

# Eindrapport “De ORC komt in de kas”



Februari 2010

Eindrapport door:



Erik Koolwijk

In opdracht van:



Ruud Olij

Tel.: 030 – 6911844  
Fax.: 030 – 6911765

Achterweg 73  
1424 PP De Kwakel

Projectnummer: 10.312  
[www.cogenprojects.nl](http://www.cogenprojects.nl)

*Dit project wordt mede ondersteund door:*



Ministerie van Landbouw, Natuur en  
Voedselkwaliteit



- *Het ministerie van LNV in samenwerking met het Productieschap Tuinbouw (PT) in het kader van de DEMO regeling voor kennisoverdracht van innovatieve technologie;*
- *De provincie Noord Holland via de Deelverordening landbouw en Visserij Noord-Holland 2004.*

## VOORWOORD

Vanaf 1 januari 2007 tot 28 februari 2010 is op het bedrijf van Ruud Olij in de Kwakel de combinatie van een ORC met een aardgasWKK gedemonstreerd. Olij heeft hiermee als eerste ter wereld laten zien dat het mogelijk is een ORC met een gasmotorWKK te bedienen. Dit eindrapport beschrijft het oorspronkelijke projectplan, de doorloop van het project en de bereikte resultaten en de belangrijkste leerpunten.

In grote lijnen kan gesteld worden dat het project in hoge mate heeft bijgedragen aan kennisontwikkeling over de toepassing van een ORC. Honderden bedrijven van zowel binnen- als buiten de tuinbouw hebben interesse getoond in het project door aanwezigheid op open dagen, excursies of via vragen per mail op presentaties. Ondanks de nodige problemen kijken we tevreden terug op het project. Met name op technisch vlak is er veel geleerd over de ORC. Er is aangetoond dat een ORC goed kan draaien in combinatie met WKK. De inpassing van de ORC met rookgasreiniging, rookgaskoelers en –condensoren is complex maar goed beheersbaar en op gebied van de milieuvergunning levert de installatie geen problemen op.

De toepassing van een ORC achter een traditionele aardgas WKK blijkt momenteel echter geen haalbare investering. Haalbaarheidsberekeningen naar de toepassing van een ORC achter een bioWKK laten zien dat dit een rendabele investering is. De voorwaarden voor een bioWKK zijn dermate gunstig dat deze ook een hoge bedrijfstijd zal hebben waardoor de ORC ook beter rendeert. De ORC zal dus waarschijnlijk vaker toegepast gaan worden in combinatie met BioWKK in de komende tijd.

Het projectteam van ‘De ORC komt in de kas’

## INHOUDSOPGAVE

<b>Samenvatting/Voorwoord.....</b>	<b>a</b>
<b>1. Samenvatting Subsidie aanvraag 2006 .....</b>	<b>1</b>
1.1. Het bedrijf Olij en doelstelling .....	1
Olij Collection BV.....	1
De Tri-O-Gen ORC.....	1
1.2. Doelgroep en ontwikkelde kennis .....	2
Doelgroep.....	2
Voordelen voor de sector .....	2
Ontwikkelde kennis .....	2
1.3. Besparingspotentieel .....	3
Potentieel voor de sector.....	3
Besparing op bedrijfsniveau.....	3
1.4. Draagt de vernieuwing bij aan kennisontwikkeling? .....	4
1.5. Wat zijn de risico's en knelpunten in het project?.....	4
1.6. Wat zijn de risico's als het einddoel niet bereikt wordt ? .....	5
<b>2. Doorloop project en leermomenten .....</b>	<b>6</b>
2.1. Ontwerpen en inpassen van de ORC .....	6
2.2. Opstarten en optimaliseren van de ORC .....	8
2.3. Bedrijfsvoering van de ORC .....	9
<b>3. Analyse Resultaten .....</b>	<b>11</b>
3.1. Draaiuren ORC en financieel plaatje.....	11
3.2. Verwachting voor 2010.....	12
3.3. Analyse besparingspotentieel.....	13
3.4. Potentieel voor de sector .....	14
<b>4. Conclusies .....</b>	<b>16</b>

## 1. SAMENVATTING SUBSIDIE AANVRAAG 2006

### 1.1. Het bedrijf Olij en doelstelling

#### *Olij Collection BV*

Het demonstratieproject met de ORC in de kas is uitgevoerd op het glastuinbouwbedrijf van R. Olij. Dit bedrijf is zeer vooruitstrevend in de tuinbouwsector en heeft zowel nationaal als internationaal een zeer goede naam opgebouwd. Het bedrijf heeft in De Kwakel, Nederland een totale oppervlakte van 91.500 m<sup>2</sup> (glasopstanden). De ORC is geplaatst achter de nieuwe WKK installatie van 2.014 kWe die gedeelte ter grootte van 65.000 m<sup>2</sup> van warmte voorziet.

Het primaire doel van het project is het testen en demonstreren van de ORC techniek in de (glas)tuinbouw en aantonen dat het mogelijk is om uit de warmte van uitlaatgassen van een WKK extra elektriciteit te produceren. Belangrijke aspecten In de DEMO zijn:

- Kwantificeren van energiebesparingpotentieel op bedrijfs- en sectorniveau;
- Inpasbaarheid van ORC (bouwen, testen en demonstreren)
- Vaststellen consequenties voor bedrijfsvoering;
- Vergroten van inzicht in herhalingspotentieel in de (glas)tuinbouw sector;
- Vaststellen technische-, juridische- en economische haalbaarheid.

Het tweede doel van het project is om middels een actieve sector communicatie de opgedane kennis over de toepasbaarheid van de ORC techniek bekend te maken in de (glas)tuinbouw.

#### *De Tri-O-Gen ORC*

De ORC van de firma Tri-O-Gen heeft in de jaren voorafgaand aan deze demonstratie een succesvol ontwikkelingstraject doorlopen en de '0-serie' wordt in een aantal verschillende situaties gedemonstreerd. Het typisch vermogen van de ORC is ca. 160 KWe waarbij de WKK minimaal 1600 KWe groot is.

Deze ORC techniek heeft een aantal voordelen:

- Overbodige restwarmte wordt omgezet in nuttige elektriciteit;
- Het elektrisch rendement op bedrijfsniveau wordt verhoogd;
- Lage onderhoudskosten;
- Toepasbaar op diverse gewassen en diverse bedrijfsomvang;
- Er een groot herhalingspotentieel binnen de (glas)tuinbouw mogelijk;
- Reductie gebruik fossiele brandstoffen;
- Toepassing in combinatie met biobrandstoffen.

## 1.2. Doelgroep en ontwikkelde kennis

### *Doelgroep*

De primaire doelgroep zijn ondernemers in de volledige (glas)tuinbouw waar intensief belicht wordt met behulp van WKK. Het voordeel van de ORC is dat de tuinder kan kiezen of hij overtollige warmte uit de WKK inzet ten behoeve van kasverwarming of ten behoeve van elektriciteitsproductie. Deze groep is momenteel circa 2500 ha groot met de verwachting dat dit op termijn kan doorgroeien naar circa 4000 ha (in 2010, bron KPMG/LEI). Ook tuinders met een WKK die deze inzetten voor netlevering behoren tot de doelgroep en vergroten het mogelijke herhalingspotentieel.

NB: Gedurende het project bleek de belangrijkste specifieke doelgroep de ondernemers die zich willen richten op het toepassen van een WKK installatie op biomassa (houtstook, biogas of bio-olie).

De tweede doelgroep zijn installateurs en adviseurs uit de (glas)tuinbouw, die bekend moeten raken met de techniek.

### *Voordelen voor de sector*

De toepassing van de ORC betekent voor de tuinder dat hij kan kiezen voor het benutten van de warmte uit de WKK of het omzetten van warmte naar elektriciteit. De tuinder krijgt door de ORC de beschikking over een WKK met variabele kracht/warmteverhouding. Belangrijke effecten hierbij zijn:

- Door toepassing van de ORC zal een mogelijk warmteoverschot nuttig ingezet kunnen worden.
- Er is meer elektriciteit te produceren uit eenzelfde hoeveelheid gas.

Het effect voor de sector is dat de toepassing van de ORC leidt tot een verbeterde aanstuurstrategie voor WKK's waardoor effectiever gebruik wordt gemaakt van gas. Uiteindelijk leidt de toepassing van ORC tot energiebesparing op zowel sector als op bedrijfsniveau. Tevens krijgt de sector door het toepassen van een ORC de mogelijkheid om overbodige restwarmte om te zetten in nuttige elektriciteit.

### *Ontwikkelde kennis*

De voordelen van de toepassing van de ontwikkelde kennis in dit project zijn:

1. Zicht op kostenverlaging in de tuinbouw waardoor de concurrentiepositie behouden kan blijven;
2. Flexibiliteit in de inzet van warmte ten behoeve van elektriciteitsproductie óf warmtelevering aan de kas;
3. Bijdragen aan het oplossen van het CO<sub>2</sub>-probleem door vermindering verbruik fossiele brandstoffen
4. Vergroting van breder maatschappelijk draagvlak voor de sector. Vanwege het toepassen milieuvriendelijke oplossingen

### 1.3. Besparingspotentieel

#### Potentieel voor de sector

Op basis van de gegeven uitgangspunten komen onder andere (maar niet uitsluitend) de volgende gewassen in ieder geval in aanmerking voor de toepassing van een ORC: tomaten, rozen, chrysanten, gerbera etc.

Op basis van de uitgangspunten ligt het herhalingspotentieel bij ca 2500 ha belicht tuinbouwareaal in 2006. Een typische opgesteld WKK vermogen in de tuinbouw bij intensief belichte teelten is 500 kWe/ha. Met een penetratiegraad van (in 2006) 60% staat er momenteel circa 750 MWe WKK bij belichtende tuinders. Voor de ORC is minimaal 1,6 MWe WKK vermogen nodig. Dit biedt een theoretisch potentieel van circa 469 ORC's als al het WKK vermogen voorzien zou worden van een ORC.

Bij de berekening van de energiebesparing is er vanuit gegaan dat de ORC circa 50% nuttige warmte gebruikt. De besparing is hiervoor gecorrigeerd. Aan primaire energie is dit 75/42% elektrisch - 38/90% thermisch = 137 MW(primair). Met 5000 draaiuren per jaar betekent dit voor de glastuinbouwsector een theoretische besparing op aardgas van bijna 77 miljoen m<sup>3</sup>/jr en aan CO<sub>2</sub> van ruim 139 duizend ton. Met de voorspellingen voor 2010 van 4000 ha belicht areaal en een hogere penetratiegraad (75%) wordt de theoretische besparing van CO<sub>2</sub> ruim 277 duizend ton.

Besparingspotentieel Sector					
		2006		2010	
belicht tuinbouwareaal	ha	2500		4000	
penetratie WKK		60%		75%	
netto areaal	ha	1500		3000	
WKK vermogen (500 kWe/ha)	MWe	750		1500	
Theoretisch aantal ORC's	-	469		938	
Vermogen ORC	kWe	160		160	
			correctie elektrisch thermisch	elektrisch	correctie thermisch
opgesteld	MW	75	38	150,0	75
rendement primair	%	42%	90%	42%	90%
primair	MW	179	42	357	83
besparing primair totaal	MW	137		274	
draaiuren	h/jr	5000		5000	
primaire energie	GWh/jr	685		1.369	
aardgasbesparing (*1000)	m <sup>3</sup> /jr	77.861		155.721	
ton CO <sub>2</sub>	ton/jr	138.592		277.183	

#### Besparing op bedrijfsniveau

In dit specifieke geval op het bedrijf van Olij wordt het aantal draaiuren begroot op 6500. Dit betekent voor het specifieke bedrijf een besparing van circa 215.000 m<sup>3</sup>

aardgas per jaar en 384 ton CO<sub>2</sub> per jaar, hetgeen een aanzienlijk besparing betekent.

Besparingspotentieel Olij			
		Olij	
Aantal ORC's	-	1	
Vermogen ORC	kWe	160	
		elektrisch	correctie thermisch
opgesteld	kW	160	80
rendement primair	%	42%	90%
primair	kW	381	89
besparing primair totaal	kW	292	
draaiuren	h/jr	6500	
primaire energie	MWh/jr	1.898	
aardgasbesparing	m <sup>3</sup> /jr	215.933	
CO <sub>2</sub>	Ton/jr	384	

#### 1.4. Draagt de vernieuwing bij aan kennisontwikkeling?

Een belangrijk deel van de kennisontwikkeling moet beschikbaar komen op het niveau van de ondernemers in de (glas)tuinbouw. De ondernemers komen in contact met de ORC techniek door de combinatie van testen, demonstreren en communiceren vanuit dit project. Het project geeft inzicht in de grootte van de ORC installatie, consequenties voor het aansturen en bedienen van een WKK in combinatie met ORC en de economie van het totale project.

Naast belichters kunnen ook niet belichtende tuinders met WKK (en mogelijk WKK op biogas of bio-olie) kunnen kiezen voor de ORC. Ook voor deze groep wordt de opgedane kennis van belang. Daarnaast kan de ORC eventueel toegepast worden in combinatie met biomassa gestookte ketels. Een succesvolle demonstratie van de ORC in de tuinbouw zal de ontwikkeling van dergelijke projecten ondersteunen.

#### 1.5. Wat zijn de risico's en knelpunten in het project?

Belangrijke knelpunten zijn de onbekendheid van de ORC-techniek en toepassingsmogelijkheden in de tuinbouwsector en bij actoren binnen de energiebranche in het algemeen. Deze demonstratie beoogt o.a. deze ORC toepassing bekendheid te geven

Een tweede knelpunt is dat inzicht in de ontwerptechnische en operationele aspecten van het onderhavige voorgestelde type installatie in de tuinbouwsector onbekend zijn. Deze demonstratie beoogt dit inzicht te verwerven, waarbij het noodzakelijk is een dergelijke installatie op praktijkschaal te bouwen.

Een derde knelpunt is het gebrek aan concrete ervaring met de integratie van de ORC-techniek op bedrijven in de tuinbouwsector. Deze demonstratie beoogt ervaring met de technologie op te doen.

Een vierde knelpunt wordt gevormd door het feit dat er technische en financiële ervaring moet worden opgedaan, om de specifieke voordelen voor de glastuinbouw te kunnen verifiëren. De demonstratie beoogt de technische en financiële onzekerheden te kaderen en te beperken.

#### **1.6. Wat zijn de risico's als het einddoel niet bereikt wordt ?**

Een risico bij het niet bereiken van het einddoel is dat er onvoldoende (glas)tuinbouw ondernemers worden bereikt. Ditzelfde geldt voor de verschillende gewassen en de diverse bedrijfsgroottes.

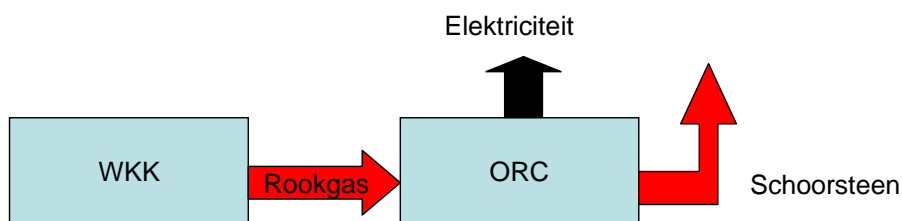
Een ander mogelijke risico is dat het huidige inzicht qua toepasbaarheid na het doorlopen van de demonstratie moet worden bijgesteld.



## 2. DOORLOOP PROJECT EN LEERMOMENTEN

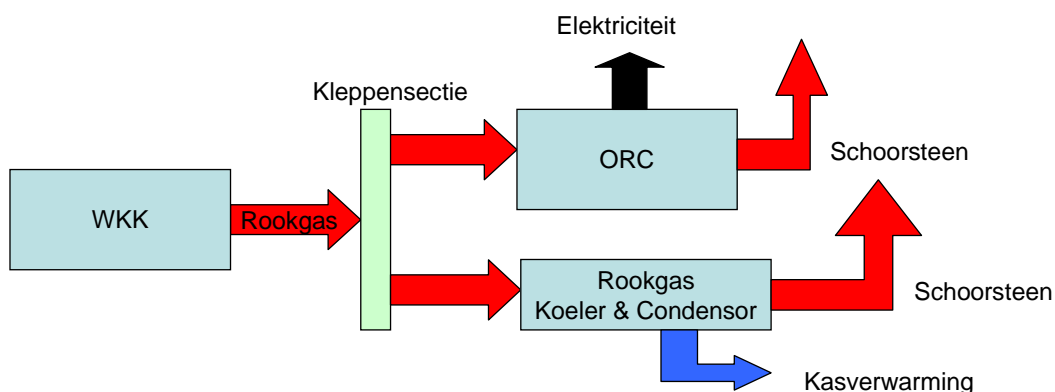
### 2.1. Ontwerpen en inpassen van de ORC

Na aanvraag van de demonstratiesubsidie is het project gestart. De ORC zou door Triogen in de zomer van 2007 achter de WKK geplaatst worden. Het eerste ontwerp was dat de ORC installatie *direct* achter de WKK geplaatst zou worden en daardoor altijd zou draaien als de WKK aanstond. De restwarmte in de uitlaatgassen na de ORC zouden dan via de schoorsteen afgevoerd worden (figuur 1).



*Figuur 1: Originele ontwerp*

Vanwege het belang van de gasmotorWKK voor de warmtelevering op de bedrijven van Olij en het aangesloten cluster is na een heroverweging het ontwerp opnieuw aangepast. Op momenten van grote warmtevraag is de uitvoering van de gehele energie-installatie zo aangepast dat Olij ervoor kon kiezen om de ORC af te schakelen om zo maximaal warmte uit de WKK te kunnen benutten. Daarvoor moest een kleppensectie worden aangebracht die deze aansturing mogelijk maakte. De ORC moest daardoor ingepast worden in het bestaande systeem met rookgaskoeling en condensor. Dit bleek een zeer complexe inpassing, die in het verloop van het project tot extra complicaties heeft geleid.

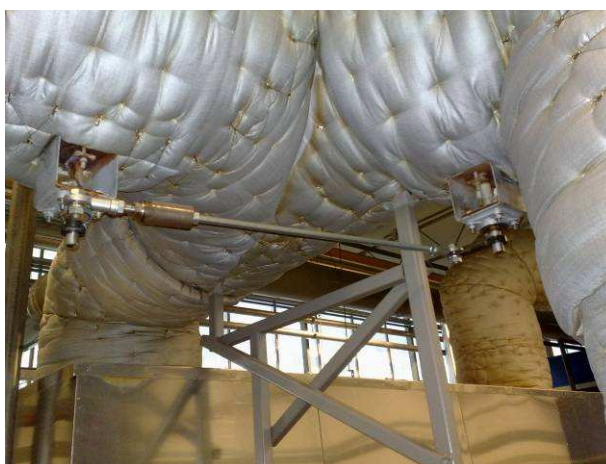


*Figuur 2: Aangepast ontwerp met keuze voor warmte of elektriciteit*

Voorafgaand aan de plaatsing heeft de ORC eerst een periode proefgedraaid op de fabriek. Tijdens het proefdraaien werden een aantal kleine problemen zichtbaar welke moesten worden verholpen. Hier is meer tijd in gaan zitten. Ook de benodigde aanpassingen met het leidingwerk zoals hierboven omschreven heeft vertraging tot gevolg gehad. De ORC unit is uiteindelijk in oktober 2007 geplaatst en heeft toen zijn eerste testruns gemaakt. Na de eerste testruns bleken er nog enkele problemen te zijn met o.a. de besturing, warmtewisselaars en afsluiters in het rookgaskanaal. Uiteindelijk is de ORC op 22 januari 2008 voor de eerste keer met succes opgestart.

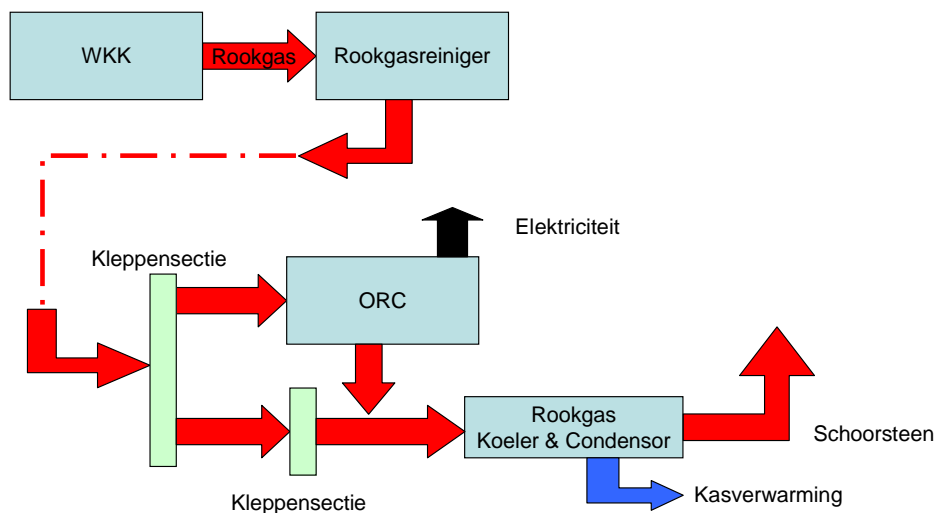
**Leermoment 1**

*Het is een leerproces geweest om de eerste ORC ter wereld in combinatie met een gasmotorWKK goed te laten functioneren. Het toevoegen van de keuzemogelijkheid voor elektriciteit of warmte heeft veel tijd gekost.*



*Figuur 3: Detail kleppensectie*

Een aanvullend complicerende factor was de wens om ook de CO<sub>2</sub> van de WKK te kunnen gebruiken voor CO<sub>2</sub> doseren in de kas. Daardoor werd de inpassing van een rookgasreiniger in het systeem noodzakelijk. Ook moesten de rookgassen door een rookgaskoeler en condensor worden geleid. De inpassing van de rookgaskoeler en condensor na de ORC was niet voorzien.



*Figuur 4: Definitief ontwerp met keuze voor warmte of elektriciteit en inpassing rookgasreiniging*

In week 14 in 2008 is de rookgasreiniger geïnstalleerd en vanaf week 15 draaide deze ook. De chemische reactie bij het reinigen van de rookgassen verhoogt de temperatuur van de rookgassen met een paar graden, hetgeen iets bijdraagt aan het rendement van de ORC. Met name het inregelen van rookgaskleppen in samenspel met het opstarten van de ORC bleek niet eenvoudig doordat er terugstroming in het systeem optrad.

### Leermoment 2

*Het inpassen van de rookgasreiniger en wens om de rookgassen voor CO<sub>2</sub> bemesting te gebruiken heeft veel tijd en energie gekost en leidde tot een zeer complexe installatie.*

## 2.2. Opstarten en optimaliseren van de ORC

Een belangrijke tegenvaller in het project is de constatering dat de ORC installatie minder elektrisch vermogen levert dan oorspronkelijk voorzien. Het gegarandeerde netto vermogen was 145 kW, maar de uiteindelijke geleverde maximale netto vermogen is 135 kW. Dit wordt met name veroorzaakt door een te hoge drukval in de condensor van de ORC en recuperator in het ORC systeem. In nieuwe installaties (zoals bij de Tongelreep in Eindhoven waar ook een TriOGen ORC staat) worden inmiddels hogere omzettingsrendementen gerealiseerd.

### Leermoment 3

*Het elektrisch omzettingsrendement van de ORC bij Olij bleek aanzienlijk lager dan verwacht. Bij aanschaf dienen door de leverancier goede garanties te worden afgegeven.*

De WKK van Olij heeft een grootte van 2 MWe. Bij de bedrijfsvoering van Olij draait deze WKK met name in het tweede en derde kwartaal van het jaar echter op 75% last met een vermogen van 1,5 MW vanwege beperkingen in de elektrische aansluiting. Dit heeft ook gevolgen voor de beschikbare warmte in de rookgassen van de WKK. In eerste instantie kon de ORC alleen opgestart worden wanneer de WKK op vollast draaide en alle warmte beschikbaar was. Nadat Tri-O-Gen de besturing heeft aangepast kon de ORC ook opstarten met de WKK op 75% last.

**Leermoment 4**

*Pas na aanpassing van de aansturing van de ORC was het mogelijk om op te wanneer de WKK in deellast draait. Het beschikbare thermische vermogen van de warmtebron is van groot belang voor het goed opereren van de ORC.*

In de tweede helft van 2008 en na de noodzakelijke aanpassingen en uitbreidingen heeft de ORC vrijwel zonder problemen gedraaid. Een probleem wat zich nog wel af en toe voordeed was dat het tolueenfilter vervuild raakt. Tolueen is de stof, die gebruikt wordt als werkmedium in de ORC cyclus. Tevens smeert de tolueen de lagers van de expansie- turbine.

Het probleem met betrekking tot de vervuiling van de filters is door een aanpassing structureel verholpen. Ook is in deze periode het rookgaskanaal beter geïsoleerd om de rendementen nog iets te verbeteren.

**Leermoment 5**

*Vervuiling van filters is een belangrijk aandachtspunt bij deze ORC. Door het ontwerp van de installatie te verbeteren is dit goed te verhelpen.*

**2.3. Bedrijfsvoering van de ORC**

De eerste maanden van 2009 was het erg koud. Het leveren van warmte aan het cluster kreeg hier de voorkeur boven het produceren van elektriciteit met de ORC. Hierdoor heeft de ORC minder gedraaid. Vanaf maart ontstonden er problemen met de WKK (onverklaarbare storingen en uiteindelijke mechanische schade). De ORC heeft in deze periode maar weinig gedraaid doordat er geen warmte beschikbaar was. Uiteindelijk zijn de problemen met de WKK eind juni definitief opgelost. In 2009 heeft de ORC prima gefunctioneerd, maar zijn er weinig draaiuren gemaakt door voorgenoemde problemen.

**Leermoment 6**

*Het aantal draaiuren van de ORC is sterk afhankelijk geweest van warmtebehoefte cluster en de storingen van de WKK. De beschikbaarheid van warmte is cruciaal voor de ORC.*

In de zomer van 2009 is de turbogenerator volledig gecontroleerd door Triogen. Bij inspectie werden geen defecten gesignaleerd. Het ontwerp van de turbogenerator blijkt dus solide en aan de verwachtingen te voldoen. Bij het herplaatsen werd er echter te weinig werkmedium (Tolueen) toegevoegd. Het gevolg is dat de ORC nogmaals 14 weken niet heeft kunnen draaien.

**Leermoment 7**

*Het is van groot belang om voldoende werkmedium (tolueen) in het ORC systeem te handhaven. Dit zal gedurende de levensduur en bij regulier onderhoud van de ORC een belangrijk aandachtspunt moeten zijn*

Na de zomer heeft de ORC conform planning gedraaid, maar werd een geleidelijke afname van het rendement geconstateerd tot een netto vermogen van 125 kW bij vollast draaien van de WKK. De oorzaak ligt hoogstwaarschijnlijk in het feit dat de verdamper vervuild raakt doordat de ORC dagelijks aan- en uitgeschakeld wordt naar gelang het schakelen van de WKK.

Het aan- en uitschakelen veroorzaakt condens in de rookgassen in de verdamper, waardoor deze vervuilt. Hierdoor wordt de warmteoverdracht minder met als gevolg dat er minder elektriciteit wordt geproduceerd.

Voor de onderhoudstop in de winterperiode staat nu gepland om de verdamper te reinigen. De verwachting is dat na het schoonmaken het netto rendement bij vollast draaien verhoogd zal kunnen worden tot 130 kWe.

Het dagelijks opstarten heeft ook een nadelige invloed op het elektrisch rendement. Na het opstarten duurt het enige tijd voordat de optimale werktemperatuur bereikt is, hetgeen leidt tot verliezen tijdens de opstartfase. Een belangrijke tegenvaller is dat het aan- en uit schakelen van de WKK een negatief effect heeft op het rendement van de ORC.

**Leermoment 8**

*Het dagelijks opstarten en uitschakelen heeft een negatieve invloed op het elektrisch rendement. De ORC leent zich beter voor een continue bedrijf.*

### 3. ANALYSE RESULTATEN

#### 3.1. Draaiuren ORC en financieel plaatje

In het oorspronkelijke projectplan van 2006 is uitgegaan van 6.500 vollast draaiuren. Hierbij was het uitgangspunt echter dat de ORC direct achter de WKK geplaatst zou worden. Vanwege het belang van de WKK in energiehuishouding is er echter voor gekozen het ontwerp en de aansturing zodanig aan te passen dat bij warmtevraag de ORC uitgeschakeld wordt.

De aangepaste uitgangspunten voor de ORC en de draaiuren bij Olij zijn op basis van het aangepaste ontwerp als volgt vastgesteld:

- 5.000 draaiuren per jaar
- Een netto elektrisch vermogen van de ORC van 150 kW\*
- Gemiddelde elektriciteitsprijs 70 Euro/MWh (incl. SDE-subsidie)\*\*

Bij een netto opbrengst van 52.500 euro zou dit in het geval bij Olij Collection BV een economisch rendement opleveren bij een afschrijving in 10 jaar van 12% per jaar. De elektriciteitproductie van de ORC in 2008 en 2009 tijdens het project is daardoor als volgt geworden:

	2008	2009
<b>Draaiuren (uren)</b>	2578	2000
<b>Bruto elektriciteitproductie (kWh)</b>	Ca. 353.944	Ca. 267.000
<b>Netto elektriciteitsproductie (kWh)</b>	Ca. 330.323	Ca. 250.000

*Figuur 5: Resultaten en draaiuren ORC*

Het aantal draaiuren van de ORC is in 2008 en 2009 beperkt gebleven door de volgende oorzaken:

- Storingen aan ORC
- Storingen aan WKK
- Lagere stroomprijs in piekuren
- Afschakelen van de ORC bij hoge warmtevraag in de kas
- Lagere rozenprijzen, waardoor er minder belichting plaatsgevonden heeft
- Het wegvallen van de SDE-subsidie voor WKK's op gas bij terugleveren

Nadat de opstart- en aanloopproblemen waren opgelost heeft de ORC in het tweede gedeelte van 2008 naar behoren gedraaid en zij er 2578 draaiuren gemaakt.

Vergeleken met een centrale opwekking in Nederland heeft de ORC daarmee in 2008 de uitstoot van 169 ton CO<sub>2</sub> voorkomen. De financiële opbrengst in 2008 is als volgt: 2578 uur x 128kW = 330 MWh x ca. € 70 = ca. €23.100,-.

In 2009 zijn er de koude winter en genoemde problemen in de doorloop van het project is het aantal draaiuren beperkt gebleven tot ca. 2.000 vollast draaiuren met een netto productie van ca. 250.000 kWh. Dit komt overeen met zo'n 105 ton CO<sub>2</sub>. De financiële opbrengst in 2009 is ongeveer als volgt zijn: 200 MWh x ca. € 60 = ca. € 12.000,-.

### 3.2. Verwachting voor 2010

Met de opgedane ervaring uit 2008 en 2009 is een nieuwe raming gedaan voor de haalbare draaiuren met de ORC in de situatie bij Olij. In de wintermaanden van 2009/2010 worden nog aanpassingen aan de installatie, waaronder het schoonmaken van de verdamper. Hierdoor zal het elektrisch vermogen naar verwachting bij vollast op 130 kW komen. Bij een storingsvrije ORC en geen nieuwe problemen met de WKK lijkt het mogelijk om circa 4.000 vollast draaiuren met de ORC te maken. Het draaipatroon is afhankelijk van een aantal factoren:

- De verwachte elektriciteitsprijs in 2010 volgens de huidige termijnprijzen in 2010 op de Endex.
- Uren dat er gekozen zal worden voor warmtelevering aan het cluster. Door een andere leveringsconstructie zullen er minder uren afgeschakeld gaan worden voor warmte-levering.
- In één afdeling van Olij Collection is nog geen donkerscherm geplaatst. Indien besloten wordt om dit scherm te plaatsen (mogelijk in de loop van 2010) zou de ORC ook meer uren kunnen gaan draaien.

Al met al is het draaipatroon afhankelijk van bovenstaande factoren en daarmee vrijwel niet te voorspellen. Op basis van de huidige verwachtingen is de volgende voorspelling gedaan:

4.000 draaiuren x 130 kW x 60 €/MWh /1000 = 31.200,- euro. Deze verwachte opbrengst levert helaas nog steeds een negatief economisch rendement op.

### 3.3. Analyse besparingspotentieel

De oorspronkelijke geraamde energiebesparing is niet gerealiseerd tijdens het project. Dit komt door lagere draaiuren en een lager elektrisch vermogen. De lagere draaiuren zijn verklaarbaar door -onder andere- door de beschreven opstartproblemen, het aangepaste ontwerp en door de storingen met de WKK. Naar verwachting zullen deze de komende jaren alsnog gaan stijgen waardoor de besparing toeneemt.

Het lagere elektrisch vermogen van de ORC bij Olij blijkt een structureel probleem wat in deze specifieke ORC niet meer opgelost zal kunnen worden. De nieuwere ORC's (onder andere bij de Tongelreep in Eindhoven) hebben dit probleem niet en draaien een hoger elektrisch vermogen. Hieronder een kort overzicht de oorspronkelijke raming bij aanvang van het project, de realisatie in tijdens het project en de voorspelling voor 2010.

	<b>Draaiuren</b>	<b>Vermogen ORC (kWe)</b>	<b>CO2 reductie (ton/jaar)</b>
<b>Raming 2006</b>	6500	160	384
<b>Aangepaste raming 2007</b>	5000	160	296
<b>Realisatie 2008</b>	2578	128	122
<b>Realisatie 2009</b>	2000	125	92
<b>Raming 2010</b>	4000	130	192

*Figuur 6: Samenvatting besparingraming en realisatie*



Een uitwerking van de verschillende cases is hieronder weergegeven.

		Jaarlijks besparingspotentieel ORC Olij				
		Raming	Raming			Raming
Jaar		2006	2007	2008	2009	2010
Aantal ORC's		1	1	1	1	1
Vermogen ORC	KWe	160	160	128	125	130
<b>elektrisch</b>						
Opgesteld	kW	160	160	128	125	130
rendement primair	%	42%	42%	42%	42%	42%
Primair	kW	381	381	305	298	310
<b>Correctie thermisch</b>						
Extra gas	kW	80	80	64	62,5	65
rendement primair	%	90%	90%	90%	90%	90%
Primair	kW	89	89	71	69	72
<b>Totaal</b>						
besparing primair totaal	kW	292	292	234	228	237
Draaiuren	h/jr	6500	5000	2578	2000	4000
primaire energie	MWh/jr	1.898	1.460	602	456	949
Aardgasbesparing	m3/jr	215.932	166.102	68.514	51.907	107.966
<b>CO2</b>	<b>ton/jr</b>	<b>384</b>	<b>296</b>	<b>122</b>	<b>92</b>	<b>192</b>

*Figuur 7: Overzicht besparing*

### 3.4. Potentieel voor de sector

Met de huidige sparkspread, waarbij de gasprijs relatief hoog is in vergelijking met de stroomprijs blijkt het onrendabel om op een glastuinbouwbedrijf met maximaal 4.000 of 5.000 draaiuren een ORC aan te schaffen. (zie ook het bijgevoegde concept artikel voor GTT, december 2009). Wil een ORC rendabel kunnen worden ingezet in combinatie met aardgas WKK dan zullen óf de elektriciteitsprijzen sterk moeten stijgen bij een gelijkblijvende gasprijs, óf de investeringskosten in de ORC zullen moeten dalen.

Een ORC is mogelijk rendabel bij een WKK op gas met 8.000 draaiuren met een beperkte warmte-vraag in combinatie met een hogere stroomprijs (zie voorbeeld 1).

#### **Voorbeeld 1: netto opbrengst bij een WKK op gas met 8.000 draaiuren**

8.000 draaiuren x 130 kW x 45 MWh/1000 = 46.800 euro (olij situatie)

8.000 draaiuren x 145 kW x 45 MWh/1000 = 52.200 euro (nieuwe installaties)

Een ORC is zeker rendabel bij een bioWKK, waarbij de vergoeding voor de elektriciteit wordt aangevuld tot 15,2 €cent/kWh (zie voorbeeld 2).

### Voorbeeld 2: netto opbrengst bij bio WKK

8.000 draaiuren x 130 kW x 152 MWh/1000 = 158.080 euro (olij situatie)

8.000 draaiuren x 145 kW x 152 MWh/1000 = 176.320 (nieuwe installaties)

De ORC in combinatie met bioWKK is rendabel en gelijk toepasbaar. Het potentieel voor bioWKK tot 2020 bedraagt conform “met groene kracht vooruit” circa 130 MWe opgesteld vermogen aan WKK. Dit levert een potentieel van circa 13 MWe aan ‘bio-ORC’, oftewel 86 ORC installaties van 150 kWe. Dit levert een besparing van 38 kiloton per jaar.

De ORC in combinatie met aargasWKK is momenteel niet rendabel bij de huidige energieprijzen. Het herhalingspotentieel is bij de huidige randvoorwaarden praktisch nihil. Bij een scherpe daling van de investeringskosten in de ORC of een aanzienlijke stijging van de elektriciteitskosten zijn *alle* WKK’s in de tuinbouw potentieel interessant. Het technisch potentieel van de ORC voor de glastuinbouw is daarvoor gelijk aan de nieuwbouw van de WKK’s

In 2020 zal het WKK nog steeds een belangrijke rol vervullen in de tuinbouw. Momenteel staat er circa 3000 MWe opgesteld vermogen, maar door bijvoorbeeld de ontwikkelingen in het Nieuwe Telen zal het opgesteld vermogen per tuinbouwbedrijf in 2020 waarschijnlijk kleiner zijn. Uitgaande van de 30% besparing zou er circa 2000 MWe opgesteld vermogen kunnen zijn. Dit biedt ruimte voor circa 1250 ORC’s, en potentieel 277 kiloton Co2 besparing per jaar.

besparingspotentieel ORC voor de sector		
	reëel potentieel BioWKK	Technisch potentieel aardgasWKK
Jaar	2020	2020
Aantal ORC's	86	1250
Vermogen KWe	150	150
<b>elektrisch</b>		
Opgesteld kW	12900	187500
rendement %	42%	42%
Primair kW	30.714	446.429
<b>Correctie thermisch</b>		
Extra gas kW	6450	93750
rendement %	90%	90%
Primair kW	7.167	104.167
<b>Totaal</b>		
besparing   kW	23.548	342.262
Draaiuren h/jr	8000	4000
primaire er MWh/jr	188.381	1.369.048
Aardgasbe m3/jr	21.427.136	155.720.466
<b>CO2 ton/jr</b>	<b>38.140</b>	<b>277.182</b>

Figuur 8: Overzicht besparing voor de sector

## 4. CONCLUSIES

In het eindoordeel van Olij Collection BV is het project niet meegevallen. De technische problemen in de opstartfase en bij bedrijfsvoering bleken aanzienlijk complexer dan verwacht. Door storingen in de ORC en bij de WKK zijn er tijdens het project aanzienlijk minder draaiuren gemaakt dan verwacht. Ook valt het elektrisch vermogen van de ORC lager uit dan gepland. Hierdoor blijkt de uiteindelijke energiebesparing aanzienlijk lager dan geraamd.

Daarbij komt de economische problematiek doordat de ontwikkelingen op elektriciteitsmarkt anders waren dan voorzien. Vanaf 2006 zijn de elektriciteitsprijzen en de sparkspread zeer sterk gestegen tot 2009. Daarna zijn de prijzen en opbrengsten van elektriciteit sterk gezakt, hetgeen een negatief effect heeft gehad op de rentabiliteit van de ORC.

Ondanks de bovengenoemde problemen heeft project in hoge mate bijgedragen aan ontwikkeling van kennis over de toepassing van een ORC achter een WKK. Met name op technisch vlak is er veel geleerd over de ORC. Honderden bedrijven van zowel binnen- als buiten de tuinbouw hebben interesse getoond in het project door aanwezigheid op open dagen, excursies of via vragen per mail op presentaties. Er is aangetoond dat een ORC goed kan draaien in combinatie met WKK. De inpassing van de ORC met rookgasreiniging, rookgaskoelers en –condensoren is complex maar goed beheersbaar en op gebied van de milieuvergunning levert de installatie geen problemen op.

De toepassing van een ORC achter een traditionele aardgas WKK blijkt momenteel echter geen haalbare investering. Belangrijke voorwaarden om de ORC wel rendabel te krijgen zijn een hogere elektriciteitsprijs of een lagere investering. Tientallen glastuinbouwbedrijven met een WKK die initieel interesse toonden in de ORC ervaren de hoge investeringskosten in een ORC als een belangrijke drempel. Ook de slechte bedrijfsresultaten in de tuinbouw als gevolg van de economisch situatie hebben geleid tot vrijwel géén investeringsruimte. De meest gehoorde reactie van de telers is dan ook: 'Een prachtige technologie, maar nog te duur voor toepassing op mijn tuin.' Daardoor bleef de interesse van tuinders gaandeweg het project achter terwijl techniekleveranciers, kennisinstututen en adviseurs wel geïnteresseerd bleven.

Haalbaarheidsberekeningen naar de toepassing van een ORC achter een bioWKK laten zien dat dit een rendabele investering is. Dit komt vooral door het hoge ondersteuningsbedrag van de SDE voor de productie van groen stroom en de garantie voor 12 jaar. De voorwaarden voor een bioWKK zijn dermate gunstig dat deze ook een hoge bedrijfstijd zal hebben waardoor de ORC ook beter rendeert. De

ORC zal de komende tijd dus waarschijnlijk vaker toegepast gaan worden in combinatie met BioWKK.

Buiten de glastuinbouw hebben inmiddels vijf bedrijven besloten om een ORC te plaatsen in combinatie met een bioWKK. Tri-O-Gen heeft laten weten dat nog circa zestig bedrijven interesse voor de ORC hebben getoond.

## BIJLAGE: Artikel ORC in de kas

16 | GTT

# De ORC

in de kas

**Sinds 2007 wordt bij het rozenbedrijf van Olij Collection in de Kwakel een ORC toegepast om uit eenzelfde kuub aardgas extra elektriciteit te produceren. De ORC wordt aangedreven met warmte uit de rookgassen van een aardgasgestookte WKK en werkt op eenzelfde manier als een grote elektriciteitscentrale**

Het vernieuwende aspect van de ORC is dat deze de omzetting op een veel kleinere schaal kan realiseren met als groot voordeel dat het proces van energieproductie daar plaats vindt waar de energievraag is: centraal bij de tuinder. Er kan met de ORC bij Olij Collection gekozen worden of een deel van de warmte uit de WKK wordt ingezet voor verwarming van de kas of wordt omgezet in extra elektriciteit.

De ORC sluit goed aan op de ontwikkelingen van de glastuinbouw. Er is een steeds verdergaande trend naar minder warmtevraag in de kas, terwijl er steeds meer elektra wordt gebruikt voor mechanisatie, belichting of koeling. Met de elektriciteitsproductie uit de ORC wordt inkoop uit het net voorkomen hetgeen ten goede komt aan het energieverbruik per vierkante meter. Vanuit dat oogpunt is het project dan ook ondersteund door het Ministerie van LNV in samenwerking met het Productschap Tuinbouw (PT) in het kader van innovatieve technologie en door de Provincie Noord Holland. De ORC is ook erg interessant wanneer er sprake is van omzetting van biomassa naar elektriciteit bij bijvoorbeeld een vergistinginstallatie. Productie van groene elektriciteit brengt momenteel veel op door de ondersteuning vanuit de SDE.

Het project bij Olij is er in eerste instantie vooral op gericht om ervaring op te doen met de combinatie van de ORC met de WKK. De opstartfase was een leerproces waarbij veel storingen verholpen moesten worden. Het bleek met name complex om alle onderdelen in het rookgaskanaal van de WKK goed op elkaar in te regelen. Naast de rookgasreiniger, rookgaskoeler en rookgascondensator en schoorsteen moest nu ook de ORC met een uitgebreide kleppensectie opgenomen en ingeregeld worden. Deze kleppensectie is noodzakelijk voor Olij om te kunnen kiezen tussen volledige warmteproductie of extra elektriciteitsproductie met de ORC.

Een complicerende factor was daarbij dat de WKK voor Olij van levensbelang is voor een gezonde financiële operatie van het rozenbedrijf. De rozen worden intensief belicht met tot maximaal 14.000 lux en er is veel CO<sub>2</sub> benodigd in het teeltproces. Het opstarten en testdraaien van de ORC mocht de betrouwbaarheid van de WKK onder geen beding in gevaar brengen, waardoor elke wijziging van tevoren goed doorgesproken moest worden met alle bedrijven die met de energie-installatie te maken hadden zoals de motorleverancier, installateur, rookgasreinigerleverancier en uiteraard Olij zelf.

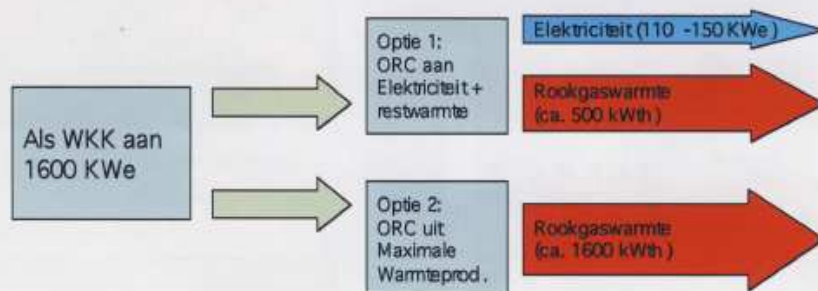



	A	B	C	D (BIOGAS)
Draaiuren ORC	4200	6000	8000	8000
Levering aan	Openbaar net 08:00- 20:00	Eigen bedrijf 60% piekuren	Openbaar net Baseload	SDE - Groene elektriciteit
Vergoeding elektriciteit (€/MWh)	€ 84,43	€ 64,69 + € 20,00	€ 59,17	€ 150,-
Terugverdientijd	> 10 jaar	ca. 7 jaar	ca. 7 jaar	ca. 2,3 jaar

Inmiddels zijn sinds inbedrijfname eind 2008 ongeveer 3.100 draaiuren gemaakt met de ORC. Dat lijkt niet zoveel, maar de ORC kan alleen draaien als de WKK draait. Daarnaast heeft Olij de keuze om, als er veel warmtevraag in zijn kas is, de warmte uit de WKK direct in te zetten. Deze keuze wordt meestal gemaakt tijdens het koude seizoen. Tot nu toe heeft het project bewezen dat de ORC technologie van het Nederlandse Tri-O-Gen nagenoeg storingsvrij kan draaien en dat warmte omgezet kan worden in elektriciteit als daar behoefte aan is.

Een belangrijk leerpunt in het project is dat de ORC zich meer leent voor een baseload toepassing waarbij er veel draaiuren gemaakt worden. Bij Olij wordt de installatie 1 keer per dag aan- en uitgezet. De ORC kan deze schakelingen goed aan maar de vele starts en stops komen het overall rendement niet ten goede.

De belangrijkste vraag is echter wanneer de ORC rendabel is om te gebruiken voor de tuinbouw. Een belangrijk uitgangspunt in de berekening is dat de warmte gratis beschikbaar is voor de ORC en dat er veel draaiuren gemaakt kunnen worden. Voor de stroomtarieven is uit gegaan van de gemiddelde



forwardprijs voor elektriciteit voor 2010 tot en met 2012.

Ter illustratie zijn hier boven een viertal bedrijfssituaties geschetst waarvoor de haalbaarheid is berekend. De kosten voor de ORC zijn aangenomen op € 550.000. Dit is de eenvoudigste uitvoering waarbij de ORC wordt aangesloten op reeds bestaande faciliteiten zoals bijvoorbeeld de schoorsteen. De kosten voor verzekering, onderhoud zijn aangenomen op € 12.000 per jaar. Voor een rentepercentage gaan we uit van 4,5%.

Uit de berekeningen blijkt dat de ORC zich vooral terugverdient bij een hoge elektriciteitsvergoeding in combinatie met een hoge bedrijfstijd. De combina-

tie van de ORC met een BioWKK is dan ook de meest voor de hand liggende optie vanwege het hoge aantal draaiuren die dergelijke installaties doorgaans maken en de vergoeding die momenteel in de SDE voor duurzame elektriciteit wordt gegeven. Voor de glastuinbouwbedrijven met een aardgasgestookte WKK die met name in de piekuren aan het openbare net leveren is de ORC momenteel niet interessant. Daarvoor zal de kostprijs van de installatie nog aanzienlijk moeten dalen. Desgevraagd reageert Tri-O-Gen dat de kostprijs op termijn waarschijnlijk wel kan halveren. Bij 6000 draaiuren en de forward-prijzen voor 2013 is elektriciteitsopbrengst dan gemiddeld circa 78 €/MWh. De terugverdientijd van de ORC wordt dan circa 4,2 jaar.

#### HOE NU VERDER

De technologie van de ORC is betrouwbaar gebleken, zoveel is duidelijk. Naast het project bij Olij Rozen staan er nog 4 installaties; twee achter een biogasmotor één achter een biogasfakkel installatie en één achter een biodiesel installatie. De ervaring die bij Olij en de andere projecten wordt opgedaan, is ingezet om de installaties te verbeteren. Voor de toepassing in combinatie met biogas is de ORC inmiddels rendabel in te zetten. De rentabiliteit in combinatie met een aardgasWKK wordt vooral bepaald door de waarde van elektriciteit, de kostprijs van de ORC en de draaiuren die de installatie kan maken.

Meer info over het ORC project vindt u op [www.deorcindexkas.nl](http://www.deorcindexkas.nl).

*Erik Koolwijk, Cogen*

