

**Eindrapportage Early Adopter Project
(EAP)
TEEI215004**

**Early Adopter Project Energie Zuinige VOC
Verwijdering
(EAP-VOC-EZW)**

11 september 2017

Een Early Adopter Project (EAP) voor de Topsector Energie (TSE) van:

CATO Engineering B.V.

Industriepark Kleefsewaard
Greenhouse 1.09
Westervoortsedijk 73
6827 AV Arnhem

A. van de Groep en Zonen B.V.

Haringweg 27 6
3751 BG Bunschoten-Spakenburg

Scheidings- en Bewerkingsinstallatie Friesland V.o.f. (OMRIN)

De Dolten 11
8447 SB Heerenveen

CarbonOrO B.V.

Eversweg 1
6523 LT Nijmegen

Inhoudsopgave

1. Gegevens project.....	3
2. Inleiding	3
2.1 Samenvatting.....	3
2.2 Introductie	3
2.3 Stand der techniek	4
2.4 Probleemstelling.....	4
2.5 Doelstelling.....	4
3. Uitvoering	5
3.1 Projectopzet	5
3.2 Risico's	6
4. Resultaten.....	7
4.1 Technische problemen & oplossingen	7
4.2 Organisatorische problemen & oplossingen	9
4.3 Toelichting op wijzigingen t.o.v. projectplan	9
4.4 Toelichting verschillen begroting	10
4.5 Toelichting op wijze van kennisverspreiding.....	10
4.6 Beschrijving van de resultaten van het project	10
4.7 Mogelijkheden voor spin off en vervolgactiviteiten	11
5. Conclusie	12
5.1 Discussie	12
5.2 Aanbevelingen.....	12

1. Gegevens project

Projectnummer: TEEI215004
Projecttitel: Early Adopter Project energiezuinige VOC verwijdering
Penvoerder: CATO Engineering B.V.
Medeaanvragers: A. van de Groep en Zonen B.V.
Omrin B.V.
CarbonOrO B.V.
Projectperiode: 27-05-2015 – 30-04-2017

2. Inleiding

2.1 Samenvatting

CATO Engineering heeft een innovatieve technologie ontwikkeld die de dragers van geur en andere verontreinigingen (VOC's, H₂S, NH₃ en siloxanen) effectief en energie-efficiënt (87% zuiniger) kan verwijderen uit biogas en CO₂ dat uit rookgas is gewonnen. De installatie is gebaseerd op een regeneratief proces en heeft hierdoor lage operationele kosten. De werking zal op reële productie schaal worden gerealiseerd en bewezen op locatie bij A. van de Groep en Zn BV te Spakenburg en OMRIN te Oudehaske.

Er moest een testinstallatie geplaatst worden waarin het proces op productieschaal bewezen wordt. De installatie is gebaseerd op literatuur studie en de kennis opgedaan tijdens de afgelopen testperiode op locatie OMRIN.

CATO Engineering is technologieleverancier en zal de verdere ontwikkeling, bouw en inbedrijfstelling testinstallatie, het meetprogramma, het vaststellen van het proof-of-concept en de uiteindelijke techno/economische analyse uitvoeren.

Er is een testinstallatie geplaatst bij A. van de Groep. De focus ligt hier op sterk geurende verontreinigingen. Een tweede testinstallatie is geplaatst bij OMRIN om de nieuwe CATO-technologie te testen op stortgas. Focus ligt daarbij op de verwijdering van siloxanen.

In concreto is er met een opstelling (op reële grootte) van het gasbehandelingsproces getest. Door hiermee over een langere periode en continu te testen, zijn de prestaties bekend geworden.

2.2 Introductie

Dit project richtte zich op een energie-efficiënte manier van biogas- en rookgasbehandeling. De belangrijkste toepassingen van biogas zijn die als Groen gas naar het aardgasnet en naar gas met een kwaliteit die geschikt is voor een gasmotor. Rookgas bevat hoge concentraties CO₂. Om die reden kan dit een interessante bron zijn voor CO₂ voor de tuinbouw. Deelnemer CarbonOrO richt zich op deze toepassing en is geïnteresseerd in de reiniging van het CO₂ nadat dit uit de rookgas is verwijderd.

Voordat biogas ingevoerd kan worden op het Nederlandse openbare gasnet moeten de hierboven genoemde verontreinigingen uit het biogas verwijderd worden. Voor toepassingen in een gasmotor geldt dit ook. Daar spelen met name de siloxanen een negatieve rol vanwege afzettingen in de motor.

In 2014-2015 jaar heeft CATO een nieuwe technologie ontwikkeld, een energie-efficiënte behandelingsmethode die is gebaseerd op de toepassing van een nieuwe generatie adsorptiekorrels, en diverse testen uitgevoerd. Daarmee is destijds duidelijk geworden dat het technisch haalbaar is deze stoffen te verwijderen. In dit EAP project is de nieuwe CATO-technologie op reële schaal getest om zo de laatste fase in de ontwikkeling te versnellen en tevens de mogelijkheden te kunnen demonstreren.

2.3 Stand der techniek

Op dit moment zijn er geen/zeer weinig systemen die gebaseerd zijn op regeneratieve materialen. Complex is de combinatie van zeer verscheidene stoffen die zich niet makkelijk met één medium laat verwijderen. De gewenste restemissies liggen vaak zeer laag omdat meeste VOC al in ppm-bereik door de mens te ruiken zijn.

De innovatie ligt in het feit een betrouwbare installatie te ontwerpen die een beperkte CAPEX heeft. Om altijd het gas te kunnen gebruiken (in WKK of leveren aan aardgas netwerk) moet gegarandeerd worden dat de VOC altijd verwijderd zijn. Dit is met het CATO systeem te garanderen omdat voordat er een mogelijke doorslag is het adsorptie middel kan worden geregenereerd.

Er was bij de aanvrager geen systeem bekend dat gebruik maakt van hydrofobe polymeren om de VOC af te vangen. Daarom waren er in eerste instantie veld testen nodig om informatie over adsorptieprocessen te vergaren (reeds uitgevoerd bij OMRIN). Nu moesten op een innovatieve manier deze gegevens verwerkt worden tot een werkend systeem.

Een belangrijk deel van de innovatie zit in het creatief en vernieuwend combineren van diverse technieken. Verder zal de installatie toekomstige innovaties mogelijk maken. Om de nieuwe CATO-technologie verder te kunnen ontwikkelen was het nodig een testinstallatie te hebben voor het adsorptie/desorptie gedeelte. Dit zouden de in dit project te plaatsen testopstellingen bij A. van de Groep & Zoenen en OMRIN zijn.

2.4 Probleemstelling

Het probleem dat moest worden opgelost is de wijze waarop het regeneratieproces moet worden ingericht. Het technische werkingsprincipe was voor aanvang van het project reeds op een kleine gasstroom aangetoond, maar alleen door de prestaties in dit EAP op reële gasstromen te testen kan het inzicht in de levensvatbaarheid geven.

Doel was een antwoord vinden op de volgende onderzoeksvragen:

- Is de adsorptie van de te verwijderen verontreinigingen uit de biogasstroom op reële schaal haalbaar?
- Is het gehele proces volcontinu uit te voeren?
- Is de regeneratie van de adsorptiekorrels mogelijk zonder de continuïteit van het reinigingsproces te verstoren?
- Welke verbeterende mogelijkheden bestaan er voor de verwerking van de purge? Purge is hetgeen na desorptie van de adsorptiekorrels overblijft. Het huidige ontwerp gaat uit van verweken in een fakkel. In een later stadium wil CATO hier een nieuwe technologie voor ontwerpen. Voor dit project wordt gedacht aan regeneratie met lucht / stikstof.
- Is de te verwachten energiebesparing ten opzichte van de stand-der-techniek daadwerkelijk haalbaar?

2.5 Doelstelling

Het verkrijgen van inzicht in de technologische levensvatbaarheid van de door CATO ontwikkelde technologie door middel van testen in reële stromen. Zo kon over een langere periode worden aangetoond of het adsorptieproces op deze schaalgrootte economisch en technisch levensvatbaar is. In tegenstelling tot het proces dat is gebaseerd op actief-koolfilters kan de nieuwe generatie adsorptiekorrels geregenereerd worden. Bepaald moest daarom worden wat de levensduur (mate van veroudering) is van de adsorptiekorrels onder werkelijke procescondities. Dit heeft een grote impact op de rentabiliteit van de installatie.

3. Uitvoering

3.1 Projectopzet

Door CATO Engineering is een nieuw concept ontwikkeld voor de reiniging van gasstromen op basis van adsorptie. Om de ambitieuze doelstellingen ten aanzien van energiebesparing te kunnen behalen zal de nieuwe CATO-technologie zich eerst moeten bewijzen op reële schaal. Hiertoe werden in dit Early Adopter Project een definitieve testinstallatie uitgewerkt (WP2), testopstellingen (prototypen) gebouwd (WP3) en in gebruik genomen (WP4) voor het doen van testen en metingen (WP5), technische evaluatie (Proof of Concept) in reële processen van potentiële klanten (WP6) en economische evaluatie en validatie (WP7) uitgevoerd.

Het project liep van 27-05-2015 tot 30-04-2017. In die periode zijn de volgende activiteiten uitgevoerd met behulp van de volgende methoden en technieken.

WP	Korte beschrijving	Methoden en technieken
1	Projectmanagement	-
2	Ontwikkeling/ontwerp	Software programma's zoals Excel, NanoCad en dergelijke
3	Installatie en implementatie van de testopstellingen	Gangbare wijze van procesinstallatie
4	Inbedrijfstelling	Wordt gedaan aan de hand van checklijsten I/O check, draai richtingen motoren, spoelen leidingen en dergelijke
5	Metingen	Monster wordt genomen met een Tedlar bad. Intertek voert de analyse uit.
6	Proof of Concept	Door bedrijven van de installatie onder representatieve en gelogde proces condities wordt middels metingen de performance van de installatie bepaald. Als deze voldoet aan de uitgangspunten voor ontwerp wordt dit beschouwd als "proof of concept".
7	Evaluatie van het economische potentieel	-

In WP2, 3 en 4 is in de biogasinstallaties van A. van de Groep & Zonen en OMRIN een testopstelling ontwikkeld, geplaatst en in gebruik genomen, waarmee de reële biogasstromen op beide locaties gereinigd moesten gaan worden. Deze aanpassing werd gedaan ten behoeve van de pilotstudie waarmee het proof of concept geleverd moet worden voor de nieuwe CATO-technologie.

Bij de bestaande reiniging van biogas wordt elektrische energie gebruikt voor het terugkoelen van het biogas van 40°C naar 6°C en voor een ventilator. Bij de nieuwe CATO-technologie hoeft er niet te worden teruggekoeld, waardoor een potentieel grote energiebesparing (87%) mogelijk moest zijn. Door in WP5 de hoeveelheid verbruikte energie te meten in combinatie met de gerealiseerde reinigingskwaliteit (aan de hand van het meten van de gassamenstelling na de adsorptie) kan zowel de reinigingskwaliteit als het energieverbruik van de nieuwe CATO-technologie worden bepaald, waarmee het proof of concept kon worden aangetoond (WP6).

Op basis van deze resultaten zal het economisch potentieel verder worden uitgewerkt, waarmee een verdere verbetering van de inzichten in het daadwerkelijke marktpotentieel zou ontstaan (WP7).

3.2 Risico's

De testinstallatie is ingepast in een reëel bestaande situatie. Hierdoor waren er beperkingen in de planning, omdat de normale bedrijfsvoering doorgaat en derhalve een minimale stilstand is gewenst. Doordat er werd gewerkt in gasstromen, is de veiligheid een belangrijk risico. Hiervoor zijn uiteraard voorzorgsmaatregelen genomen. De ruimte op de testlocatie was zeer beperkt, wat extra complicaties met zich meebracht ten aanzien van de integratie van de nieuwe CATO technologie in het proces. Dit brengt risico's met zich mee.

Verder ligt het risico van experimentele projecten als deze, in mogelijke onduidelijkheden over de verantwoordelijkheden van de betrokkenen. CATO Engineering zal de regie over het project voeren en daarmee de controle over de projectrisico's beheersen. Hiermee is er controle op levertijden en op de andere verplichtingen van de betrokken partijen en bovenal een beheersing van de genoemde risico's.

4. Resultaten

In dit hoofdstuk zal in meer detail worden ingegaan op het verloop van het project. In algemeenheid is het een succesvol project, maar gedurende het project zijn er wel tegenslagen geweest. Door diverse zaken is het niet mogelijk om op zeer korte termijn na de vaststelling direct een (werkende) demo installatie te plaatsen. Er bleken in het ontwerp diverse uitdagingen (vooral met betrekking tot ATEX eisen) te zitten en ook in het afstemmen met de diverse projectpartners is vertraging opgelopen. Het integreren van de demo-installatie in het totale proces bij A. van de Groep bleek lastiger dan in eerste instantie verwacht.

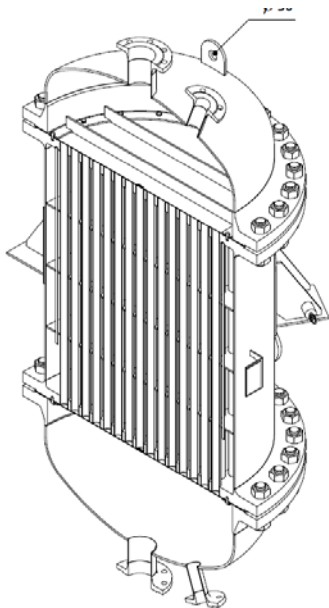
4.1 Technische problemen & oplossingen

Na de toekenning is een gedetailleerd proces, en mechanisch-, elektrisch-, en besturingstechnisch ontwerp gemaakt. Ook is een complete massa- en energiebalans opgesteld. Dit ontwerp was op basis van regeneratie van de adsorptie korrels met verwarmde buitenlucht. Tijdens de veiligheidsevaluatie (HAZOP/ATEX) kwam naar voren dat er een veiliger ontwerp mogelijk is door regeneratie ook met biogas uit te voeren. Dit levert een complexere installatie op, maar voorkomt dat er een explosief mengsel tussen lucht/biogas kan ontstaan tijdens storingen. Daarom is in tweede instantie voor een ontwerp gekozen op basis van regeneratie met biogas en moest het gehele ontwerp aangepast worden.

Tijdens de aanvraag van de EAP subsidie en ook nog tijdens eerste gedeelte van het project leek het redelijk eenvoudig om de VOC verwijdering in te passen in de bestaande installatie bij A. van de Groep en Zn. BV. Het bleek gedurende het project dat de beschikbare ruimte te klein was om de VOC installatie te plaatsen zonder grote aanpassingen aan de overige installaties te doen. Tijdens de EAP aanvraag was het plan de VOC verwijdering nabij Vergister B te plaatsen. Daar leek voldoende ruimte. Helaas was het wegens vergunningen niet mogelijk (beperking maximale bebouwing op terrein) om op deze beoogde locatie de installatie te plaatsen. Daarom is beoogde locatie veranderd naar plaatsen op de VPT containers. Zie volgende pagina een print van dit beoogde opstellingsplan. Hiervoor is ook een gedetailleerd ontwerp gemaakt. Voor deze opstelling zouden ook andere installatiedelen moeten worden verplaatst om ruimte te maken voor de VOC installatie. Na opstellen van een totaalbegroting bleken de kosten voor verwijderen van installatiedelen om ruimte te maken aanzienlijk. Ook zou de demontage / montage een lange stilstand van de vergister inhouden (hierdoor geen inkomsten uit verwerken biogas). Daarom is op aandringen van A van de Groep in overleg met CATO besloten deze optie niet uit te voeren.

Gedurende het project zijn meerdere detailtekeningen gemaakt maar helaas blijkt het niet mogelijk de demo-installatie op korte termijn in hun primaire proces te integreren. Belangrijkste obstakel is de ruimte die de huidige compressoren innemen. Daarom is gekozen voor een configuratie waarbij een gedeelte van het biogas omgeleid en behandeld word. De vergister capaciteit (=productie aan biogas) van A. van de Groep zal in de komende 1 à 2 jaar worden uitgebreid en dan zijn aanpassingen aan de compressoren ook noodzakelijk. Het is de intentie tijdens deze aanpassingen alsnog de VOC installatie in het primaire proces op te nemen.

De afbeelding hieronder (links) toont een doorsnede van het adsorptievat zoals gebruikt in de demo installatie. De foto (hieronder rechts) toont de buitenzijde van het adsorptievat voor montage in de installatie.



Na verdere uitwerking van het tweede ontwerp kwam naar voren dat een groot deel van de kosten (voor toekomstige) installatie in de aanschaf van de adsorptiekorrels zit. Daarom is een tweede ontwerpaanpassing gedaan zodat de hoeveelheid korrels verminderd kon worden (en hiermee de kostprijs van de toekomstige installaties).

Door alle wijzigingen aan het ontwerp is het aantal engineering uren dat hieraan door CATO is gespendeerd meer geworden dan gebudgetteerd.

4.2 Organisatorische problemen & oplossingen

Gedurende het project heeft OMRIN een volledige biogas opwaardeerinstallatie geïnstalleerd. In deze installatie is een VOC verwijdering middels actief kool (AK) voorzien. Het was niet mogelijk om binnen de beschikbare tijd een VOC op basis van regeneratief proces uit te ontwikkelen die geplaatst kan/kon worden bij OMRIN. Daarom is er voor gekozen een AK installatie te plaatsen. Omdat deze investering al gedaan was, is de interesse vanuit OMRIN om een regeneratieve installatie aan te schaffen kleiner dan bij aanvang van de EAP toekenning.

Uit de feedback van het project door OMRIN is volgende naar voren gekomen:

CATO Engineering is een klein bedrijf en gewend aan een grote mate van vrijheid in werksijde van uitvoeren van een project. Mede vanwege bovenstaande verliep de communicatie tussen de verschillende partners niet altijd even soepel (minder urgentie / noodzaak / bereidheid tot samenwerking). Gedurende het project zijn er door CATO beslissingen genomen (vooral over technische uitvoering) die achteraf gezien beter in een groter comité genomen hadden kunnen worden. Er is in algemeenheid te weinig overleg geweest met alle betrokken partijen tezamen. Er is wel één-op-één (tussen A van de Groep/CarbonOrO/OMRIN en CATO) overleg geweest gedurende het project.

4.3 Toelichting op wijzigingen t.o.v. projectplan

Het was niet mogelijk de demo installatie in het primaire proces bij A. van de Groep te plaatsen (zie paragraaf 4.1). Ook is het werkingsprincipe van de regeneratie aanpast (zie paragraaf 4.1). Om de kosten te beperken is er voor gekozen om een deel van de inkoop van de installatie door CATO te laten uitvoeren. Dit heeft het aantal engineering uren

beperkt door directe communicatie met toeleveranciers (minder uren nodig voor uitgebreidere specificaties e.d.). Zonder deze maatregelen waren de uren voor Project Management, Project Engineering nog verder boven begroting gekomen.

4.4 Toelichting verschillen begroting

Hieronder een toelichting op verschillen tussen de initiële begroting zoals ingeleverd bij de EAP aanvraag en de werkelijk gemaakte kosten.

Alle projectpartners:

Door de mutaties aan het ontwerp is aantal project uren van OMRIN, A. van de Groep en CATO meer dan gebudgetteerd. In de eerste fase van het project is er veel overleg geweest tussen OMRIN en CATO. Dit had vooral betrekking op additionele testen die op locatie Oudehaske zijn uitgevoerd. In de tweede fase was er veel overleg tussen A. van de Groep en CATO. Dit had vooral betrekking op hoe de VOC installatie was te integreren in de huidige situatie (zie paragraaf 4.1).

CarbonOrO:

Er is goed overleg geweest over de (commerciële) evaluatie van de technologie en specifiek de kansen op CNG gebied. Dit heeft geen noemenswaardige verschillen gegeven tussen het initiële plan en de uitvoering.

OMRIN:

Een deel van de kosten zijn door eigen technische dienst gemaakt in plaats van door derden. Tevens is een deel van de kosten door andere partners gemaakt, waardoor door OMRIN minder kosten zijn gemaakt dan begroot. De gevraagde subsidie is hierop aangepast op het formulier 'Aanvraag Vaststelling subsidie'.

A. van de Groep:

Kosten voor de aanschaf van equipment bleken hoger dan budget. Grotendeels door lastiger plaatsen van de installatie dan verwacht.

CATO:

Een deel van de installatie is door CATO ingekocht in plaats van zoals begroting door A. van de Groep. In algemeenheid waren de kosten iets hoger dan budget, maar de kosten voor besturing vielen iets lager uit dan de begroting. Door het lager uitvallen van de kosten en subsidie bij OMRIN, en de hogere kosten bij CATO, is de gevraagde subsidie bij CATO met hetzelfde bedrag verhoogd.

4.5 Toelichting op wijze van kennisverspreiding

CATO heeft de technologie gepresenteerd op haar website. Gedurende het project is het contact tussen CATO en potentiële klanten (met name RWZI-Duiven) geïntensifieerd. Uit deze contacten blijkt dat er interesse is vanuit de markt voor de regeneratieve technologie. Struikelblokken (op korte termijn) zijn: onvoldoende referentie projecten (bewezen werking op alles vergister is geen referentie voor bijvoorbeeld toepassing op stortgas), initiële kosten voor de installatie (de technologie lijkt commercieel niet geschikt voor kleinere debiet), en onduidelijkheid levensduur korrels (duurtest van meerdere jaren is noodzakelijk om hier uitspraken over te kunnen doen).

4.6 Beschrijving van de resultaten van het project.

Een technologie is nooit "af", en dus ook niet de regeneratieve VOC verwijdering. Verdere ontwikkeling (technisch en commercieel) is noodzakelijk.

Uit de techno-economische analyse (CarbonOrO input) blijkt dat de technologie voor een aantal toepassingen te duur is. Voor toepassingen waarbij het biogas gebruikt gaat worden als transport brandstof (CNG/LNG) is de technologie zeer interessant. Voor deze toepassing is verwijdering van siloxanen tot zeer lage concentraties een must, en deze

concentraties zijn met de regeneratieve VOC verwijdering te bereiken. Tweede voordeel bij deze toepassing is dat het (opgewaardeerde) biogas op druk moet zijn waardoor het adsorptieproces nog beter verloopt. Voor toepassing waar biogas gebruikt wordt in een WKK kan de technologie interessant zijn wanneer er voldoende schaalgrootte is en als de gasmotor nieuw te plaatsen is.

De afgelopen periode heeft CATO meerdere aanbiedingen gemaakt voor verschillende bronnen biogas (co-vergister, alles vergister, stortplaats, waterzuivering) en toepassingen (verbranding in WKK, groen gas, CNG). Hiervoor zijn o.a. een template voor de offerte en een kostencalculatie opgesteld.

Doelstelling van de demo-installatie was niet om deze tegen minimale kosten te produceren, maar de technologie voor het eerst op demoschaal te bewijzen. Er is gekozen voor een hoge veiligheidsmarge op het ontwerp (qua grootte, drukken, temperatuur e.d.). We zien nog diverse verbetermogelijkheden om de kostprijs van de installatie verder te verlagen t.o.v. de demo-installatie.

4.7 Mogelijkheden voor spin off en vervolgactiviteiten

De ontwikkelde technologie is niet alleen geschikt voor de VOC verwijdering uit biogas, maar ook de VOC verwijdering uit andere gasstromen. Het is de intentie van CATO om deze alternatieve toepassingen in komende jaren verder uit te werken.

5. Conclusie

De technologie is geschikt voor de verwijdering van VOC uit biogas vanuit een alles vergister. Het lijkt ook mogelijk de technologie voor andere toepassingen te gebruiken (stortgas , gas uit AWZI/RWZI). Om de technologie commercieel uit te rollen zal:

- de kostprijs verlaagd moeten worden
- extra informatie over levensduur van de korrels beschikbaar moeten zijn
- meer activiteiten in acquisitie nodig zijn (nadat punt 1 & 2 extra info ter beschikking is).

5.1 Discussie

De kosten voor ontwikkeling van de technologie (benodigde uren) blijken bij indiening van de EAP aanvraag lastig in te schatten. Omdat er gekozen is voor het plaatsen van de installatie bij een bestaande vergister bleken ook de kosten voor integratie hoger dan gebudgetteerd. De ervaring van CATO is dat dit niet alleen voor deze technologie geldt maar voor (bijna) alle technologieontwikkeling. Voor toekomstige projecten gaat CATO proberen een nauwkeurigere begroting te maken voor kosten vanaf idee tot eerste commerciële installatie.

5.2 Aanbevelingen

Zie de verbeterpunten onder 5. Conclusie.

6. Financiën

Exploitatieoverzicht				
Partner	Projectkosten (begroot) (excl. BTW)	Projectkosten (gemaakt) (excl. BTW)	Maximum % subsidie	Gevraagde subsidie (% subsidie)
Cato Engineering B.V.	85.250	96.690	55%	39.139
A. van de Groep en Zonen B.V.	87.000	90.890	45%	30.785
Omrin B.V.	26.800	12.000	25%	3.000
CarbonOrO B.V.	4.800	4.800	55%	2.076
Totaal	203.850	204.380		75.000