totale energie gebruik	+	0	+	-	+
Energie besparing in %	0	0	+	-	0
Duurzaam	+	+	+	+	+
Emissie CO ₂	-	-	++	--	-
- veel slechter, - slechter, 0 vrijwel gelijk, + beter, ++ veel beter					
KAS 2020					
Gasverbruik	+	+	+	+	+
Elektriciteitsgebruik	-	-	+	-	-
Totale energie gebruik	++	++	++	++	++
Energie besparing in %	++	++	++	++	++
Duurzaam	++	++	++	++	++
Emissie CO ₂	-	-	0	-	-
- veel slechter, - slechter, 0 vrijwel gelijk, + beter, ++ veel beter					
KAS 2030					
Gasverbruik	++	++	++	++	++
Elektriciteitsgebruik	--	--	0	--	--
Totale energie gebruik	++	++	++	++	++
Energie besparing in %	++	++	++	++	++
Duurzaam	++	++	++	++	++
Emissie CO ₂	-	-	0	-	-
- veel slechter, - slechter, 0 vrijwel gelijk, + beter, ++ veel beter					

4.5 Conclusies

Voor de berekeningen van de Kas zonder gas verandert er erg weinig doordat in alle model berekeningen het oppervlak gelijk is gehouden aan 50% van het oppervlak. Het enige wat veranderd is het aandeel duurzaam doordat in de modellen 2020 en 2030 respectievelijk 15 en 45% duurzame elektriciteit wordt gebruikt.

Geconcludeerd mag worden dat de Kas zonder gas qua energiebesparing en aandeel duurzaam erg goed scoort maar dat de CO₂ uitstoot veel hoger is dan in de referentie situatie. Dit wordt met name veroorzaakt door het feit dat veel elektriciteit uit het landelijk net moet worden ingekocht waarvan de emissie per kWh ten opzichte van de wkk referentie erg hoog is.

- Zoals blijkt uit de verscheidenheid van inzichten en de eerste praktijkervaringen is de KWO-kas nog niet ontwikkeld, maar ten opzichte van de eerdere beoordeling uit 2005 wel verder gevorderd. Op basis van de kennis van vandaag is een doorkijk te geven naar de mogelijke energiebesparing en hierbij behorende water-debieten en hoeveelheden. Voor een brede toepassing liggen er zeker nog een aantal (teelt)technische en overige uitdagingen waar een oplossing voor gevonden dient te worden. Een vroegtijdig grondwaterontwerp en vergunning kan hier een onderdeel van zijn in het bijzonder voor concentratiegebieden als Agriport.
- Het gebruik van een type semi gesloten kas zal leiden tot een beperking van de gasvraag
- Het gebruik van een semi gesloten kas zal leiden tot een stijging van de elektriciteitsvraag.
- Het gebruik van LED verlichting heeft ook een positief effect op het totale energieplaatje van semi gesloten kassen.

- *KWO en WKK kunnen elkaar gedeeltelijk versterken, maar zijn grotendeels substituten voor elkaar. Dit geldt ook voor het gebruik van geothermie.*
- *De productie van elektriciteit uit duurzame bronnen, zon en wind, blijft voor de verdere verduurzaming van groot belang.*
- *Om ook milieutechnisch gunstig te kunnen scoren op termijn zal de CO₂ uitstoot van de centrale productie in Nederland drastisch moeten worden verlaagd van 0,56 kg/kWh nu naar 0,2 kg/kWh of liever nog minder. Dit ligt echter niet in de lijn der verwachtingen (zie ook: Technisch energie- en CO₂-besparingspotentieel van micro wkk in Nederland (2010-2030), juli 2006, ECN, Gasunie engineering, TNO, Cogen en Ecofys.)*
- *Het opstellen van extra koelvermogen bij een grotere ΔT zal leiden tot een hogere investeringen en heeft geen groot effect op de te realiseren energiebesparing. De verhoging van de ΔT door een hogere opslagtemperatuur kan een positieve bijdrage hebben aan het potentiële milieurendement.*
- *De kas zonder gas is een goed alternatief, maar vereist milieutechnisch wel een hoger aandeel van duurzaam geproduceerde elektriciteit.*
- *Uiteraard zullen de "eigen" teelt omstandigheden leiden tot de keuze voor de hierbij behorende best toepasbare techniek.*
- *In de vele studies die momenteel lopen wordt met name ook veel aandacht besteed aan de beperking van het opgestelde elektrische vermogen in WP, LBK, pompen etc. Verwacht wordt daarom dat het elektriciteitsgebruik van de semi gesloten kassen in de nabije toekomst nog beduidend kan verminderen.*

5 Keuze Alternatieven

In dit hoofdstuk worden op basis van de berekeningen en overige facetten uit hoofdstuk vier twee energievarianten voor KWO-kassen gegeven. Deze kunnen als input dienen voor de berekeningen voor de grondwater Mer-studie.

5.1 Voorkeursalternatief (VA)

Als voorkeursalternatief, VA, voor verdere beschouwingen in de m.e.r. is gekozen voor een semi gesloten kas, ΔT 13°C, met een wkk capaciteit van 0,3 MW per ha. Hier is 35% van het glasoppervlak gesloten. Het al dan niet inkopen van duurzame elektriciteit zal afhangen van de verdere ontwikkelingen op dit gebied maar is in deze variant vastgelegd op maximaal 15%. Onderstaande tabel geeft hiervoor de belangrijkste parameters in de verschillende perioden.

VA variant		2010	2020	2030
Gasverbruik	m3	541.192.005	273.654.626	1.023.030
Elektriciteitsgebruik	kWh	1.125.205.800	1.371.805.800	1.667.725.800
Totale energie gebruik	kWh	5.882.283.527	3.777.229.965	1.676.718.238
Energie besparing in %	%	0,6%	36,2%	71,7%
Duurzaam	kWh	533.443.501	1.284.448.892	1.097.697.352
Aandeel duurzaam	%	9%	34,0%	65,5%
Macro emissie CO ₂	kg	421.293.066	562.100.956	515.480.541
Emissie CO ₂ schoorstenen		963.321.770	487.105.235	1.820.994
Emissie tov referentie	%	-7,2%	-43,1%	-31,2%
Water debiet	m3	6.165	21.578	40.073
Totale watervraag	m3/jaar	29.406.846	102.923.960	191.144.498

Gekozen is de VA variant, in de zwarte omkadering, in het model 2020 met 0,3 MW wkk vermogen per ha.

5.2 Meest Milieu vriendelijke Alternatief (MMA)

Als meest milieuvriendelijke alternatief, MMA, is gekozen voor een semi gesloten kas met LED verlichting met een energieverbetering van 50%, een gesloten deel van 65%, geen wkk vermogen, en de inkoop van minimaal 45% duurzaam geproduceerde elektriciteit. Onderstaande tabel geeft hiervoor de belangrijkste parameters in de verschillende perioden.

MMA variant		2010	2020	2030
Gasverbruik	m3	571.589.243	316.167.248	41.958.029
Elektriciteitsgebruik	kWh	631.128.850	877.728.850	1.173.648.850
Totale energie gebruik	kWh	5.655.398.295	3.656.838.958	1.542.459.928
Energie besparing in %	%	4,4%	38,2%	73,9%
Duurzaam	kWh	573.382.953	1.271.493.547	1.044.779.337
Aandeel duurzaam	%	10%	34,8%	67,7%
Macro emissie CO ₂	kg	198.717.056	442.955.340	436.169.138
Emissie CO ₂ schoorstenen		1.017.428.852	562.777.701	74.685.292
Emissie tov referentie	%	49,4%	-12,8%	-11,0%
Water debiet	m3	11.097	38.840	72.131
Totale watervraag	m3/jaar	29.406.846	102.923.960	191.144.498

Gekozen is de MMA variant, in de zwarte omkadering, in het model 2030 met 0,0 MW wkk vermogen per ha.

5.3 Overige facetten KWO-kas

In het begin van hoofdstuk 4 is aangehaald dat de belangrijkste facetten van energievoorziening voor het voorliggende besluit (de grondwatervergunning) de totale waterverplaatsing en het debiet hierbij zijn. De waarden hiervoor volgen uit het percentage en type toepassing van KWO. Om een berekening van de energieconsequenties te geven is de elektravulling ook van doorslaggevend belang en daarom ook in de varianten betrokken. De overige facetten van de kas met KWO worden in deze paragraaf apart beschreven. Dit betreffen de CO₂-bron en afgifte, de warmteafzet, de back-up warmte en het kastype. Allereerst wordt echter beschreven wat de implicaties zijn van de genoemde percentages duurzame energie.

5.3.1 Elektravoorziening

Het is de varianten al beoordeeld dat een groot percentage duurzame energie nodig is om het geheel netto duurzaam te maken. In de VA variant is voor geheel Agriport A7 circa $201 \cdot 10^6$ kWh nodig en voor de MMA variant $527 \cdot 10^6$ kWh.

Als deze elektriciteit geleverd zou moeten worden door een PV systeem komen we tot de volgende berekening. In Nederland levert met de huidige stand van de techniek 1 m² PV paneel circa 80 kWh per jaar. Dit betekent dat voor de VA variant 250 ha PV systeem moet worden geïnstalleerd en voor de MMA variant 650 ha PV systeem.

Uitgaande van een moderne 3 MW windturbine op een goede windrijke landlocatie kan deze per jaar circa $10 \cdot 10^6$ kWh produceren. Dit betekent dat voor de VA variant circa 20 windturbines nodig zijn en voor de MMA variant circa 52.

De windoptie is hier realistischer dan de geschetste PV optie.

5.3.2 CO₂ bron

Gezien de tijdshorizon van de toepassing van KWO wordt er vanuit gegaan dat er een betere rookgasreinigers achter de WKK's geplaatst zullen worden waarmee deze rookgassen gebruikt kunnen worden in semi-gesloten kassen. Parallel daaraan wordt er vanuit gegaan dat er een externe CO₂-bron aangeboord kan worden binnen de tijdshorizon. De huidige WKK's en rookgasreinigers zijn daarbij een tussenstap in de transitie.

5.3.3 Warmteafzet

Er is vanuit gegaan dat een eventueel surplus aan laagwaardige warmte van KWO gebruikt wordt in een naastgelegen kas, of met behulp van koeltorens in de winter/ nacht wordt weggekoeld. In dit laatste geval is het hoofddoel van KWO de koeling en dient de energiebesparing in relatie tot alternatieven voor koeling beschouwd te worden.

5.3.4 Back-up warmte

In de transitie zullen in eerste instantie gasketels en WKK's zorgen voor de back-up warmte. Als we wat verder in de toekomst kijken kunnen hier ook alternatieven voor in de plaats komen. Denk hierbij aan bio-olie, hout of warmtepompen.

5.3.5 Kastype

Voor de eerste gesloten kassen wordt er vanuit gegaan dat dit semi-gesloten venlokkassen zullen worden. Dit sluit ook aan bij de groenteteelt, waarbij licht een belangrijke factor is, daarbij is het meest economisch. In de toekomst of bij de overige teelten zijn ook andere kastypen mogelijk.

Bijlage 1 Tomaat

AGRIPORT A7 1 en 2 Tomaten teelt		Referentie	Semi gesloten kas, ΔT 13°C	Semi gesloten kas, ΔT 19°C	Semi gesloten kas, ΔT 13°C met LED (50% reductie)	Gesloten kas, ΔT 19°C	Airco kas, ΔT 13°C	Kas zonder Gas
Oppervlak gesloten	%		0%	10%	10%	10%	10%	50%
Gasverbruik	m3	674.928	667.080	667.080	726.302	667.080	667.080	-
	kWh/m2	593	586	586	638	586	586	-
T.o.v. de referentie	%		99%	99%	108%	99%	99%	0%
Warmte overschot	m3	-	49.035,4-	49.035-	-	40.187-	33.235-	37.071-
	m3/m2	-	4,9-	4,9-	-	4,0-	3,3-	3,7-
Elektriciteitsgebruik	kWh/m2	189	201	205	107	216	201	354
T.o.v. de referentie	%		106%	108%	57%	114%	106%	187%
Totale energie gebruik	kWh/m2	782	788	792	746	803	787	354
Percentage duurzaam	%		7%	7%	9%	6%	5%	40%
Percentage energie bespar	%		-1%	-1%	5%	-3%	-1%	55%
Emissie CO2	kg	816.091	869.323	891.723	448.057	953.323	865.403	1.983.520
	kg/m2	82	87	89	45	95	87	198
T.o.v. de referentie	%		-7%	-9%	45%	-17%	-6%	-143%
Totale water vraag	m3		35.775	28.557	35.775	24.115	25.837	163.183
Water voor gehele kas	m3/ha		35.775	28.557	35.775	24.115	25.837	163.183
Water voor gesloten deel	m3/ha		357.748	285.570	357.748	241.148	258.373	326.366
Debiet van de putten	m3/uur/ha		75	75	135	135	80	90
zonne energie/ primair	%		8%	8%	7%	6%	5%	85%

AGRIPORT A7 1 en 2 Tomaten teelt wkk 0,3 MW/ha		Referentie	Semi gesloten kas, ΔT 13°C	Semi gesloten kas, ΔT 19°C	Semi gesloten kas, ΔT 13°C met LED (50% reductie)	Gesloten kas, ΔT 19°C	Airco kas, ΔT 13°C	Kas zonder Gas
Oppervlak gesloten	%		0%	35%	35%	35%	35%	50%
Gasverbruik	m3	674.928	333.540	333.540	417.705	340.418	364.751	-
	kWh/m2	593	293	293	367	299	321	-
T.o.v. de referentie	%		66%	66%	82%	67%	72%	0%
Warmte overschot	m3	-	24.092,1-	24.092-	-	-	-	37.071-
	m3/m2	-	2,4-	2,4-	-	-	-	3,7-
Elektriciteitsgebruik	kWh/m2	189	231	245	137	284	219	354
T.o.v. de referentie	%		122%	130%	72%	150%	116%	187%
Totale energie gebruik	kWh/m2	782	524	538	504	583	539	354
Percentage duurzaam	%		30%	30%	31%	26%	24%	47%
Percentage energie bespari	%		18%	15%	21%	8%	15%	44%
Emissie CO2	kg	816.091	971.814	1.038.454	789.154	1.233.955	968.107	1.685.992
	kg/m2	82	97	104	79	123	97	169
T.o.v. de referentie	%		22%	16%	36%	1%	22%	-36%
Totale water vraag	m3		125.212	99.950	125.212	84.402	90.431	163.183
Water voor gehele kas	m3/ha		125.212	99.950	125.212	84.402	90.431	163.183
Water voor gesloten deel	m3/ha		357.748	285.570	357.748	241.148	258.373	326.366
Debiet van de putten	m3/uur/ha		75	75	135	135	80	90
zonne energie/ primair	%		40%	38%	42%	29%	28%	85%

AGRIPORT A7 1 en 2 Tomaten teelt wkk 0,0 MW/ha		Referentie	Semi gesloten kas, ΔT 13°C	Semi gesloten kas, ΔT 19°C	Semi gesloten kas, ΔT 13°C met LED (50% reductie)	Gesloten kas ΔT 19°C	Airco kas, ΔT 13°C	Kas zonder gas
Oppervlak gesloten	Eenheid		0%	65%	65%	65%	65%	50%
Gasverbruik	m3	674.928	-	-	80.666	29.925	75.115	-
	kWh/m2	593	0	-	71	26	66	-
T.o.v. de referentie	%		0%	0%	24%	9%	22%	0%
Warmte overschot	m3	-	27.590,1-	27.590-	-	-	-	37.071-
	m3/m2	-	2,8-	2,8-	-	-	-	3,7-
Elektriciteitsgebruik	kWh/m2	189	267	293	173	365	241	354
T.o.v. de referentie	%		141%	155%	92%	193%	127%	187%
Totale energie gebruik	kWh/m2	782	267	293	244	391	307	354
Percentage duurzaam	%		61%	61%	64%	53%	50%	61%
Percentage energie bespar	%		45%	40%	50%	20%	37%	28%
Emissie CO2	kg	816.091	822.976	903.056	676.888	1.176.542	874.907	1.090.936
	kg/m2	82	82	90	68	118	87	109
T.o.v. de referentie	%		51%	46%	59%	29%	48%	35%
Totale water vraag	m3		232.536	185.621	232.536	156.746	167.943	163.183
Water voor gehele kas	m3/ha		232.536	185.621	232.536	156.746	167.943	163.183
Water voor gesloten deel	m3/ha		357.748	285.570	357.748	241.148	258.373	326.366
Debiet van de putten	m3/uur/ha		75	75	135	135	80	90
zonne energie/ primair	%		109%	100%	120%	63%	69%	85%

Bijlage 2 Paprika

AGRIPOORT A7 1 en 2 Paprika teelt		Referentie	Semi gesloten kas, ΔT 13°C	Semi gesloten kas, ΔT 19°C	Semi gesloten kas, ΔT 13°C met LED (50% reductie)	Gesloten kas, ΔT 19°C	Airco kas, ΔT 13°C	Kas zonder gas
Eenheid								
Oppervlak gesloten	%	0%	10%	10%	10%	10%	10%	50%
Gasverbruik	m3	666.160	643.965	643.965	643.965	643.965	643.965	-
	kWh/m2	586	566	566	566	566	566	-
T.o.v. de referentie	%		97%	97%	97%	97%	97%	0%
Warmte overschot	m3	-	34.688,3-	34.688-	20.828-	25.840-	18.888-	34.307-
	m3/m2	-	3,5-	3,5-	2,1-	2,6-	1,9-	3,4-
Elektriciteitsgebruik	kWh/m2	34	46	50	34	61	45	199
T.o.v. de referentie	%		135%	147%	100%	180%	133%	588%
Totale energie gebruik	kWh/m2	619	612	616	600	627	611	199
Percentage duurzaam	%		12%	12%	13%	10%	9%	58%
Percentage energie bespar	%		1%	1%	3%	-1%	1%	68%
Emissie CO2	kg	19.608-	8.086	30.486	59.345-	92.086	4.166	1.113.364
	kg/m2	2-	1	3	6-	9	0	111
T.o.v. de referentie	%		141%	255%	-203%	570%	121%	5778%
Totale water vraag	m3		35.775	28.557	35.775	24.115	25.837	163.183
Water voor gehele kas	m3/ha		35.775	28.557	35.775	24.115	25.837	163.183
Water voor gesloten deel	m3/ha		357.748	285.570	357.748	241.148	258.373	326.366
Debiet van de putten	m3/uur/ha		75	75	135	135	80	90
zonne energie/ primair	%		8%	8%	8%	7%	6%	151%

AGRIPOORT A7 1 en 2 Paprika teelt wkk 0,3 MW/ha		Referentie	Semi gesloten kas, ΔT 13°C	Semi gesloten kas, ΔT 19°C	Semi gesloten kas, ΔT 13°C met LED (50% reductie)	Gesloten kas, ΔT 19°C	Airco kas, ΔT 13°C	Kas zonder gas
Eenheid								
Oppervlak gesloten	%	0%	35%	35%	35%	35%	35%	50%
Gasverbruik	m3	666.160	325.783	325.783	325.783	339.311	363.645	-
	kWh/m2	586	286	286	286	298	320	-
T.o.v. de referentie	%		64%	64%	64%	67%	72%	0%
Warmte overschot	m3	-	17.441,7-	17.442-	3.582-	-	-	34.307-
	m3/m2	-	1,7-	1,7-	0,4-	-	-	3,4-
Elektriciteitsgebruik	kWh/m2	34	76	90	64	128	63	199
T.o.v. de referentie	%		224%	266%	189%	379%	187%	588%
Totale energie gebruik	kWh/m2	619	362	376	350	427	383	199
Percentage duurzaam	%		43%	42%	44%	30%	32%	64%
Percentage energie bespar	%		25%	22%	27%	11%	20%	59%
Emissie CO2	kg	19.608-	235.174	301.814	177.858	616.938	243.305	946.359
	kg/m2	2-	24	30	18	62	24	95
T.o.v. de referentie	%		39%	22%	54%	-59%	37%	-145%
Totale water vraag	m3		125.212	99.950	125.212	84.402	90.431	163.183
Water voor gehele kas	m3/ha		125.212	99.950	125.212	84.402	90.431	163.183
Water voor gesloten deel	m3/ha		357.748	285.570	357.748	241.148	258.373	326.366
Debiet van de putten	m3/uur/ha		75	75	135	135	80	90
zonne energie/ primair	%		52%	52%	52%	44%	34%	151%

AGRIPORT A7 1 en 2 Paprika teelt wkk 0,0 MW/ha		Referentie	Semi gesloten kas, ΔT 13°C	Semi gesloten kas, ΔT 19°C	Semi gesloten kas, ΔT 13°C met LED (50% reductie)	Gesloten kas, ΔT 19°C	Alrco kas, ΔT 13°C	Kas zonder gas
Oppervlak gesloten	Eenheid		0%	65%	65%	65%	65%	50%
Gasverbruik	m3	666.160	-	-	-	32.688	77.878	-
	kWh/m2	586	0	-	-	29	68	-
T.o.v. de referentie	%		0%	0%	0%	5%	12%	0%
Warmte overschot	m3	-	24.826,9-	24.827-	10.967-	-	-	34.307-
	m3/m2	-	2,5-	2,5-	1,1-	-	-	3,4-
Elektriciteitsgebruik	kWh/m2	34	112	138	100	209	85	199
T.o.v. de referentie	%		331%	408%	295%	619%	252%	588%
Totale energie gebruik	kWh/m2	619	112	138	100	238	154	199
Percentage duurzaam	%		80%	78%	81%	65%	62%	76%
Percentage energie bespar	%		82%	78%	84%	62%	75%	68%
Emissie CO2	kg	19.608-	344.390	424.470	307.303	702.875	401.239	612.350
	kg/m2	2-	34	42	31	70	40	61
T.o.v. de referentie	%		1856%	2265%	1667%	3685%	2146%	3223%
Totale water vraag	m3		232.536	185.621	232.536	156.746	167.943	163.183
Water voor gehele kas	m3/ha		232.536	185.621	232.536	156.746	167.943	163.183
Water voor gesloten deel	m3/ha		357.748	285.570	357.748	241.148	258.373	326.366
Debiet van de putten	m3/uur/ha		75	75	135	135	80	90
zonne energie/ primair	%		262%	212%	293%	104%	137%	151%

Bijlage 3 Overig

AGRIPORT A7 1 en 2 Overige teelt		Referentie	Semi gesloten kas, ΔT 13°C	Semi gesloten kas, ΔT 19°C	Semi gesloten kas, ΔT 13°C met LED (50% reductie)	Gesloten kas, ΔT 19°C	Airco kas, ΔT 13°C	Kas zonder gas
Oppervlak gesloten	Eenheid		0%	10%	10%	10%	10%	50%
Gasverbruik	m3	705.568	655.962	655.962	686.958	657.534	664.486	-
	kWh/m2		620	577	577	604	578	-
T.o.v. de referentie	%			93%	93%	97%	93%	94%
Warmte overschot	m3	0	7.276,7-	7.277-	-	-	-	884-
	m3/m2	0	0,7-	0,7-	-	-	-	0,1-
Elektriciteitsgebruik	kWh/m2	74	86	90	53	101	85	239
T.o.v. de referentie	%			116%	122%	71%	136%	115%
Totale energie gebruik	kWh/m2	694	663	667	657	679	669	239
Percentage duurzaam	%			10%	10%	11%	8%	7%
Percentage energie bespar	%			5%	4%	5%	2%	4%
Emissie CO2	kg	249.592	228.493	250.893	97.466	315.291	239.746	1.338.400
	kg/m2	25	23	25	10	32	24	134
T.o.v. de referentie	%			8%	-1%	61%	-26%	4%
Totale water vraag	m3		35.775	28.557	35.775	24.115	25.837	163.183
Water voor gehele kas	m3/ha		35.775	28.557	35.775	24.115	25.837	163.183
Water voor gesloten deel	m3/ha		357.748	285.570	357.748	241.148	258.373	326.366
Debiet van de putten	m3/uur/ha		75	75	135	135	80	90
zonne energie/ primair	%			8%	8%	7%	6%	6%

AGRIPORT A7 1 en 2 Overige teelt wkk 0,3 MW/ha		Referentie	Semi gesloten kas, ΔT 13°C	Semi gesloten kas, ΔT 19°C	Semi gesloten kas, ΔT 13°C met LED (50% reductie)	Gesloten kas, ΔT 19°C	Airco kas, ΔT 13°C	Kas zonder gas
Oppervlak gesloten	Eenheid		0%	35%	35%	35%	35%	50%
Gasverbruik	m3	705.568	345.635	345.635	383.908	376.605	400.938	-
	kWh/m2		620	304	304	337	331	352
T.o.v. de referentie	%			68%	68%	75%	74%	79%
Warmte overschot	m3	0	-	-	-	-	-	884-
	m3/m2	0	-	-	-	-	-	0,1-
Elektriciteitsgebruik	kWh/m2	74	116	130	83	169	104	239
T.o.v. de referentie	%			61%	69%	44%	89%	55%
Totale energie gebruik	kWh/m2	694	420	434	420	500	456	239
Percentage duurzaam	%			35%	32%	38%	29%	26%
Percentage energie bespar	%			34%	32%	34%	21%	28%
Emissie CO2	kg	249.592	542.431	620.831	354.846	750.016	571.149	1.137.640
	kg/m2	25	54	62	35	75	57	114
T.o.v. de referentie	%			56%	50%	71%	40%	54%
Totale water vraag	m3		125.212	99.950	125.212	84.402	90.431	163.183
Water voor gehele kas	m3/ha		125.212	99.950	125.212	84.402	90.431	163.183
Water voor gesloten deel	m3/ha		357.748	285.570	357.748	241.148	258.373	326.366
Debiet van de putten	m3/uur/ha		75	75	135	135	80	90
zonne energie/ primair	%			50%	52%	45%	36%	31%

AGRIPORT A7 1 en 2 Overige teelt wkk 0,0 MW/ha		Referentie	Semi gesloten kas, ΔT 13°C	Semi gesloten kas, ΔT 19°C	Semi gesloten kas, ΔT 13°C met LED (50% reductie)	Gesloten kas, ΔT 19°C	Airco kas, ΔT 13°C	Kas zonder gas
Oppervlak gesloten	%		0%	65%	65%	65%	65%	50%
Gasverbruik	m3	705.568	8.597	8.597	46.869	66.112	111.302	-
	kWh/m2	620	8	8	41	58	98	-
T.o.v. de referentie	%		1%	1%	7%	9%	16%	0%
Warmte overschot	m3	0	-	-	-	-	-	884-
	m3/m2	0	-	-	-	-	-	0,1-
Elektriciteitsgebruik	kWh/m2	74	152	178	119	250	125	239
T.o.v. de referentie	%		205%	241%	160%	337%	170%	323%
Totale energie gebruik	kWh/m2	694	160	186	160	308	223	239
Percentage duurzaam	%		69%	68%	71%	58%	54%	67%
Percentage energie bespar	%		77%	73%	77%	56%	68%	66%
Emissie CO2	kg	249.592	483.462	563.542	449.178	886.139	584.504	736.120
	kg/m2	25	48	56	45	89	58	74
T.o.v. de referentie	%		-94%	-126%	-80%	-255%	-134%	-195%
Totale water vraag	m3		232.536	185.621	232.536	156.746	167.943	163.183
Water voor gehele kas	m3/ha		232.536	185.621	232.536	156.746	167.943	163.183
Water voor gesloten deel	m3/ha		357.748	285.570	357.748	241.148	258.373	326.366
Debiet van de putten	m3/uur/ha		75	75	135	135	80	90
zonne energie/ primair	%		183%	158%	183%	80%	95%	126%